

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД В МЕЖДУРЕЧЬЕ РЕК ГАМ И КАУ (СЕВЕРНЫЙ ВЬЕТНАМ)

На основе результатов исследований, выполненных в 2010–2015 гг., получена общая характеристика химического состава подземных вод в междуречье рек Гам и Кау (уезд Чодонь провинции Баккан, Вьетнам). Показано, что особенности пространственно-временных изменений химического состава подземных вод определяются геологическими условиями, внутригодовым распределением атмосферного увлажнения, а также локальным загрязнением окружающей среды в населённых пунктах и вблизи действующих и закрытых горнодобывающих предприятий. Наибольшие концентрации микроэлементов чаще всего отмечаются в пределах водосбора р. Бан Тхи, перспективного с точки зрения проведения геолого-разведочных работ, а внутри года – в период дождей.

Ключевые слова: подземные воды; химический состав; Северный Вьетнам.

Введение

Северная часть Вьетнама богата минеральными ресурсами. В частности, здесь обнаружены значительные запасы железных, марганцевых и комплексных руд (цинк, свинец), строительных материалов. В настоящее время разрабатывается только часть разведанных месторождений и проводятся активные действия по освоению новых объектов, что, с одной стороны, создаёт предпосылки для дальнейшего социально-экономического развития региона [1–4]. С другой стороны, особую актуальность приобретают геоэкологические исследования в рамках изучения региональных условий формирования химического состава и качества компонентов окружающей среды, особенно подземных

вод, испытывающих самое непосредственное воздействие в процессе добычи полезных ископаемых и иных видов хозяйственной деятельности.

Именно такая цель (изучение геохимического состояния и качества подземных вод верхней гидродинамической зоны) и была поставлена авторами на примере уезда Чодонь, расположенного на западе провинции Баккан, на севере Социалистической Республики Вьетнам. Рассматриваемая территория находится на междуречье водотоков в сложнейшей системе рек Хонг (Красная) и Тхайбинь (рис. 1), на водоразделе и водосборах рек Дай (приток р. Хонг), Бан Тхи (приток р. Гам – притока р. Хонг) и Кау (верховья реки Тхайбинь, образующей с р. Хонг сложную гидрографическую сеть).

