

# ИССЛЕДОВАНИЯ РОДНИКОВЫХ ВОД АЛТАЯ

В.И. Заносова, Т.С. Папина

*Проведенные исследования показали, что родниковые воды предгорий Алтая обладают сбалансированным химическим составом, отличными органолептическими свойствами и наличием в них микроколичеств серебра и золота. В настоящее время возникает необходимость в принципиально новом подходе к исследованию родниковых вод, к изучению и рассмотрению их как ценного ресурса природного комплекса. Большое значение в этом отношении приобретает возможность комплексного использования родников (питьевые, лечебно-профилактические и оздоровительные цели, бутылирование и т.д.)*

Предгорья Алтая отличаются не только богатым и разнообразным рекреационным потенциалом, но значительными ресурсами подземных вод, обладающими различными ценными свойствами.

В рамках договоренности между Сибирским Отделением РАН и AASA (the Association of Academies of Sciences in Asia) по заданию Президиума СО РАН Институтом водных и экологических проблем было проведено подробное исследование родниковых вод предгорных территорий Алтая.

В результате выполненных в 2001-2003 гг. исследований в предгорьях Алтая были выявлены многочисленные выходы подземных вод (родники), характеризующиеся сбалансированным химическим составом вод и наличием в них микроколичеств серебра и золота.

Исследуемая территория относится к Алтае-Саянской гидрогеологической области. Сложена она интенсивно дислоцированными докембрийскими и палеозойскими породами, смятыми в складки, тектонически нарушенными и прорванными интрузиями различного возраста и состава. Значительное развитие имеют трещинные и трещинно-карстовые воды верхней зоны выветривания и более глубокие трещинно-жильные воды. В целом изученность района невысока и крайне неравномерна.

Своеобразие гидрогеологическим условиям территории исследований придает значительное расчленение рельефа, разнообразные рудопроявления, наличие четко выраженной вертикальной климатической зональности.

Воды зоны трещиноватости *силурийских отложений* широко развиты в пределах исследуемой территории. Водовмещающими являются главным образом терригенные и карбонатные породы: известняки, песчаники,

известково-глинистые сланцы, алевролиты. Известняки подвержены процессам карстования. Пустоты выщелачивания отмечены в районе с. Усть-Пустынка Краснощековского района (пещеры "Водяная" и "Летучих мышей"). Поверхностные карстовые явления - провалы, воронки, суходолы наблюдаются в долинах р. Чарыша и его притоков.

Воды силурийских отложений безнапорные, залегают на глубинах от 0 до 35-50 метров. Породы обводнены крайне неравномерно. Наибольшей трещиноватостью, а следовательно водообильностью, обладают известняки.

Дебиты родников, приуроченных к известнякам, колеблются в широких пределах. Так, каптируемый в настоящее время родник пещеры "Водяной" достигает 5 л/с, а дебит родника "Горный ключ" изменяется от 0,03 до 1,0 л/с.

Воды зоны трещиноватости *кемброво-ордовикских отложений* связаны с флиш-идными толщами метаморфизованных глинистых сланцев, алевролитов и песчаников. Обводненность пород неравномерная и зависит от наличия тектонически ослабленных участков. Среди литологических разностей наибольшей открытой трещиноватостью, а, следовательно, и водообильностью, обладают песчаники, особенно в зонах разломов. Воды амгинско-тремадокской терригенной зоны дренируются многочисленными родниками. Каптируемый родник "Лисицинский - 1" имеет дебит около 4 л/с, а несколько выходов подземных вод "Холодного ключа" - более 2 л/с. Дебиты естественных выходов подземных вод, не связанных с разломами, не превышают 0,1-0,2 л/сек.

Воды зоны трещиноватости *нижнекембрийских отложений* связаны с верхней наиболее выветрелой частью разреза мощностью до 70-100 м, сложенной эффу-

зивами и их туфами, песчаниками, туфопесчаниками, мергелями, конгломератами, известково-глинистыми сланцами и известняками. Породы значительно метаморфизованы и интенсивно дислоцированы. Дебиты многочисленных родников, выходящих из нижне-верхнекембрийских отложений, изменяются от 0,14-0,3 до 4,5-10 л/сек. Расходы до 1 л/сек характерны для площадей распространения песчано-сланцевых разностей. На участках развития карбонатных пород и по зонам тектонических нарушений дебиты родников возрастают до 15 л/сек и более.

Воды зоны трещиноватости *интрузивных пород* имеют достаточно широкое распространение. Разнообразные по составу (но преимущественно кислые) и возрасту интрузивные породы образуют ряд довольно крупных массивов, большей частью обнаженных и подвергающихся в условиях резко континентального сурового климата интенсивному выветриванию. Обводненность верхней зоны экзогенной трещиноватости интрузивных массивов невелика. Дебиты немногочисленных нисходящих родников обычно не превышают 0,5-1 л/сек.

