



УДК 552.181

А. В. Сергеева, Н. П. Богатко, М. А. Назарова, Г. А. Карпов

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
valraf2009@yandex.ru*

Первые результаты комплексных исследований гидротермальных глин района термальных источников Академии Наук (Камчатка)

В очагах разгрузки современных гидротермальных систем областей активного вулканизма практически всегда формируются зоны гидротермальных изменений, верхние уровни которых занимают гидротермальные глины. В зависимости от базовых температур в недрах гидротермальных систем, интенсивности трещиноватости и фильтрационных свойств вмещающих пород, на поверхность выходят растворы с температурами от первых десятков градусов Цельсия до точки кипения. В паровой фазе в последних случаях нередко отмечаются серосодержащие газы, конденсация которых приводит к образованию сернокислотных растворов. Под их воздействием породы разного состава трансформируются в аргиллизиты, основное место в которых занимают глинистые минералы. Глинистая покрывка играет важную роль в структуре резервуара гидротермальной системы не только как верхний водоупор и теплоизолятор, но в силу высокой сорбционной ёмкости глин может давать определённую информацию о элементной специализации глубинных гидротерм.

С этих позиций зона аргиллизации гидротермальной системы в южном секторе кальдеры Академии Наук (источники Академии Наук) является мало изученной. Настоящее сообщение посвящено исследованию особенностей минерального состава, геохимии и петрофизических характеристик гидротермальных глин данного района. Пробы глин были отобраны в полевые периоды 2012–2013 гг. На определение петрофизических характеристик глин пробы отбирались в специальные дюралюминиевые бюксы. В лабораторных условиях были проведены определения естественной влажности, удельного и объёмного весов глин, а также пористости (по общепринятым методикам). Методом рентгеновской флуоресценции (S4 Pioneer) выполнены анализы содержания в них следующих микроэлементов: Sc, V, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb.

Методы исследований фазового (минерального) состава глинистых материалов: рентгенофлуоресцентная спектрометрия, дифрактометрия и инфракрасная спектроскопия, проводились на оборудова-

нии Аналитического центра ИВиС ДВО РАН. Химический анализ проводился на рентгенофлуоресцентном спектрометре S4 PIONEER. Дифрактограммы получены на дифрактометре XRD-7000 MAXima. Режим съёмки: $\text{CuK}_{\alpha 1}$ излучение в интервале углов 2θ 6–65°, напряжение 30 кВ, ток 30 мА, шаг 0,05° 2 θ , экспозиция 6 секунд. Съёмка глинистых препаратов проводилась сначала в воздушно-сухом состоянии, затем с насыщением глицерином для определения наличия слоёв, характерных для смектитов. Инфракрасные спектры были получены на Фурье-спектрофотометре IRAffinity-1 в интервале волновых чисел 400–4000 cm^{-1} , с разрешением 4 cm^{-1} , число сканов 50. Съёмка спектров проводилась при комнатной температуре. Образцы растирались с бромидом калия и прессовались в таблетки.

Проведённые исследования позволили выявить определённую зональность развития глинистых минералов в разрезах зон аргиллизации. Как правило, в местах выходов гидротерм с температурой 89–95 °С в верхних зонах разрезов глин (на глубине 0–5 см) глины имеют характерный охристый цвет, а в их составе преобладают аутигенные минералы — каолинит, смектит, опал, в меньшей степени — марказит, пирит (в виде отдельных прослоев и линз), а также аллотигенные минералы — альбит, магнетит, кварц, кристобалит (табл. 1, пробы 7520, 7521, 7522). В интервале глубин 10–15 см в ассоциации глинистых минералов появляется иллит (см. табл. 1, проба 7525). В местах проработки склона термального поля паровыми струями формируется высоко-совершенный каолинит, что фиксируется по инфракрасным спектрам (чёткие полосы 3700, 3620, 1030, 1010 и 915 cm^{-1}) (табл. 2) и дифрактограммам (узкие интенсивные рефлексy целочисленной серии 7, 3, 5, 1,75 Å). На участках выходов гидротерм (грязевые и грязе-водные котлы) (табл. 3) в составе аргиллизитов формируются смектит, смешаннослойные минералы, иллит-смектит и чистый иллит. По нашим представлениям, смектит развивается по ранее образовавшемуся каолиниту, а затем, в результате замещения части октаэдрического алюминия железом, магнием, а тетраэдрического кремния алюминием, происходит иллитизация смектита.



Источники Береговые (юго-вост. группа).



Участок гидротермально-измененных пород (район Береговых источников).



