

ХИМИЧЕСКИЙ И ИЗОТОПНЫЙ ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ И D/H) СОСТАВ ГРУНТОВЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОГО И ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

В.А. Чудаева¹, О.В. Чудаев², С.Г. Юрченко¹

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток

² Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Поступила в редакцию 27 марта 2008 г.

Исследовались грунтовые воды Приморья, в том числе прибрежных районах в период последних 10 лет. На основании изучения основного и микроэлементного состава более чем 130 водных проб установлено, что неглубокие грунтовые воды южного Приморья при рН в пределах 5.4–8.4 содержат кислород (до 10 мг/л) и имеют чаще всего смешанный состав основных ионов.

Вариации содержания микроэлементов отражают как природные особенности вмещающих пород, так и возможное антропогенное загрязнение в наиболее заселенных районах.

Интрузии морских вод в изученных районах не наблюдались, что подтверждается как химическим составом вод, так и соотношениями стабильных изотопов кислорода и водорода в пробах грунтовых вод, а также атмосферных осадков и морских прибрежных вод Приморья.

Несмотря на вариации содержания отдельных компонентов, используемые населением для частного водоснабжения грунтовые воды по химическому составу имеют удовлетворительное качество и соответствуют стандартам Российской Федерации и Всемирной организации здравоохранения. Вместе с тем, учитывая возрастание содержания различных микроэлементов и биогенных компонентов в водах, кажется целесообразным проводить мониторинг и тщательный контроль состава этих вод с целью сохранения их для питьевого использования.

Ключевые слова: грунтовые воды, микроэлементы, химический состав, стабильные изотопы, Приморье.

ВВЕДЕНИЕ

При довольно сложном геологическом строении Приморья (рис. 1) более 70 % площади занимает Сихотэ-Алинская гидрогеологическая складчатая область, где наиболее характерным типом являются грунтовые воды верхней трещиноватой зоны [3] с глубиной активной циркуляции до 35–50 м. В зонах тектонических разломов глубина проникновения может составлять несколько сот метров [5]. Поровые грунтовые воды наложенных кайнозойских структур и аллювиальных отложений имеют подчиненное значение. Более детально изученный п-ов Муравьева-Амурского, на юге которого расположен г.Владивосток, представляет собой среднегорный район с высотами до 400 м и составом пород, представленным пермскими вулканитами, гранитами, триасовыми осадочными отложениями (рис. 2). Уровень трещино-грунтовых вод, наиболее подверженных загрязнению, расположен здесь на глубине от менее 1 до бо-

лее 20 м и изменяется в зависимости от сезона и количества атмосферных осадков. Среднегодовое количество осадков составляет 1000–1200 мм. Поскольку Приморье расположено в зоне перехода от суши к океану, количество и состав атмосферных осадков, питающих подземные воды, определяется как континентальными циклонами, так и тропическими тайфунами.

Несмотря на то, что определение химического состава вод является обязательным при введении скважин в эксплуатацию, опубликованных данных по составу подземных грунтовых вод, прежде всего по микроэлементам, как Приморья, так и п-ова Муравьева-Амурский немного [1, 2, 5], в основном – авторов статьи [6, 7, 13, 14].

Целью данной работы является оценка качества грунтовых вод юга Приморья, особенно п-ова Муравьева-Амурского и р-на г.Владивостока, где состав вод может испытывать антропогенное за-