В многолетнем разрезе изменения расходов родников зависят от степени водности года и, прежде всего от количества осадков, выпадающих в виде дождя. Амплитуды колебаний дебитов естественных выходов подземных вод различны.

Своеобразие геологического строения, гидрогеологические условия и наличие разнообразных рудопоявлений обусловили формирование в этом регионе подземных вод с уникальными свойствами.

Для оценки химического состава и качества вод были выбраны 18 наиболее крупных, пользующихся популярностью у населения источников в Краснощекковском районе Алтайского края (рис. 1).

В результате проведенных работ были определены точные координаты и дебит источников, отобрано и проанализировано более 40 проб воды и около 20 проб пород и донных осадков.

Координаты источников родниковых вод определяли с помощью полевого навигационного прибора GPS, а дебиты родников определялись объемным методом. Скорость течения воды рассчитывали по времени прохождения поплавком фиксированного участка русла ручья, вытекающего из головки родника.

Для определения основных гидрохимических показателей в родниковых водах ис-

пользовали классические гидрохимические методы.



Рис. 1. Схема родников Краснощекковского района

Для анализа на содержание растворенных форм металлов готовили две серии проб: без консервации и с консервацией азотной кислотой из расчета 4 мл HNO<sub>3</sub> на 1 л пробы. Параллельно для изучения сорбции металлов на стенках посуды пробы воды отбирали в полиэтиленовые, пластиковые и стеклянные контейнеры. До анализа контейнеры с пробами воды хранили охлажденными. Для определения других гидрохимических показателей пробы воды консервировали и хранили согласно рекомендациям Международных стандартов по отбору и консервации водных проб [Фомин, 1995]. Непосредственно на месте отбора определяли физико-химические параметры воды: температуру, pH и Eh.

Определение металлов проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией пробы (ААС ЭТ; прибор ААС-30).

Макрокомпонентный химический состав родниковых вод (таблица 1) этой территории определяется главным образом взаимодействием данных вод с породами различного состава. По результатам химического анализа в исследуемой группе присутствуют слабоминерализованные (суммарное содержание солей до 0,5 г/л) и среднеминерализо-

ванные (0,5 – 1,0 г/л) воды. В соответствии с классификацией О.А. Алекина изученные родниковые воды по своему химическому составу относятся к гидрокарбонатному классу вод кальциевой группы: среди катионов доминирует  $\text{Ca}^{2+}$ , среди анионов – ионы  $\text{HCO}_3^-$ . Значения водородного показателя pH этих вод изменяются в пределах 6,88 – 8,40, что позволяет отнести их к группам нейтральных и слабо щелочных вод. Величины окислительно-восстановительного потенциала для большинства родников имеют высокие положительные значения (+ 213 ÷ + 370 mV) и хорошо согласуются с концентрациями растворенного кислорода, содержание которого достаточно высоко (9,4 – 12,2 мг/л). По величине жесткости исследуемые воды классифицируются как мягкие и воды средней жесткости. В группе биогенных элементов доминирует кремний, его концентрации изменяются от 2,1 до 5,6 мг/л. Содержание остальных биогенных элементов в изучаемых водах невысоко, в группе азота преобладают нитратные ионы. Показатели общего содержания органического вещества свидетельствуют о низком содержании как легко, так и трудно окисляемой органики.

Особенностью микрокомпонентного состава родниковых вод Краснощековского района являются низкие концентрации таких токсичных металлов, как кадмий, медь, свинец и цинк (таблица 2). Содержание железа и марганца от родника к роднику существенно изменяются. Максимальные их концентрации проявляются в водах родников, расположенных в долине р. Березовка, правого притока р. Чарыш.

Наличие микроколичеств золота и серебра - основная отличительная особенность родниковых вод предгорья Алтая. Это является следствием дренирования выходящими на поверхность подземными водами эндогенных и экзогенных месторождений золота, залегающих на данной территории. В Краснощековском районе ионы растворенного золота и серебра были обнаружены в родниках «Лисицинский-1» и «Холодный ключ». Обнаруженные в этих родниковых водах концентрации золота и серебра значительно превышали фоновый уровень их содержания в пресных водах, который составляет 0,3 ppb и 0,03 ppb для Ag и Au соответственно. Однако здесь следует указать на временную неравномерность концентраций золота и серебра в исследуемых водах. Изменения их содержания связаны с сезонными колебаниями при-

родных и климатических условий. Этот аспект требует дальнейшего исследования.

Полученные данные указывают также на нестабильность удерживания ионов серебра в растворе при хранении – через неделю после отбора Ag регистрируется только в консервированных кислотой пробах воды, тогда как без подкисления его содержание в пробе не обнаруживается.