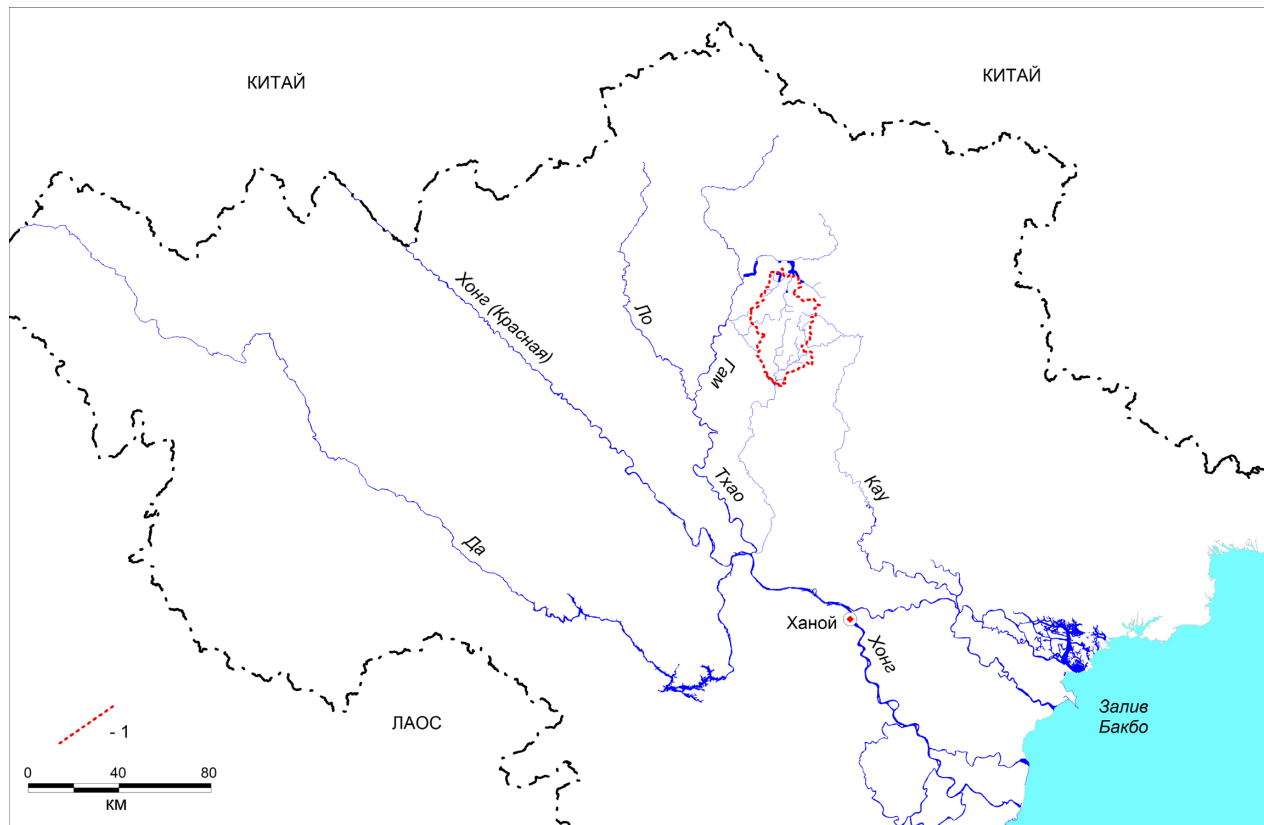


Рис. 1. Схема размещения района исследований в границах уезда Чодонь провинции Баккан

Объект и методика исследований

Основным объектом исследования являются подземные воды верхней гидродинамической зоны в междуречье и на водосборах рек Кау, Та Диен и Дай. В пределах водосборных территорий водоносные отложения нижнего и среднего девона представлены известняком, песчаником и мергелем; в долинах рек распространены аллювиальные отложения четвертичного возраста, сложенные песками, галькой, частично – суглинками и глинами [5]. Глубина отбора водных проб – от 3 до 44 м. Исходные данные получены в результате: 1) полевых, лабораторных и камеральных работ, выполненных в Томском политехническом университете в 2015 г.; 2) обобщения собственных данных и материалов наблюдений за состоянием подземных вод в уезде Чодонь, выполненных в Департаменте природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан и Вьетнамском Институте геологии и минеральных ресурсов в 2010–2014 гг. [3, 4].

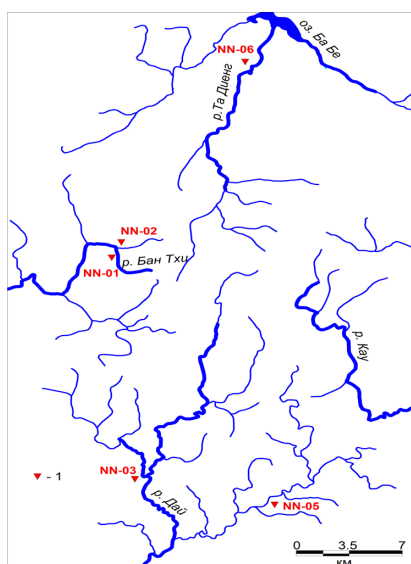


Рис. 2. Схема размещения пунктов отбора подземных вод в феврале 2015 г.

В 2015 г. отбор 5 проб подземных вод проводился 14–16 февраля (меженный период) Нгуен Ван Луеном из колодцев и эксплуатационных водозаборных скважин в водосборе реки Бан Тхи в районе коммуны Бан Тхи, в водосборе р. Дай у коммун Нгиа Та и Иэен Нхуан, в водосборе р. Та Диен у коммуны Нам Кыонг (рис. 2, табл. 1) в специально подготовленные ёмкости с учётом [6].

Лабораторные работы выполнялись в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета (номер государственной аккредитации № РОСС RU. 0001.511901 от 12.07.2011 г.). В водных пробах проводилось определение: кондуктометрическим методом – значений удельной электропроводности (УЭП, здесь и далее в скобках – чувствительность 5 мкС/см); потенциометрическим – pH (0,1 ед.); титриметрическим – Ca^{2+} (1 мг/дм³), Mg^{2+} (0,04 мг/дм³), HCO_3^- (3 мг/дм³), CO_3^{2-} (3 мг/дм³), CO_2 (4 мг/дм³), Cl^- (0,5 мг/дм³), перманганатной окисляемости ПО (0,25 мгО/дм³); турбидиметрическим – SO_4^{2-}

(2 мг/дм³); фотометрическим – Si (0,5 мг/дм³), NH_4^+ (0,05 мг/дм³), NO_2^- (0,01 мг/дм³), NO_3^- (0,1 мг/дм³), PO_4^{3-} (0,01 мг/дм³), Fe (0,1 мг/дм³); инверсионно-вольтамперометрическим – Zn (0,5 мкг/дм³), Cd (0,2 мкг/дм³), Pb (0,2 мкг/дм³), Cu (0,6 мкг/дм³); атомно-абсорбционным – Al (20 мкг/дм³); ионной хроматографией – Na^+ (0,1 мг/дм³), K^+ (0,05 мг/дм³).