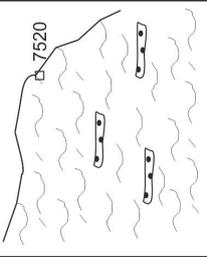
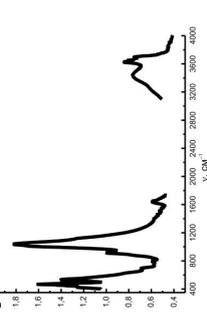
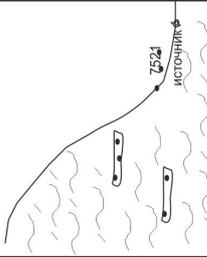
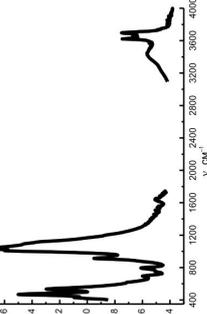
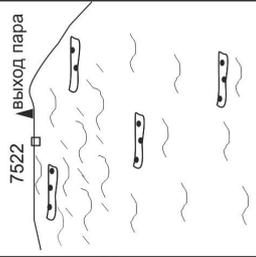
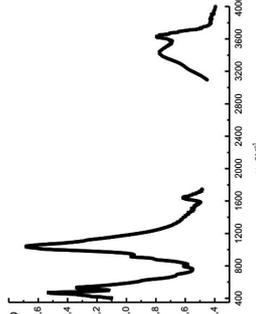
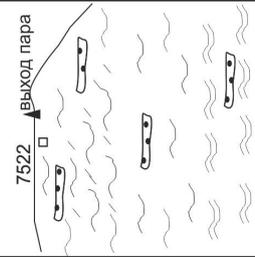
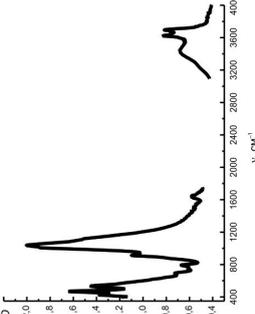
Водно-грязевой котел Желтый (Западная группа источников Академии Наук).



Гидротермально измененные глины в районе гейзера Старый.

Таблица 1.

Схематический разрез и минералогия гидротермальных глин участка района Береговых источников

Точка отбора	Глубина отбора, см	Место отбора	T°	Литологический разрез	Аутигенные минералы	ИК-спектрометрия	Аллотигенные минералы
7520	0-5	Склон обрыва	95		каолинит новообразован., смектит, пирит, марказит, опал		альбит, а-кварц, кристобалит высокотемпературный
7521	0-5	Склон, выше пульсирующего источника	89		каолинит, смектит, пирит, опал		альбит, магнетит, а-кварц,
7522	0-5	Термальное поле, рядом паро-газовый выход	94.8		каолинит, смектит, пирит, марказит, опал		альбит, магнетит, а-кварц, кристобалит высокотемпературный
7525	10-15	Термальное поле	95		каолинит новообразован., иллит, смектит, пирит		альбит, а-кварц, магнетит

Схематический разрез и минералогия гидротермальных глин участка в районе гейзера Старый

Точка отбора	Глубина отбора, см	Место отбора	T°	Литологический разрез	Аутигенные минералы	ИК - спектрометрия	Аллоигенные минералы
7529	0-5	Выше по склону от гейзера, рядом выход пара	88.0		каолинит, смектит, пирит, опал,		альбит, магнетит, гематит, а-кварц
7530	0-5	Выше по склону от гейзера, рядом выход пара	87.0		новообразованные: каолинит, смектит, пирит, опал		альбит, магнетит, а-кварц, кристобалит высокотемпературный
Примечание: здесь и в таблицах 1 и 3.				<ul style="list-style-type: none"> каолинит выход пара 7530 точка отбора смектит гейзер грязевой котел 			

Таблица 3.

Схематический разрез и минералогия гидротермальных глин участка в районе котла Желтого

Точка отбора	Глубина отбора, см	Место отбора	T°	Литологический разрез	Аутигенные минералы	ИК - спектрометрия	Аллотигенные минералы
7539	0-5	Кромка котла	98.6		Новообразованные каолинит, смектит.		
7540	0-5	Борт котла	97.0		Новообразованные каолинит, смектит, пирит, опал		Альбит, марказит, магнетит, а-кварц, кристобалит высокотемпературный
7541	0-5	В 0.5 м выше по склону, рядом выход пара	98.0		Хорошо закристаллизованный каолинит		
7542	0-5	В 1 м выше по склону	87.0		Хорошо закристаллизованный каолинит. Смектит, пирит, опал, возможно тенорит		Альбит, марказит, гематит, магнетит, а-кварц, кристобалит высокотемпературный