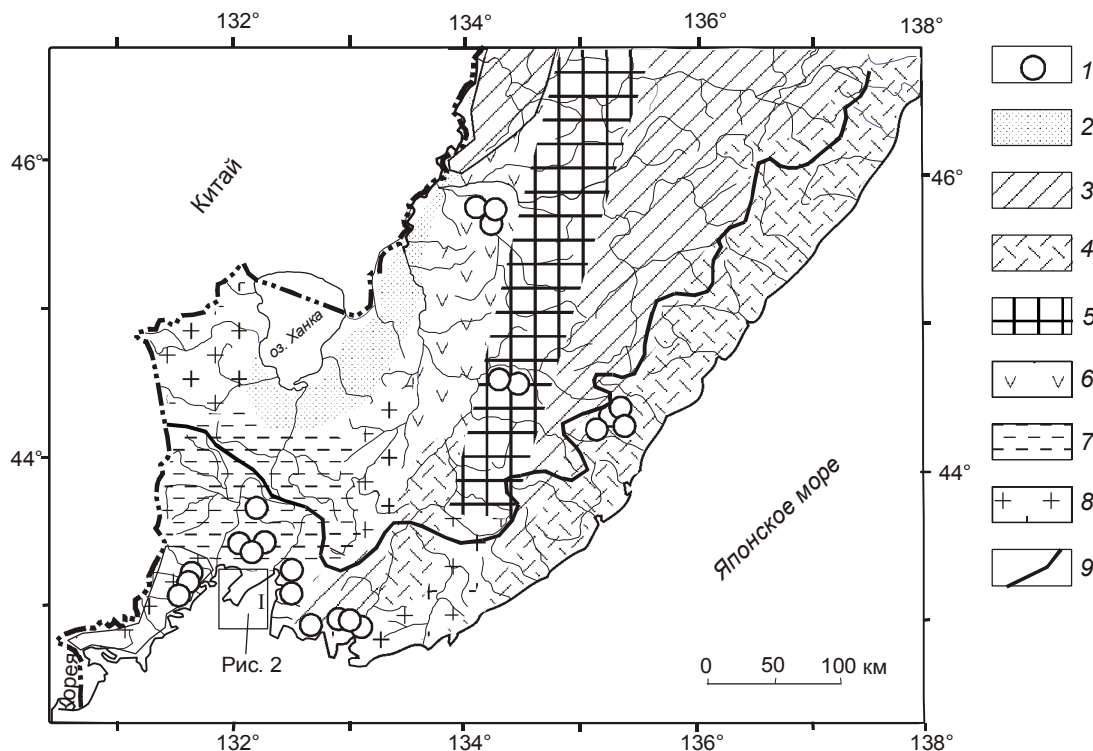


Рис. 1. Упрощенная геологическая схема с точками опробования.

1 – точки отбора водных проб, 2 – осадочные породы (Q -N), 3 – вулканические и осадочные породы (K_1), 4 – вулканические породы (K_2), 5 – базальты и осадочные породы (J), 6 – вулканические породы (P), 7 – платобазальты и осадочные породы (песчаники), 8 – граниты, гранодиориты, 9 – граница водосбора Японского моря.

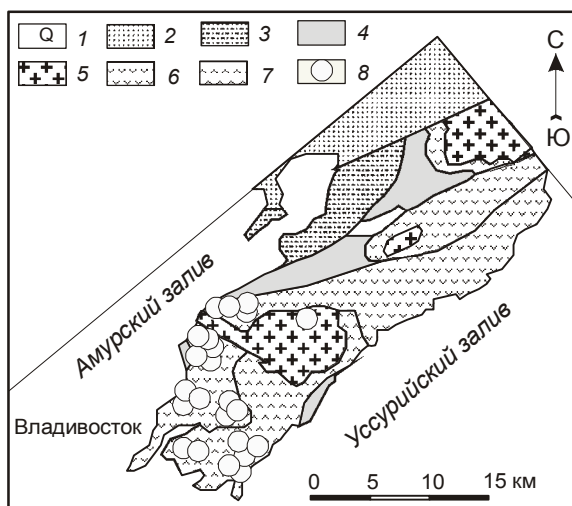


Рис. 2. Геологическая схема п-ва Муравьева-Амурского с точками опробования.

1 – четвертичный аллювий, 2 – палеоген-неогеновые песчаники, сланцы, конгломераты и угли, 3 – нижнемеловые песчаники, сланцы, конгломераты и угли, 4 – триасовые сланцы, песчаники, гравелиты и конгломераты, 5 – верхнепермские граниты, 6 – верхнепермские андезиты, андезиты, дациты и вулканические осадки, 7 – пермские песчаники, сланцы, диабазы, андезиты, 8 – точки опробования.

разнение. Проблема качества питьевых вод наряду с их антропогенным загрязнением может быть связана и с природными процессами (повышенные или высокие концентрации токсичных элементов во вмещающих породах, морские интрузии в прибрежные водоносные горизонты и др.).

МЕТОДИКА РАБОТ

В работе использованы авторские данные, полученные с 90-х годов до 2006 г. в основном в южной части Приморья и на п-ове Муравьева-Амурского, в р-не г. Владивостока и пригорода в разные сезоны года в одних и тех же точках (рис. 1, 2). В основном, опробовались колодцы, реже – скважины, используемые для водоснабжения, и источники.

На месте отбора пробы фильтровались через мембранные фильтры (0.45 мкм), замерялась глубина уровня грунтовых вод, $t^{\circ}C$, во многих пробах – Eh, частично растворенный кислород, pH, HCO_3^- , электропроводность. При отборе в пределах г. Владивостока pH и HCO_3^- определялись в лаборатории в течении нескольких часов после отбора.

Для определения pH использовались портативные pH-метры фирм Hachima и Hanna, нередко проводились параллельные определения, а также прово-

дился контроль замеров в лабораторных условиях на универсальном ионномере ЭВ-74.

Для определения HCO_3^- на месте отбора проводилось титрование с 0.16N H_2SO_4 в присутствии бромкрезолового индикатора. Проводилось также параллельное титрование в лабораторных условиях с 0.1N HCl.

Основные ионы определялись в лабораториях ТИГ и ДВГИ ДВО РАН. Определение анионов SO_4^{2-} , Cl^- проводилось колориметрически, на приборе КФК-2МП: Cl^- – аргентометрическим методом, SO_4^{2-} – турбодинамическим; кроме того, проводилось их определение методом ионной хроматографии на жидкостном хроматографе LC-10Avp. Сходимость методов при параллельном определении была удовлетворительной.

Определение биогенных элементов (азота и фосфора) проводилось стандартной колориметрией: NH_4^+ – с реактивом Несслера, NO_3^- – с салицилатом натрия, NO_2^- – с сульфаниламином.

Основные катионы определялись методами атомной абсорбции на приборе Hitach-180/70 с контролем методами ICP-AES и ионной хроматографии.

Микроэлементы определялись в основном методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в Токийском университете (Япония) на приборе фирмы Hewlett Packard 4500.

Стабильные изотопы кислорода и водорода определялись в ДВГИ ДВО РАН на масс-спектрометре Finnigan MAT 252.