Используемые в работе материалы Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан и вьетнамского Института геологии и минеральных ресурсов получены при изучении этой же территории и одних и тех водоносных отложений. Определение pH (потенциометрический метод), УЭП (кондуктометрический метод), концентраций NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Fe, Zn, Cd, Pb, Cu (ионная хроматография), Mn (фотометрия), Hg, As (атомно-абсорбционный метод) – в Департаменте природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан и Вьетнамском Институте геологии и минеральных ресурсов.

Значения суммы главных ионов Σ_{mi} в 2015 г. получены путём сложения концентраций Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , а в предыдущие годы – по регрессионной зависимости $\Sigma_{\text{mi}} = 0,956 \cdot \text{УЭП} - 12,323$, полученной по данным измерений в 5 пробах подземных и 10 пробах речных вод, отобранных в феврале 2015 г. в уезде Чодонь. Квадрат корреляционного отношения $R^2 = 0,99$, что свидетельствует о возможности использования данной зависимости [7].

Статистический анализ геохимических материалов проведён с учётом требований [8]. Для объяснения полученных результатов выполнена оценка условий взаимодействий в системе «вода – порода» на основе методов химической термодинамики с помощью программного комплекса «Solution» [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ имеющихся данных показал, что изученные подземные воды по условиям залегания – грунтовые; в соответствии с классификациями О.А. Алёкина [10] по минерализации – «пресные» со средней и реже – малой минерализацией, по химическому составу – гидрокарбонатные кальциевые I, II и III типов; по величине pH – слабокислые и нейтральные; по жёсткости – от очень мягких до умеренно жёстких (табл. 1, 2). Воды содержат незначительное количество органических веществ по перманганатной окисляемости. В ряде случаев выявлено значительное превышение нормативов хозяйственно-питьевого водоснабжения, установленных по величине pH и содержанию Fe, Zn, Cd, Mn, As, Si, Al. При этом необходимо отметить, что установлено статистически значимое (при уровне значимости 5%) различие выборок содержаний NO_3^- , Zn, Mn, As в подземных водах в водосборах рек Бан Тхи и Дай по дисперсии (табл. 2, 3). Этот факт объясняется, видимо, как наличием ореолов техногенного рассеяния, сформировавшихся при добыче свинцово-цинковых руд в водосборе р. Бан Тхи, так и более высоким природным «фоновым» содержанием ряда химических элементов в горных породах и подземных водах, которые с ними взаимодействуют.

Таблица 1

Физико-химические и геохимические показатели подземных вод в уезде Чодонь провинции Баккан в 2015 г.

Показатель	Номер пробы				
	NN-01	NN-02	NN-03	NN-05	NN-06
Дата отбора	14.02.15	14.02.15	15.02.15	15.02.15	16.02.15
Населённый пункт	Бан Тхи	Бан Тхи	Нгиа Та	Иэен Нхуан	Нам Кыонг
Возраст водоносных отложений	aQ	D ₁₋₂	D ₁₋₂	D ₁₋₂	D ₁₋₂
Глубина отбора пробы, м	7,5	30,0	16,0	13,0	41,0
Температура воды, °C	22,1	23,5	21,4	22,7	20,8
pH, ед, pH	7,30	7,30	7,10	6,90	6,90
УЭП, мкС/см	425	412	337	151	371
мг/дм ³					
CO ₂	22	16	21	17,6	26,4
Сумма главных ионов Σ _{mi}	393,4	366,8	300,2	130,0	327,3
Ca ²⁺	87,0	86,0	55,0	18,5	70,0
Mg ²⁺	5,5	5,5	10,0	5,5	6,2
Na ⁺	3,6	2,8	7,0	6,2	2,4
K ⁺	3,4	1,6	1,5	2,0	2,6
HCO ₃ ⁻	276,0	258,0	219,0	93,0	232,0
CO ₃ ²⁻	<1	<1	<1	<1	<1
SO ₄ ²⁻	14,4	9,8	2,2	1,3	7,5
Cl ⁻	3,5	3,1	5,5	3,5	6,6
Si	4,76	5,06	10,83	17,99	7,19
NH ₄ ⁺	0,140	0,240	0,240	0,090	0,110
NO ₂ ⁻	0,010	0,021	0,010	0,010	0,010
NO ₃ ⁻	10,270	7,000	4,360	3,120	9,670
PO ₄ ³⁻	0,025	0,025	0,056	0,127	0,078
F ⁻	0,017	0,010	0,180	0,100	0,070
Fe	0,050	0,040	0,090	0,130	0,050
Zn	0,0180	0,0160	0,0200	0,0067	0,0920
Cd	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0004
Pb	0,0009	0,0012	0,0011	0,0003	0,0007
Cu	0,0027	0,0011	0,0140	0,0013	0,0620
Al	0,0630	0,0380	1,0500	0,0510	0,0990
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	0,12	0,50	0,28	0,08	0,08
Σ(С/ПДК _{хлв-РФ:1-2})	0,66	0,69	1,55	2,11	1,25