Таблица 4
Максимальные содержания микроэлементов в пробах гидротермальных глин
в районе источников Академии Наук

№ пробы	Место отбора	Максимальные содержания, ppm							
		Ba	V	Zr	Sr	Zn	Cu		
Береговые источники									
7520	Склон обрыва. Термальное поле	194	204	277	81	100	39		
7521	Склон, выше пульсир. источника	91	241	238	74	76	96		
7522	Склон, рядом паро-газовые выходы	288	252	198	119	113	75		
7524	Термальное поле, низ, гл. 25-30см	470	178	287	163	87	37		
7525	Термальное поле, ср.гл. 10-15см	495	250	261	203	78	57		
7526	Термальное поле, верх, гл. 0-5 см	290	260	169	90	99	40		
Источники Академии Наук									
7529	Гейзер Старый, выше по склону	492	138	279	163	117	55		
7530	Гейзер Старый, выше по склону	319	113	355	99	126	48		
7539	Котел Желтый, у кромки котла	425	222	153	295	91	47		
7540	Котел Желтый, борт котла	372	147	223	172	100	53		
7541	Котел Желтый, выше по склону	41	204	342	45	74	40		
7542	Котел Желтый, выше по склону	169	186	326	85	86	40		

Примечание: Анализы выполнены в Аналитическом центре ИВис ДВО РАН
методом рентгенофлуорисцентного анализа "S4 PIONEER"
Аналитики: Курносова Н.Ю., Чеброва Н.И.

Результаты определений петрофизических свойств гидротермальных глин в районе источников Академии Наук

Таблица 5

№ п/п пробы	Место отбора	Описание пробы	Влажность		Объемный вес влажн.		Объемный вес сухого		Пористость		Удельный вес		Т?
			W %	Δ г/см ³	Δ г/см ³	Δ г/см ³	N %	У г/см ³					
Береговые источники.													
1.	7520	Склон обрыва, термальное поле			1.07	0.72	68.0	2.21				89.0	
2.	7521	Склон, выше малодебитного пульсирующего источника	49,36		1.04	0.56	76.0	2.33				88.3	
3.	7522	Склон, рядом паро-газовые выходы с Т 94,8?	49,36		1.07	0.72	68.0	2.21				94.8	
4.	7524	Термальное поле, низ, гл. 25-30 см.	42.0		1.19	0.83	66.0	2.39				95.0	
5.	7525	Термальное поле, середина, гл. 10-15 см	45.9		1.19	0.82	65.0	2.31				95.0	
6.	7526	Термальное поле, верх, гл. 0-5 см	78.8		0.56	0.31	85.0	2.03				95.0	
Источники Академии наук.													
7.	7529	Гейзер Старый. Выше по склону, возле выхода пара.	47.8		1.16	0.78	69.0	2.51				88.0	
8.	7530	Гейзер Старый. Выше по склону, возле выхода пара.	66.0		1.13	0.68	74.0	2.59				87.0	
12.	7539	Котел Желтый. У кромки котла.	29.0		1.57	1.22	53.0	2.58				98.6	
13.	7540	Котел Желтый. С борта котла.	37.1		1.45	1.06	56.0	2.41				97.0	
14.	7541	Котел Желтый. Выше по склону, рядом выход пара.	49.5		1.04	0.70	66.0	2.03				98.0	