Таблица 1. Изменение pH и минерализации (мг/л) грунтовых вод в р-не ул. Верещагина, г. Владивосток.

	pH	Минерализация
скважина (n=2)	7.1–6.5	99–133
колодец (n=2)	6.2–6.3	84–87

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Температура опробованных вод измерялась в пределах 7–12°C. Значения pH всех проб, собранных в Приморье колебались в пределах 5.2–8.4, в среднем 6.6; наиболее высокие значения были связаны с водами осадочных отложений. В грунтово-трещинных водах п-ова Муравьева-Амурского в разные сезоны значения pH изменялись в близких пределах (5.2–7.5), причем для одного и того же колодца в пределах нескольких опробований эти значения находились в сравнительно узких пределах: отклонения от средней величины составляли лишь 3.8–14.9% (в среднем 8.4%). При прочих равных условиях с возрастанием глубины отбора воды отмечался более высокий pH, например, в случае рядом расположенных колодца и скважины (табл. 1).

ОСНОВНЫЕ ИОНЫ

Общая минерализация (рассчитанная как сумма основных ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) невысока. В опробованных колодцах и скважинах за пределами п-ова Муравьева-Амурского она изменялась в пределах 27–227, в среднем 138 мг/л, а в целом для юга Приморья в пределах опробованных вод – 160 мг/л (табл. 2). На п-ове Муравьева-Амурского суммарные концентрации основных ионов в пробах (16.4–445.4 мг/л) близки к установленным значениям для трещинных вод Приморья. В пределах одного источника или колодца значения минерализации еще более стабильны, например, в колодце на ул. Басаргина – 62–126 (в среднем 96.4 мг/л); в источнике п. Соловей Ключ – 127–200 (в среднем 143.2 мг/л), в источнике урочища Лазо – 16.4–18 (в среднем 17.1 мг/л). Для отдельных колодцев отклонения минерализации от средних значений составляли 13–66 %, тогда как по отношению к среднему для Приморья эта величина может достигать 300 %. Наиболее низким уровням воды (в феврале месяце) соот-

Таблица 2. Изменение уровня воды, величины pH и минерализации, кремния и хлора (мг/л) в грунтовых водах п-ова Муравьева-Амурского (14 режимных колодцев) в разные периоды опробования*.

Параметры	2002	2005	2006 (1)	2006 (2)	2007 (1)	2007 (2)	В целом
Глубина, м	–	0.9–29	<1–15	1.64–9.10	1.9–15	0.7–8.5	<1–29
до уровня		10	4.3	3.76	5.7	3.3	5.6
pH	5.45–7.2	5.55–7.5	5.2–7.18	5.45–6.78	6.15–7.2	5.9–7.4	5.2–7.5
	6.44	6.58	6.55	6.24	6.7	6.6	6.46
Сумма основных ионов	76.7–309	122–367	101–301	70.8–324	130–346	131–449	70.8–449
	192.8	236	198	167	235	252	218
Si	–	5.2–14.7	4.3–11.4	4.4–21.1	–	–	4.3–21.1
		9.0	6.4	8.7			81
Cl	5.4–41.4	17.1–127	10.5–75.4	8.6–59.4	19.2–80.7	15.1–89.3	5.4–126
	18.8	45.6	31.5	32.8	52.3	36.7	36.9

Примечание. * в числителе – пределы изменения, в знаменателе – среднее значение.

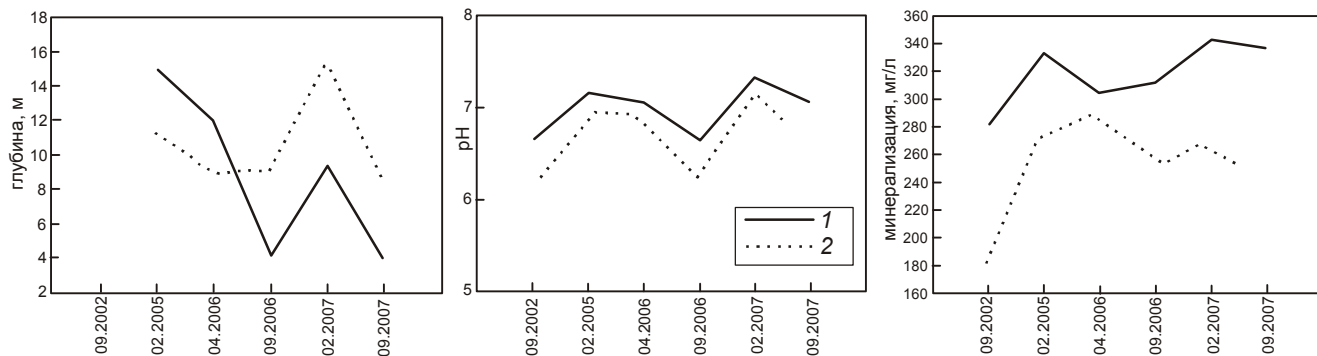


Рис. 3. Изменение уровня воды, минерализации и pH во времени в двух точках мониторинга (колодцы г. Владивостока: 1 – ул. Гоголя; 2 – ул. Сибирцева).