Примечание. aQ – аллювиальные отложения четвертичного возраста; D₁₋₂ – отложения нижнего и среднего девона; ПДК_{хлв-РФ:1-2} – предельно допустимая концентрация вещества в водах объектов хозяйственно-питьевого назначения 1-го и 2-го классов опасности на территории Российской Федерации; Σ(С/ПДК) – сумма отношений измеренных и предельно допустимых концентраций веществ.

Таблица 2

Средние значения pH, удельной электропроводности, суммы растворённых веществ, концентраций соединений азота и железа в подземных водах и глубины пробоотбора в уезде Чодонь провинции Баккан за 2010–2015 гг.

Территория	Показатель	pH, ед. pH	УЭП, мкС/см	Σ _{mi} , мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	Fe, мг/дм ³	Глубина пробоотбора, м
Водосбор р. Бан Тхи	A	6,64	260	235,4	0,104	0,010	5,120	0,148	18,00
	G	6,60	251	226,9	0,048	0,007	3,459	0,106	14,32
	σ	0,76	77	71,2	0,108	0,008	4,318	0,120	13,37
	N	19	13	13	4	4	4	4	5
Водосбор р. Дай	A	6,79	308	281,2	0,058	0,009	2,124	0,216	15,17
	G	6,74	289	262,0	0,027	0,008	1,782	0,201	10,54
	σ	0,80	117	112,1	0,078	0,004	1,253	0,082	14,93
	N	18	12	12	8	8	8	8	6
Уезд Чодонь в целом	A	6,73	283	257,0	0,076	0,009	3,626	0,182	18,50
	G	6,69	269	242,9	0,036	0,008	2,489	0,148	13,41
	σ	0,76	98	92,7	0,084	0,005	3,297	0,101	14,78
	N	39	27	27	13	13	13	13	12
Вероятность превышения ПДК _{хлв-РФ} , %		23	–	–	–	–	–	8	–
ПДК _{хлв-РФ} [11, 12]		6–9	–	1000	1,93	3,3	45,0	0,3	–
Вероятность превышения ПДК _{хлв-Вьетнам} , %		38	–	–	–	–	–	8	–
ПДК _{хлв-Вьетнам} [13]		6,5–8,5	–	1000	3	3	50	0,3	–
Сравнение данных по водосборам Бан Тхи и Дай	t/t _{5%}	0,27	0,56	0,57	0,35	0,04	0,74	0,48	0,13
	F/F _{5%}	0,42	0,67	0,72	0,32	0,58	2,02	0,36	0,17

Примечание. A – среднее арифметическое; G – среднее геометрическое; σ – среднее квадратическое отклонение; N – количество проб; t/t_{5%} – отношение фактического и критического (при уровне значимости 5%) значений критерия Стьюдента; F/F_{5%} – отношение фактического и критического (при уровне значимости 5%) значений критерия Фишера; ПДК_{хлв-Вьетнам} – предельно допустимая концентрация вещества в водах объектов хозяйственно-питьевого назначения на территории Вьетнама.

Наиболее высокие концентрации изученных микроэлементов часто отмечаются в месяцы с максимальным атмосферным увлажнением (с мая по октябрь), хотя имеются и определённые отличия, связанные с приуроченностью к первой или второй половине периода дождей. Объём имеющихся данных не очень велик (до 39 проб). Тем не менее в первом приближении можно сделать вывод, что в первом случае в подземных водах района исследований наиболее вероятно обнаружение повышенных концентраций Cu, Cd, Pb, а во втором – Zn (рис. 3), Mn, Hg, As. По-

добное внутригодовое распределение объясняется усилением водообмена в верхней гидродинамической зоне по мере выпадения интенсивных дождей [12, 13]. В свою очередь, скорость водообмена регулирует общее время взаимодействия в системе «вода – порода» и количества выносимых из этой системы относительно устойчивых (при определённых условиях) продуктов химических реакций, образующих «защитный слой» [14, 15]. Кроме того, в условиях низкого-ря создаются благоприятные условия для поддержания окислительной обстановки.