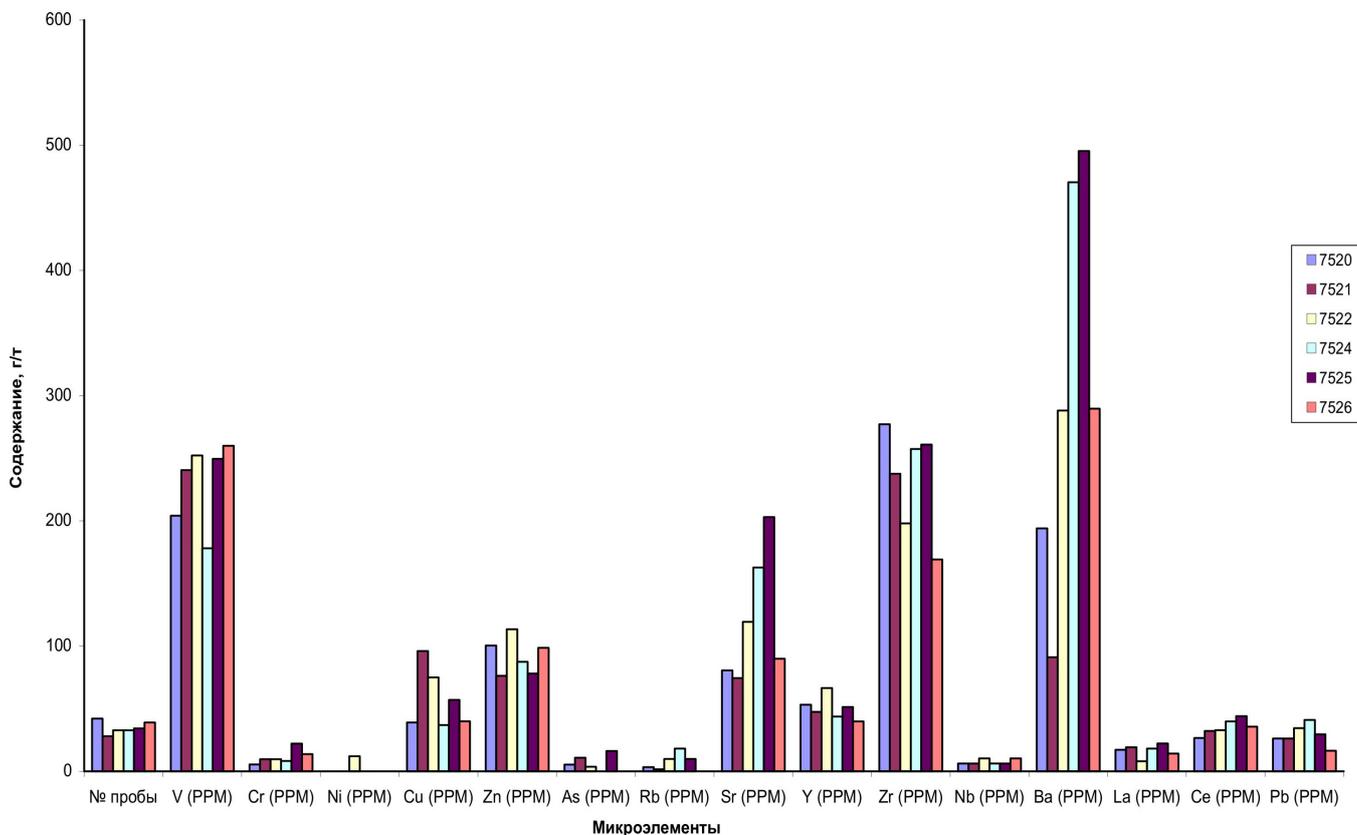


Рис. 1. Распределение содержаний микроэлементов в гидротермальных глинах района Береговых источников.

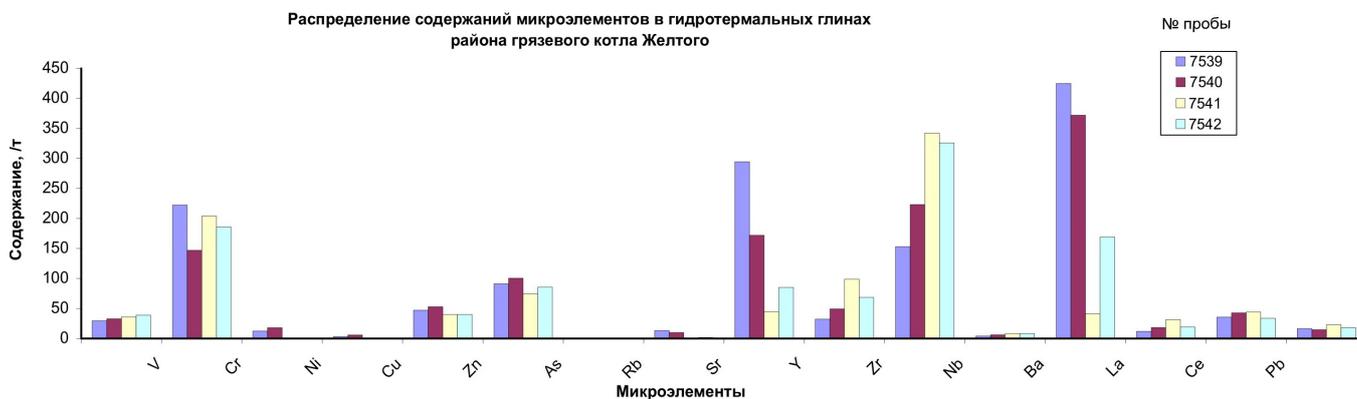


Рис. 2. Распределение содержаний микроэлементов в гидротермальных глинах района котла Желтого.