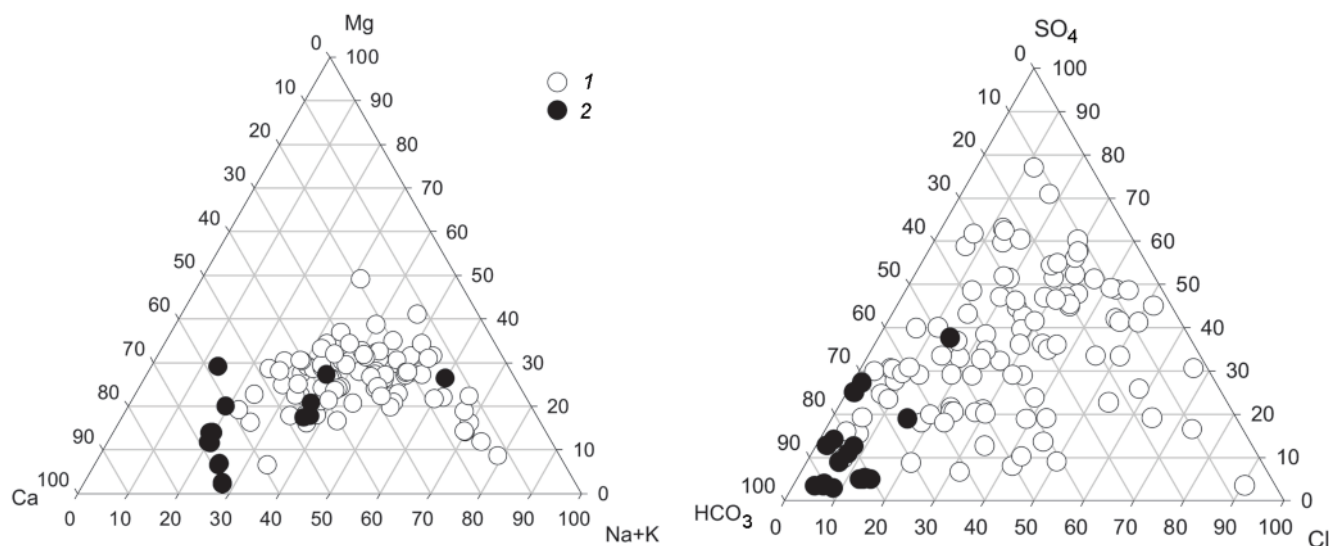


Рис. 4. Соотношение основных ионов в грунтовых водах Приморья (экв-%).

1 – п-ов Муравьева-Амурского; 2 – Приморье за пределами п-ова Муравьева-Амурского.

ветствовала более высокая минерализация и более высокий pH (рис. 3), как результат более активного взаимодействия “вода–порода”.

Замеренные значения растворенного кислорода (за пределами п-ова Муравьева-Амурского) составляли 2.4–7.7 мг/л, т.е. обследованные неглубокие грунтовые воды находились в окислительных условиях. В пределах п-ова Муравьева-Амурского замеренные значения кислорода колебались от 1.4 до 10 мг/л; среднее значение окислительно-восстановительного потенциала, замеренного для 18 проб, составляло 186 mV.

Концентрация основных биогенных элементов (N, P) была невысокой. Величины растворенного фосфора ($P-PO_4^{3-}$) были, как правило, менее 0.1 мг/л. Концентрация суммарного азота (сумма $N-NO_3^- + N-NH_4^+ + N-NO_2^-$) изменялась от <0.1 до 23 мг/л; около 94% N было представлено окисленной

формой $N-NO_3^-$. Наиболее высокие значения азота были встречены в воде некоторых колодцев территории г. Владивостока и скорее всего обусловлены антропогенным влиянием, не превышающим тем не менее установленных стандартов качества питьевой воды [4].

Воздействие моря на состав опробованных грунтовых вод незначительно или практически отсутствует, что подтверждается содержанием хлор-иона (табл. 2), а также соотношениями основных ионов. В частности, в грунтовых водах п-ова Муравьева-Амурского на диаграмме (рис. 4) лишь небольшое число точек находится в области Na и Cl. Увеличение роли SO_4^{2-} в неглубоких грунтовых водах п-ова Муравьева-Амурского (рис. 4) объясняется, скорее всего, антропогенной эмиссией SO_2 в пределах г. Владивостока. Аналогичное соотношение ионов мы нашли и в атмосферных осадках в пределах п-ова Муравьева-Амурского (рис. 5).