Таблица 3

Средние значения концентраций микроэлементов в подземных водах в уезде Чодонь провинции Баккан за 2010–2015 гг.

Территория	Показатель	Zn	Cd	Pb	Cu	Mn	Hg	As
Водосбор р. Бан Тхи	<i>A</i>	0,6550	0,0004	0,0012	0,0110	0,1400	0,0001	0,0044
	<i>G</i>	0,0958	0,0001	0,0011	0,0055	0,0433	0,0001	0,0031
	σ	1,3208	0,0008	0,0008	0,0133	0,2785	0,0000	0,0041
	<i>N</i>	19	19	19	4	15	17	17
Водосбор р. Дай	<i>A</i>	0,0309	0,0005	0,0014	0,0105	0,0660	0,0001	0,0038
	<i>G</i>	0,0165	0,0001	–	0,0063	0,0440	0,0000	0,0020
	σ	0,0384	0,0009	0,0011	0,0080	0,0690	0,0000	0,0074
	<i>N</i>	18	18	18	8	10	16	16
Уезд Чодонь в целом	<i>A</i>	0,3398	0,0004	0,0013	0,0146	0,1069	0,0001	0,0040
	<i>G</i>	0,0430	0,0001	–	0,0072	0,0423	0,0000	0,0024
	σ	0,9614	0,0008	0,0009	0,0168	0,2163	0,0000	0,0057
	<i>N</i>	39	39	39	13	26	34	34
Вероятность превышения ПДК _{хлв-РФ} , %		8	15	0	0	27	0	6
ПДК _{хлв-РФ} [11, 12]		1,0	0,001	0,01	1,0	0,1	0,0005	0,01
Вероятность превышения ПДК _{хлв-Вьетнам} , %		5	–	–	–	9	–	6
ПДК _{хлв-Вьетнам} [13]		3	0,003	0,01	1,0	0,3	0,001	0,01
Сравнение дан- ных по водосбо- рам Бан Тхи и Дай	<i>t/t</i> _{5%}	0,96	0,31	0,25	0,03	0,38	0,93	0,14
	<i>F/F</i> _{5%}	446,33	0,45	0,67	0,47	4,29	0,48	1,16

Во внутригодовом изменении удельной электропроводности и общего содержания растворённых солей в подземных водах (по величине $\Sigma_{\text{ми}}$) статистически значимые связи со средними значениями атмосферных осадков или номером гидрологического года не выявлены, что связано, предположительно, наложением двух разнонаправленных процессов: 1) увеличением времени взаимодействия воды и горных пород в «сухой» сезон; 2) усилением во время продолжительных дождей выноса веществ, ранее накопленных на поверхности водосборов и в водоносных отложениях.

Подземные воды района исследований в целом не насыщены относительно первичных алюмосиликатов и незначительно пересыщены относительно кварца и соединений кальция и магния с гуминовыми кислотами, в ряде случаев – относительно кальцита (табл. 4). Концентрации фульво- (ФК) и гуминовых (ГК) кислот рассчитаны по зависимостям, установленным для Северной Азии ([ФК] = 0,484·ПО, $R^2 = 0,63$; [ГК] = 0,176·[ФК],

$R^2 = 0,44$; ПО – перманганатная окисляемость). Подземные воды не насыщены и относительно цинк-содержащих минералов, что подтверждает сделанный выше вывод о связи концентраций этого и, видимо, ряда других элементов с интенсивностью водообмена.

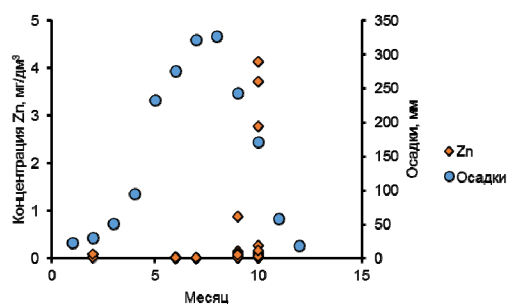


Рис. 3. Внутригодовое распределение концентраций Zn в подземных водах водосбора р. Бан Тхи за 2010–2015 гг. и атмосферных осадков в г. Ханой (в среднем за 1985–2010 гг. по данным [5])

Значения индекса насыщения поверхностных подземных вод в уезде Чодонь провинции Баккан в 2015 г.