**Распределение содержаний микроэлементов в гидротермальных глинах
района гейзера Старый**

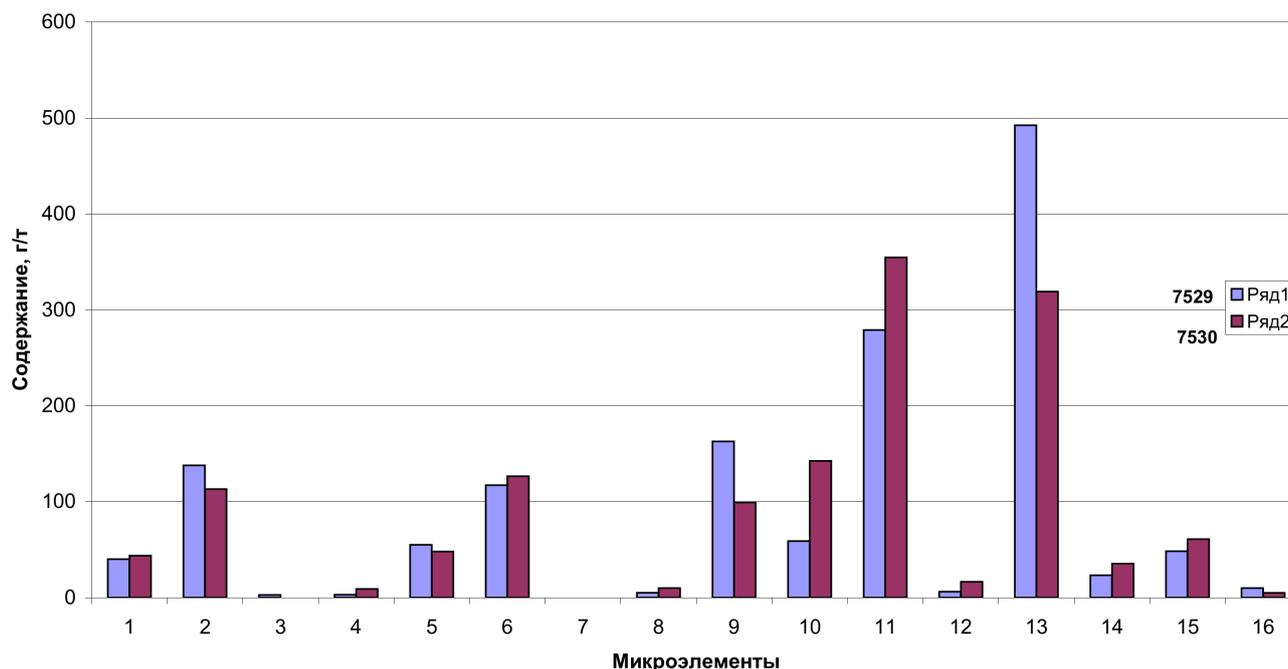


Рис. 3. Распределение содержаний микроэлементов в гидротермальных глинах района гейзера Старый.

По геохимическим данным (табл. 4) практически на всех изученных участках в глинах наблюдаются повышенные содержания следующих элементов (г/т): V (до 260), Zr (до 355), Ba (до 495), Sr (до 295), в меньшей мере Cu (до 50), Zn (до 126), La (до 30), Ce (до 60). Установлено, что максимально высокие содержания отмеченных микроэлементов наблюдаются на термальных площадках у гейзера Старый, на участках гидротермально-изменённых пород Береговых источников и у грязе-водного котла Жёлтого (рис. 1–3). Причём, в этих же пробах отмечено повышение плотности глин, а также повышенное содержание сульфидов железа, с которыми, по-видимому, и связаны высокие содержания ряда микроэлементов.

Петрофизические характеристики изученных глин оказались весьма близкими (табл. 5).

Полученные нами данные по минеральному составу глин находятся в хорошем соответствии с ма-

териалами публикаций по таким известным гидротермальным системам как Нижне-Кошелёвская и Паужетская [1, 2]. Исходя из геохимических характеристик изученных глин, можно предполагать специализацию глубинных гидротерм Академической гидротермальной системы на Ba, Zr, Sr, V, Cu, Zn, Ce и La.

Список литературы

1. Рычагов С. Н., Давлетбаев Р. Г., Ковина О. В. Гидротермальные глины и пирит геотермальных полей: значение в геохимии современных эндогенных процессов (южная Камчатка). Вулканология и сейсмология, 2009, №2, с.39-55.
2. Рычагов С. Н., Соколов В. Н., Чернов М. С. Гидротермальные глины геотермальных полей Южной Камчатки: новый подход и результаты исследований. Геохимия, 2012, №4, с.378-392.