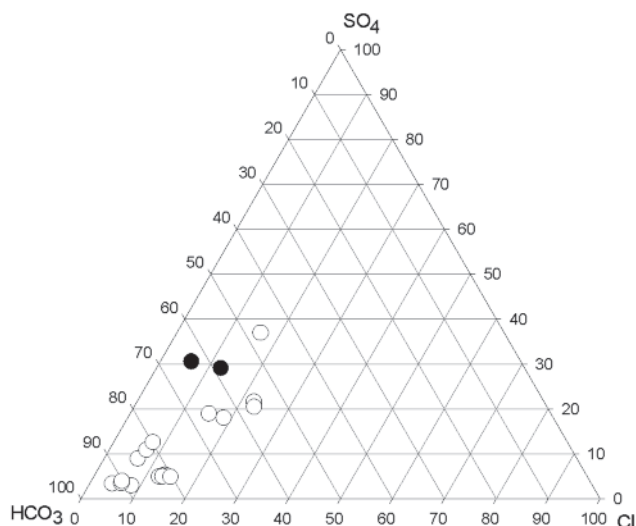
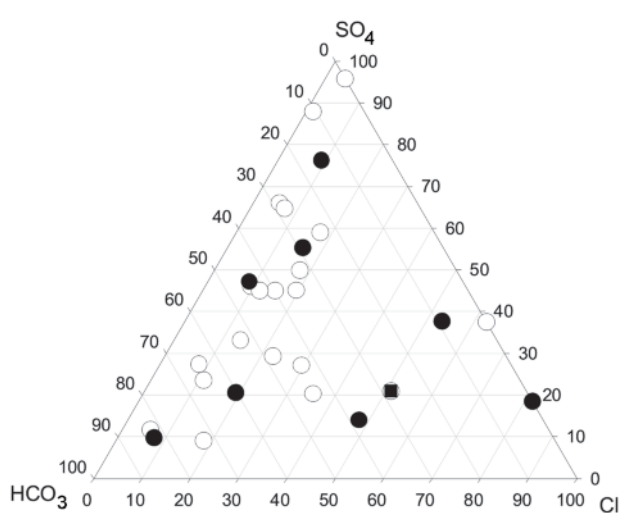
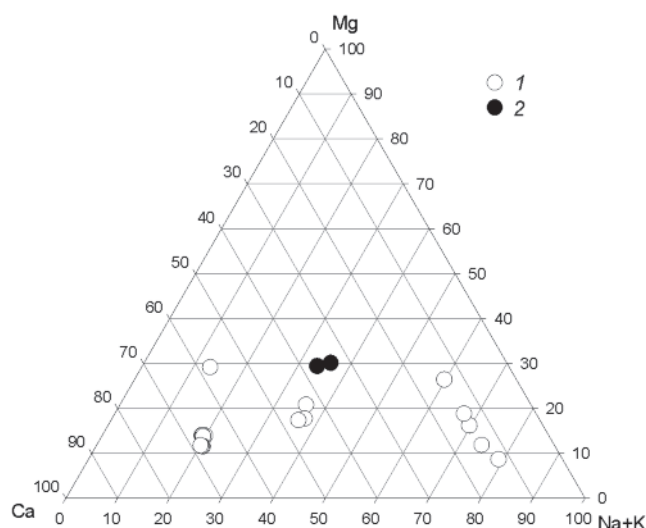
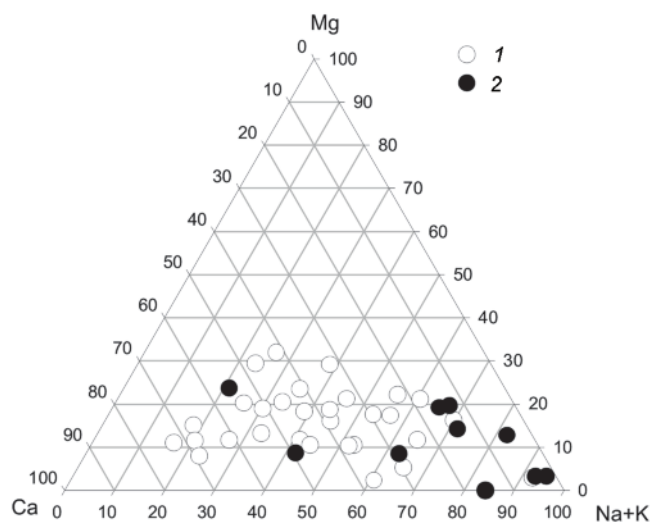


Рис. 5. Соотношение основных ионов в дождевых водах Приморья (экв-%).

1 – п-в Муравьева-Амурского; 2 – Приморье за пределами п-ва Муравьева-Амурского.

Рис. 6. Соотношение основных ионов в грунтовых водах гранитных пород Приморья (экв-%).

1 – п-в Муравьева-Амурского; 2 – Приморье за пределами п-ва Муравьева-Амурского.

В гранитных породах в Приморье, а в частности и на п-ове Муравьева-Амурского встречены характерные гидрокарбонатные со смешанным Na-Ca катионным составом воды (рис. 6).

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Благодаря тому, что минерализация грунтовых вод является довольно низкой, они содержат относительно низкие концентрации микроэлементов, включая токсичные элементы. Например, максимальная концентрация фтора из 19 замеренных значений лишь в одном случае составляла 1.45 мг/л, приближалась к верхнему нормативному значению для питьевых вод (1.5 мг/л), а в основном фтор содержался

в количестве даже ниже физиологической нормы для питьевой воды, составляющей 0.5 мг/л [4].

Сравнение уровней микроэлементов в грунтовых водах Приморья и непосредственно п-ова Муравьева-Амурского показало в первом случае повышение содержаний As, U, Cr, Mo, Li, Cs обусловленное, прежде всего, составом вмещающих пород (табл. 3). В частности, наличие пород, содержащих сульфидные минералы, в р-не пос. Горный определяет повышенные содержания элементов сульфидной группы.

В грунтовых водах п-ова Муравьева-Амурского возрастают, иногда очень значительно, концентрации Zn, Ga, Mn, Cd, Ba. В этом случае дополнительный вклад в уровни содержаний указанных элементов

Таблица 3. Содержания микроэлементов в грунтовых водах Приморья, мкг/л.