№	Формула	Номер пробы (табл. 1, рис. 2)				
		NN 01	NN 02	NN 03	NN 05	NN 06
1	$\text{CaCO}_3(\text{кальцит}) = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$	-0,50	-0,58	-0,96	-2,04	-1,01
2	$\text{CaCO}_3(\text{кальцит}) + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + 2 \times \text{HCO}_3^-$	-0,02	0,06	-0,37	-1,45	-0,32
3	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2(\text{доломит}) = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2 \times \text{CO}_3^{2-}$	-1,16	-1,32	-1,62	-3,57	-2,04
4	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2(\text{доломит}) + 2 \times \text{CO}_2 + 2 \times \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 4 \times \text{HCO}_3^-$	-0,20	-0,03	-0,45	-2,40	-0,66
5	$\text{CaГК} = \text{Ca}^{2+} + \text{ГК}$	1,13	1,13	0,95	0,52	1,05
6	$\text{MgГК} = \text{Mg}^{2+} + \text{ГК}$	0,67	0,67	0,94	0,71	0,73
7	$\text{SiO}_2(\text{кварц}) + 2 \times \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4^0$	0,30	0,32	0,65	0,88	0,48
8	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{анортит}) + 3 \times \text{H}_2\text{O} + 2 \times \text{CO}_2 = \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \times 2 \times \text{H}_2\text{O}(\text{каолинит}) + \text{Ca}^{2+} + 2 \times \text{HCO}_3^-$	-257,53	-257,30	-257,86	-258,86	-257,91
9	$2 \times \text{NaAlSi}_3\text{O}_8(\text{альбит}) + 11 \times \text{H}_2\text{O} + 2 \times \text{CO}_2 = \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \times 2 \times \text{H}_2\text{O}(\text{каолинит}) + 2 \times \text{Na}^+ + 2 \times \text{HCO}_3^- + 4 \times \text{H}_4\text{SiO}_4^0$	-11,65	-11,53	-9,78	-9,56	-11,57
10	$\text{ZnSO}_4(\text{цинкозит}) = \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$	-14,79	-15,00	-15,54	-16,19	-14,35
11	$\text{ZnCO}_3(\text{смитсонит}) = \text{Zn}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$	-2,34	-2,48	-2,57	-3,67	-2,06

Примечание. Отрицательные значения индекса свидетельствуют о недонасыщенности раствора, положительные – о пересыщении.

Заключение

Подземные воды в междуречье рек Гам и Кау, административно соответствующем территории уезда Чодонь провинции Баккан в Социалистической Республике Вьетнам, характеризуются в целом как пресные, гидрокарбонатные кальциевые, слабокислые или нейтральные. В ряде случаев они содержат Fe, Zn, Cd, Mn, As, Al, Si в количестве, заметно превышающем установленные в Российской Федерации и Вьетнаме нормативы хозяйственно-питьевого водопользования. Особенности пространственно-временных изменений химического состава подземных вод определяются геологическими условиями (месторождения и проявления свинцово-цинковых и, возможно, марганцевых руд с повышенными концентрациями попутных элементов), внутригодовым распределением атмосферного увлажнения (максимумы – в июле–августе), а также локальным загрязнением окружающей среды в населённых пунктах, вблизи действующих и закрытых горных предприятий. Наибольшие концентрации микроэлементов чаще всего отмечены в пределах водосбора р. Бан Тхи, перспективного с точки зрения

проведения геолого-разведочных работ, а внутри года – в период дождей.

В то же время необходимо отметить, что, несмотря на продолжительную историю добычи свинцово-цинковых руд на отдельных участках исследуемой территории, подземные водные объекты обладают определённой устойчивостью к антропогенным воздействиям и способностью самовосстановления. Эта способность, на взгляд авторов, определяется, прежде всего, тем же самым интенсивным водообменом в горных породах. В свою очередь, последний определяется обильным атмосферным увлажнением (среднее годовое количество дождей от 1 600–2 332 мм/г [5]), значительными уклонами и фильтрационными свойствами грунтов, а также наличием древесной растительности на водосборной территории, обеспечивающей устойчивость склонов, т.е. условиями, ограничивающими площадь и время взаимодействия вод, почв и горных пород.