## ВЫВОДЫ

1. Исследования показали, что родниковые воды обладают сбалансированным химическим составом и отличными органолептическими свойствами. Ценной отличительной особенностью вод предгорий Алтая является наличие в них микроколичеств золота и серебра, что придает им особые свойства.

2. Необходим принципиально новый подход к исследованию родниковых вод, который заключается в переходе к изучению их как ценного ресурса природного экологического комплекса. Важное значение имеет комплексный подход в их использовании (питьевые, лечебно-профилактические и оздоровительные цели, розлив и бутылирование и т.д.).

3. Для использования родниковых вод предгорий Алтая необходимо продолжение их изучения в таких перспективных районах, как Солонешенский, Чарышский, Алтайский, Красногорский, Змеиногорский и др. Научно-исследовательские работы должны включать следующие аспекты:

- изучение суточной, сезонной и годовой динамики содержания макро- и микрокомпонентов в воде источников.
- оценка ресурсы подземных вод, изучение условий залегания, распространения, мощности водоносной зоны и ее связь с поверхностными водами.
- изучение форм нахождения микрокомпонентов (золота и серебра) в водах и особенностей взаимодействия в системе водопорода для оценки устойчивости содержания растворенных форм микрокомпонентов в воде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гирогеология СССР. Т. XVII / Кемеровская область и Алтайский край. - М.: Недра, 1972. - 398 с.
2. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. - М.: Недра, 1992. - 463 с.

## Минеральный состав родниковых вод

Таблица 2

Дата и время отбора проб	T, °C	pH	Eh, mV	O <sub>2</sub> , мг/л	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	K+Na, мг/л	НС О <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	Cl <sup>-</sup> , мг/л	Ми-нер., мг/л	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	Si, мг/л	ПО, мгО/л	ХПК, мгО/л
15.09.01 13-00	-	7,18	+310	9,4	105	21,3	32,2	275	91	72	597	<0,05	9,2	<0,007	0,06	2,2	0,25	16,7
13.10.01 15-00	6,4	7,56	-	-	103	17,5	48,1	270	103	75	617	-	-	-	-	-	-	19,4
25.12.01 15-15	-	7,58	+370	12,2	98	25,8	13,8	268	51	76	533	-	-	-	-	-	0,57	14,1
28.01.02 10-30	5,0	7,45	+375	6,52	106	20,4	26,2	269	73	77	572	<0,05	10,7	<0,007	0,03	4,5	0,36	17,1
19.01.02	-	7,30	+373	-	121	18,0	31,5	275	113	72	631	-	-	-	-	-	0,87	15,7
15.09.01 13-00	-	7,45	+312	9,5	53	16,2	16,8	234	32	8,1	360	<0,05	2,3	<0,007	0,05	3,7	0,12	6,8
13.10ю01 16-00	7,2	7,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.01.02 10-00	4,5	7,51	394	7,2	62	15,4	12,5	233	21	6,8	351	<0,05	1,5	<0,007	0,01	4,2	0,24	1,6

Таблица 2

## Содержание металлов в пробах родниковых вод рая (сентябрь 2001 г. – январь 2002 г.)

№	Дата и время отбора	Ag, ppb		Au, ppb		Cd, ppb		Cu, ppb		Fe, ppb		Mn, ppb		Pb, ppb		Zn, ppb	
		к	н/к	к	н/к	к	н/к	к	н/к	к	н/к	к	н/к	к	н/к	к	н/к
1	15.09.01 13-00	23	-	6,50	-	< 0,5	-	<1,0	-	15	-	6,7	-	<1,0	-	-	-
	04.10.01 14-30	0,5	-	0,13	-	<0,5	-	<1,0	-	1,7	-	1,0	-	<1,0	-	-	-
	13.11.01 15-00	0,4	<0,1	0,18	0,18	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	5,5	2,0	0,7	<0,5	<1,0	<1,0	15	13
	25.12.01 15-15	18,0	<0,1	0,26	0,19	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	13,0	12,7	0,5	2,5	<1,0	<1,0	-	-
	28.01.02 10-30	0,7	<0,1	0,15	0,20												
2	15.09.01 13-00			<0,01	-	<0,5	-	<1,0	-	1,8	-	2,6	-	<1,0	-	-	-
	04.10.01 14-30	0,4	<0,1	<0,01	-	<0,5	-	<1,0	-	1,0	-	1,0	-	<1,0	-	-	-
	13.11.01 16-00	0,4	<0,1	0,17	0,18	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	18	5,6	3,5	<0,5	<1,0	<1,0	13	10

к- консервация пробы 4 мл. конц. HNO<sub>3</sub> на 1л воды; н/к - проба без консервации; нумерация источников приведена согласно рис. 1