элементы	1	2	3	4		1	2	3	4
Fe	<u>3–1200</u> 70.4	<u>18.6–252</u> 91.2	7.9	300	Sb	<0.2	<u>0.07–9.6</u> 0.49	<0.2	50
Mn	<u><0.1–4.14</u> 0.24	<u><0.1–330</u> 21.5	3.2	100	Li	<u>2.5–119</u> 17.9	<u>0.01–12.3</u> 1.35	5.9	30
Cu	<u>0.02–10.1</u> 1.2	<u>0.14–12.1</u> 3.0	0.6	1000	Rb	<u>0.02–3.7</u> 0.68	<u><0.01–4.3</u> 0.85	0.25	100
Zn	<u>0.5–462</u> 49.5	<u>1.0–2917</u> 194.7	12.3	5000	Cs	<u>0.04–1.6</u> 0.35	<u>0.002–0.04</u> 0.02	0.06	
Ga	<0.1	<u>0.04–19.1</u> 5.7	<0.1		Sr	<u>7–62</u> 24.9	<u>10–304.7</u> 79.3	97	
Cd	<0.05	<u><0.05–0.4</u> 0.12	<0.05	1	Ba	<u>0.5–36.2</u> 7.74	<u>5.7–235</u> 61.9	3.8	100
Co	<u>0.02–0.39</u> 0.1	<u><0.1–12.6</u> 0.64	0.06	100	Y	<u>0.01–0.35</u> 0.1	<u>0.06–0.42</u> 0.15	0.04	
Ni	<u>0.3–2.1</u> 1.1	<u>0.13–10.7</u> 1.7	0.8	100	U	<u>0.025–2.0</u> 0.62	<u>0.02–0.95</u> 0.13	0.8	
Cr	<u>0.57–2.1</u> 1.3	<u><0.1–2.1</u> 0.33	1.1	500	Sc	<0.8	<u>0.33–1.62</u> 0.7	<0.8	
Mo	<u>0.17–5.6</u> 2.3	<u>0.01–3.65</u> 0.46	2.0	250	Br	<u>7–36</u> 23.1	<u>10–304.7</u> 79.3	26.3	200
As	<u>0.14–3.9</u> 1.1	<u><0.1–1.4</u> 0.3	0.95	50	I	<u>1.2–7.8</u> 3.3	<u>3.0–41</u> 11.2	8.6	

Примечание. 1 – Приморье за пределами п-ова Муравьева-Амурского, 2 – п-ов Муравьева-Амурского, 3 – граниты Приморья, 4 – нормативные значения [4].

Таблица 4. Характерные (превышающие средние для рассмотренной территории) элементы для отдельных колодцев (жирным выделены элементы, имеющие максимальные для опробованных колодцев значения) в 2002–2006 гг.

Номер колодца	Характерные элементы
1	Li, Sc, Cd, Zn
2	Li, Sc, Se, Rb, Ba
3	Mn, Zn , Se
4	Zn
5	-
6	Rb
7	Y, Rb, Co, V
8	V, Fe, U
9	Cr, Mn, Co, Rb, Y, U
10	V, Cr , Sr
11	Cr, Fe, Cu, Se, Sr
12	V, Cr, Cu, Zn, As, Se, Cd
13	-
14	Ga, Rb , Ba
15	-
16	Mn, Co, Ni , Cu, Zn, Ga, Rb , Ba

вносит, скорее всего, загрязнение. В то же время, концентрация Br в грунтовых водах п-ова выше, чем в среднем по Приморью и может быть обязана прибрежному положению территории, так же как и другим источникам (см. ниже). В зимнее время, когда уровни воды являются наиболее низкими, концентрации микроэлементов, как правило, становятся наиболее высокими, как результат более замедленного водообмена, более продолжительного взаимодействия

воды и породы. Кроме того, можно проследить и заметные различия в концентрациях элементов между отдельными колодцами, а также и специфические ассоциации в них элементов (табл. 4). В грунтовых водах гранитных пород (по средним данным) прослеживается увеличение U, а также уменьшение Rb, Sr, Ba, Y, Fe, Ni, Co, Cu, Zn (табл. 4).

Из сопоставления с атмосферными осадками следует, что концентрации микроэлементов, таких, как Br, Li, Fe, Zn, Sr, Ba в грунтовых водах были найдены выше (рис. 7), чем в дождевых водах на юге Приморья (концентрации элементов в атмосферных водах детально обсуждались нами в [8, 9, 11, 12]). Это указывает на их извлечение из вмещающих пород в грунтовые воды, по крайней мере, в случае Sr, Ba, Li, Fe, содержания которых в грунтовых водах в несколько раз выше, чем в дождях. Возможно, что Br также частично приходит из вмещающих осадочных пород, поскольку его растворенные концентрации в дождевых водах намного ниже. Частично Br приходит на юг Приморья с зимними снегами с северного Китая и Монголии. Например, концентрации Br в “желтом снеге”, как в растворенной форме, так и в твердом нерастворенном остатке в несколько раз выше, чем в обычном снеге [9].