Указанные выше обстоятельства целесообразно учитывать при разработке месторождений полезных ископаемых, планировании и организации природоохранных мероприятий, особенно в водосборе р. Бан Тхи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дао Мань Тиен. Методология и особенности геохимической специализации гранитоидных формаций Северного Вьетнама : дис. ... канд. геол.-минер. наук. Баку : Азербайджан. гос. ун-т, 1984. 198 с.
2. До Ван Фи, Хоанг Минь, До Ван Ай. Первые результаты использования геохимического моделирования в исследовании свинцово-цинковой зоны на юге уезда Чодонь // Геология и минералы. 2000. № 7. С. 235–250.
3. Нгуен Хонг Куанг, Тонг Тхи Тху Ха, Та Хунг Кыонг, Тхан Ван Кет, Фам Дык Чонг. Оценка текущего состояния окружающей среды в горнодобывающей промышленности в Северо-Восточном районе (Вьетнам). Ханой : Институт геологических наук и минеральных ресурсов, 2011. 118 с.
4. Нгуен Мань Ха, Ву Тхань Хай, За Динь Тхай, Тханг Тхи Минь Хен. Ежегодный мониторинг окружающей среды в провинции Баккан. 2013–2014 гг. // Баккан: Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан. JSC «Environment analyzing and technique», 2014. 372. 192 с.
5. Строкова Л.А., Фи Х.Т. Особенности инженерно-геологических условий г. Ханой (Вьетнам). Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2013. 336 с.
6. Вода. Общие требования к отбору проб. ГОСТ Р 51592-2000. М. : Изд-во стандартов, 2000. 34 с.
7. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles // Journal of Hydrology. 1970. Vol. 10 (3). P. 282–290.
8. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. РД 52.24.622–2001. М. : Федер. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окруж. среды, 2001. 68 с.
9. Савичев О.Г., Колоколова О.В., Жуковская Е.А. Состав и равновесие донных отложений р. Томь с речными водами // Геоэкология. 2003. № 2. С. 108–119.
10. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. Л. : Гидрометеоиздат, 1970. 444 с.
11. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03. М. : Минздрав РФ, 2003. 93 с.
12. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. СанПиН 2.1.4.1074-01. С изм. На 28.06.2010. М. : Минздрав РФ, 2010. 255 с.

13. ГОСТ Вьетнама. QCVN 01:2009/ BYT. Национальный технический стандарт (Вьетнам) на качество питьевых вод. Ханой : Министерство здравоохранения Вьетнама, 2009. 9 с.
14. Grenthe I., Puigdomenech I. Symbols, standards and conventions // Modelling in aquatic chemistry / ed. I. Grenthe, I. Puigdomenech. Paris : Nuclear energy agency, 1997. P. 35–68.
15. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М. : Наука, 1998. 366 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 6 июля 2015 г.

THE CHEMICAL COMPOSITION AND QUALITY OF GROUND WATERS IN THE WATERSHED OF THE GAM AND KAU RIVERS (NORTHERN VIETNAM)

Tomsk State University Journal, 2015, 398, 251–256. DOI: 10.17223/15617793/398/39

Savichev Oleg G. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: OSavichev@mail.ru

Nguyen Van Luyen. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: luyennv@yahoo.com.

Keywords: ground waters; chemical composition; Northern Vietnam.

On the basis of the given geochemical research executed in 2010–2014, the general characteristic of the chemical composition and quality of ground waters in the watershed of the Gam and Kau rivers in the territory of Vietnam (Chodon District, Baccan Province, northern Vietnam) is received. The ground waters in the watershed of the Gam and Kau rivers are generally characterized as fresh, hydrocarbonate calcium, subacidic or neutral. In some cases they contain Fe, Zn, Cd, Mn, As, Al, Si in the quantity appreciably exceeding the specifications of the economic-drinking water use established in the Russian Federation and in Vietnam. Features of existential changes of the chemical composition of the ground waters are defined by the geological conditions (deposits of plumbum and zinc and, probably, manganous ores with increased concentration of secondary elements), intraannual distribution of atmospheric humidifying (maxima in July and August) and local environmental contamination in settlements located near the working and closed mountain enterprises. The greatest concentration of trace elements is marked within the limits of the Ban Thi River watershed, perspective from the point of view of carrying out prospecting works, and in the year during rains. At the same time, it is necessary to note that despite a long history of extraction of plumbum-zinc ores on separate sites of the researched territory, the ground water objects possess certain stability in relation to anthropogenous influences and an ability of self-restoration. This ability, the authors believe, is defined, first of all, by the same intensive water exchange in rocks. In turn, the latter is determined by plentiful atmospheric humidifying, significant slopes and filtration properties of grounds, as well as by forest vegetation in the watershed territory that provides for the stability of slopes: these are conditions limiting the area and time of interaction of waters, soils and rocks. The mentioned circumstances are expedient for taking into account when developing mineral deposits, planning and organizing nature protection actions, especially in the basin of the Ban Thi River.