Антропогенное влияние на распределение микроэлементов в грунтовых водах также не может быть исключено: большие вариации Zn в различных колодцах и повышенные концентрации Cr, Mo, Cu, Cd в ряде оп-

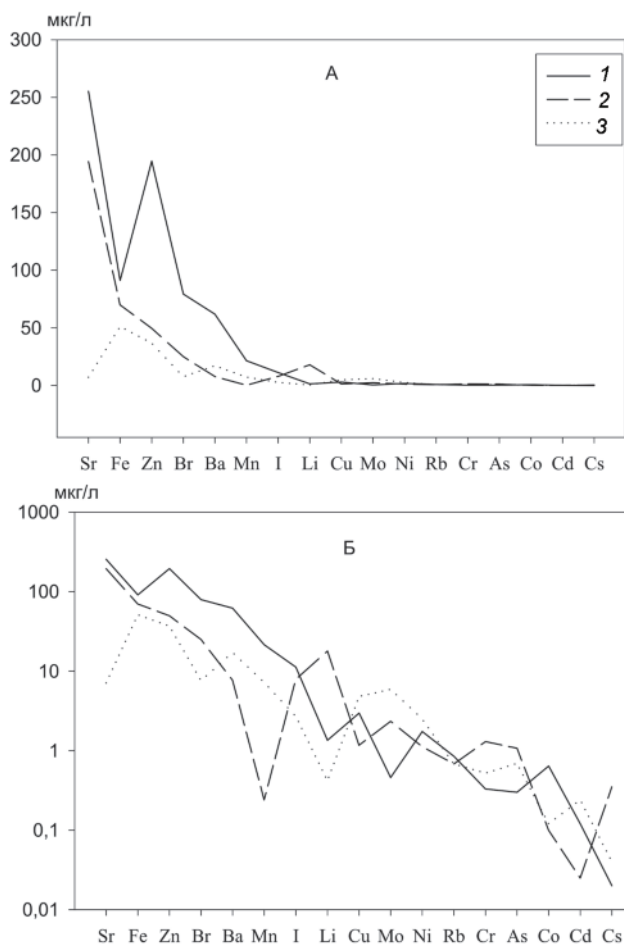


Рис. 7. Соотношение элементов в подземных водах п-ова Муравьева-Амурского (1), Приморья за пределами п-ова (2) и дождевых водах региона, средние данные для Приморья (3). А – линейный масштаб, Б – логарифмический масштаб.

робованных колодцев могут быть результатом загрязнения, в том числе и в области питания грунтовых вод.

Хотя источники микроэлементов различны, сравнение их концентраций в неглубоких грунтовых водах, которые используются для питьевых целей, показывает, что качество воды источников, колодцев и скважин является в целом удовлетворительным даже в зимнее время, когда концентрации элементов возрастают, т.е. соответствует как российским питьевым стандартам [4], так и мировым. Вместе с тем отдельные участки, расположенные в пределах рудных полей требуют более тщательного наблюдения.

Сравнение данных по стабильным изотомам $\delta^{18}\text{O}$ и δD в атмосферных осадках (включая снег, дождь и смесь дождя и снега [10]) с данными по грунтовым водам Приморья и непосредственно п-ова Муравьева-Амурского выявляет близкое расположение точек грунтовых вод к точкам атмосферных осадков (дож-

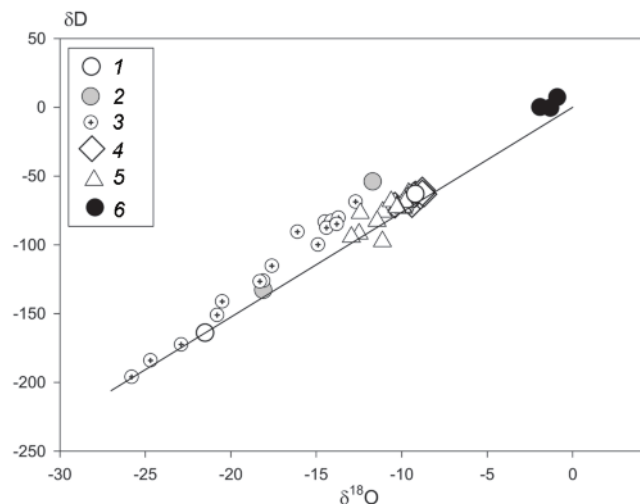


Рис. 8. Диаграмма соотношения стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и δD в атмосферных осадках, грунтовых и прибрежных водах Приморья.

1 – дожди, 2 – дождь + снег, 3 – снег, 4 – грунтовые воды п-ова Муравьева-Амурского, 5 – грунтовые воды Приморья за пределами п-ова Муравьева-Амурского, 6 – морские прибрежные воды.

дям на п-ве Муравьева-Амурского) – рис. 8. Изотопный состав ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ и D/H) грунтовых вод п-ва Муравьева-Амурского несколько тяжелее, чем других рассмотренных вод Приморья и отражает более низкую широту местности и большее приближение к морю, что прослеживается и в соотношениях основных ионов (рис. 4). В то же время точки, отражающие изотопные отношения кислорода и водорода для грунтовых вод на диаграмме расположены далеко от соответствующих точек для местных морских прибрежных вод Приморья. Это свидетельствует об отсутствии интрузии морских вод.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Неглубокие грунтовые воды южного Приморья и особенно п-ова Муравьева-Амурского имеют значения pH в пределах 5.4-8.4, содержат кислород (до 10 мг/л); состав основных ионов чаще смешанный.

2. Интрузии морских вод в изученных районах не наблюдались, что подтверждается как химическим составом вод, так и соотношениями стабильных изотопов кислорода и водорода в рассмотренных пробах грунтовых вод, а также атмосферных осадков и морских прибрежных вод Приморья.

3. Микроэлементный состав вод достаточно разнообразен, вариации содержания микроэлементов отражают как природные особенности вмещающих пород, так и некоторое антропогенное загрязнение, прежде всего в наиболее заселенных районах.

4. Несмотря на вариации химического состава грунтовые воды юга Приморья, используемые населением для индивидуального водоснабжения, являются сравнительно удовлетворительными и соответствуют стандартам Российской Федерации и Всемирной организации здравоохранения. Однако, учитывая возрастание содержания различных микроэлементов и биогенных компонентов в водах, целесообразно проводить мониторинг и тщательный контроль состава этих вод с целью сохранения их для питьевого использования.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов: 06-1-ОНЗ-11; 06-III-B-08-379 и научной школы НШ 3561.2008.5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 253 с.
2. Кирюхин В.А., Никитина Н.Б., Судариков С.Н. Гидрогеохимия складчатых областей. Л.: Недра, 1989.
3. Рынков В.С. Подземные воды Дальнего Востока. Владивосток: ДВПИ, 1988. 78 с.
4. СанПиН 2.2.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения: Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации // Рос. газета. 2001. 14 нояб.
5. Челноков А.Н. Гидрогеологическая карта Приморья. Владивосток: Примгеолком, 1994.
6. Чудаева В.А., Чудаев О.В., Челноков А.Н. и др. Минеральные воды Приморья (химический аспект). Владивосток: Дальнаука, 1999. 160 с.
7. Чудаева В.А., Чудаев О.В., Юрченко С.Г. Состав и качество грунтово-трещинных вод Приморья // Подземная гидросфера: Материалы XVIII совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: ИрГТУ, 2006. С. 127–129.
8. Чудаева В.А., Юрченко С.Г., Чудаев О.В. Химический состав дождевых вод юга Дальнего Востока // Фундаментальные проблемы изучения и использования вод и водных ресурсов: Материалы науч. конф. 20–24 сентября 2005 г. Иркутск: изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. С. 146–148.
9. Чудаева В.А., Чудаев О.В., Юрченко С.Г. Особенности химического состава атмосферных осадков на юге Дальнего Востока. // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 1. С. 60–71.
10. Chudaev O.V., Chudaeva V.A., Velivetskaya T.A., Laptev D. Stable isotopes D and ^{18}O in the atmospheric precipitations of the south Far East of Russia. // Regularities of the structure and evolution of the geospheres. Proceedings of VII International Interdisciplinary Scientific Symposium and International Geosciences Programme (IGCP-467), Russia, 2005. P. 319–322.
11. Chudaeva V.A., Chudaev O.V., Melkyi V.A. et al. Specific features of the snow chemical composition on the territory of the south Far East (on the data of 2004) // Regularities of the structure and evolution of the geospheres: Proceedings of VII International Interdisciplinary Scientific Symposium and International Geoscience Programme (IGCP-467), Russia, 2005. P. 310–314.
12. Chudaeva V.A., Urchenko S.G., Chudaev O.V. et al. Chemistry of rainwaters in the south Pacific area of Russia // Journal of Geochemical Exploration. 2006. V. 88. P. 131–135.
13. Chudaeva V.A., Chudaev O.V., Yurchenko S.G. et al. The composition of ground waters of Muraviov-Amursky Peninsula, Primorye, Russia // Abstracts of International Conference "Coastal zone environment and sustainable development vulnerability, adaptation and beyond". New Delhi. 2007. P. 91.
14. Yurchenko S.G. Chemical composition and quality of groundwater in Vladivostok city, Southern Primorye // Water-Rock Interaction. Taylor&Francis. London, 1995. V.2. P. 1149–1152.

V.A. Chudaeva, O.V. Chudaev, S.G. Yurchenko

The chemical isotope ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ и $\text{D}/^1\text{H}$) composition of ground water of central and southern Primorye

Ground and fracture water of Primorye including coastal zones were studied during the last 10 years. The study of basic and microelement composition of more than 130 samples shows that shallow ground water of southern Primorye with pH ranging between 5.4 and 8.4 contains dissolved oxygen (up to 7.7 mg/l), and more often has basic ions mixed composition. Microelement content variations reflect both the natural features of host rocks and possible man-caused pollution in the most populated areas.

Intrusions of sea waters in the study areas were not recognized, which is proved both by the chemical composition of ground water and stable isotopes relations ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ и $\text{D}/^1\text{H}$) in the ground water samples, as well as meteoric waters of the study area and sea coastal waters of Primorye. The chemical composition of the ground water used for potable purposes is rather satisfactory as compared to the Russian and the World Health Organization standards. At the same time, given an increase in the content of different microelements and biogenic components in the ground water of the populated areas, it seems expedient to carry out monitoring of, and thorough control over, the groundwater chemical composition for their protection for potable purposes.

Key words: ground water, microelements, chemical composition, stable isotopes, Primorye.