REFERENCES

1. Dao Manh Tien. (1984) *Metodologiya i osobennosti geokhimicheskoy spetsializatsii granitoidnykh formatsiy Severnogo V'etnama* [Methodology and features of geochemical specialization of granitoid formations of Northern Vietnam]. Geology and Mineralogy Cand. Diss. Baku: Azerbaijan State University.
2. Do Van Phi, Khoang Min', Do Van Ay. (2000) Pervye rezultaty ispol'zovaniya geokhimicheskogo modelirovaniya v issledovanii svintsovo-tsinkovoy zony na yuge uezda Chodon' [The first results of the use of geochemical modeling in the study of lead-zinc zone in the south of Chodon]. *Geologiya i mineraly*. 7. pp. 235–250.
3. Nguen Khong Kuang et al. (2011) *Otsenka tekushchego sostoyaniya okruzhayushchey sredy v gornodobyvayushchey promyshlennosti v Severo-Vostochnoy rayone (V'etnam)* [Assessing the current state of the environment in the mining industry in the North-East region (Vietnam)]. Hanoi: Institute of Geosciences and Mineral Resources.
4. Nguen Man' Kha et al. (2014) *Ezhegodnyy monitoring okruzhayushchey sredy v provintsii Bakkan. 2013–2014 gg.* [Annual monitoring of the environment in Bakkan province]. Bakkan: Department of Natural Resources and Environmental Protection of Bakkan Province. JSC Environment Analyzing and Technique.
5. Strokovaya, L.A. & Fi Kh.T. (2013) *Osobennosti inzhenerno-geologicheskikh usloviy g. Khanoy (V'etnam)* [Features of engineering-geological conditions of Hanoi (Vietnam)]. Tomsk: Tomsk Polytechnic University.
6. State Standard GOST R 51592-2000. (2000) *Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [Water. General requirements for sampling]. Moscow: Izdvo standartov.
7. Nash, J.E. & Sutcliffe, J.V. (1970) River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles. *Journal of Hydrology*. 10 (3). pp. 282–290.
8. Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Monitoring of the Environment. (2001) *Metodicheskie ukazaniya. Provedenie raschetov fonovykh kontsentratsiy khimicheskikh veshchestv v vode vodotokov. RD 52.24.622–2001* [Guidelines. Calculations of background concentrations of chemicals in the water streams. RD 52.24.622–2001]. Moscow: Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Monitoring of the Environment.
9. Savichev, O.G., Kolokolova, O.V. & Zhukovskaya, E.A. (2003) Composition of the Tom' River bottom sediments and their equilibrium with river water. *Geoekologiya*. 2. pp. 108–119. (In Russian).
10. Alekin, O.A. (1970) *Osnovy gidrokhimii* [Basics of hydrochemistry]. Leningrad: Gidrometeoizdat.
11. Russian Ministry of Health. (2003) *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'ektov khozyaystvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya. GN 2.1.5.1315-03* [Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water for drinking and community use. GN 2.1.5.1315-03]. Moscow: Russian Ministry of Health.
12. Russian Ministry of Health. (2010) *Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. Gigienicheskie trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti sistem goryachego vodosnabzheniya. SanPiN 2.1.4.1074-01. S izm. na 28.06.2010* [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements to ensure the safety of hot water systems. Sanitary Regulations and Standards 2.1.4.1074-01. Rev. on 28.06.2010]. Moscow: Russian Ministry of Health.
13. State Standard of Vietnam. QCVN 01:2009/ BYT. (2009) *Natsional'nyy tekhnicheskyy standart (V'etnam) na kachestvo pit'evykh vod* [National Technical Standard (Vietnam) on the quality of drinking water]. Hanoi: Ministry of Health of Vietnam.
14. Grenthe, I. & Puigdomenech, I. (1997) Symbols, standards and conventions. In: Grenthe, I. & Puigdomenech, I. (eds.). *Modelling in aquatic chemistry*. Paris: Nuclear energy agency.
15. Shvartsev, S.L. (1998) *Gidrogeokhimiya zony gipergeneza* [Hydrogeochemistry of the supergenesis zone]. Moscow: Nauka.

Received: 06 July 2015