

Минералого-геохимические характеристики травертинов Пушинских источников (Камчатка)

О.М. Топчиева, М.А. Назарова

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: topchieva2011@mail.ru

Изучены минералого-геохимические особенности травертинов Пушинских источников (Камчатка). Выявлены условия образования гидротермальных минералов, формирующих осадки, представленные травертинами, в которых отмечены повышенные содержания Fe_2O_3 , Sr, As, Ba.

Пушинские горячие источники расположены в крайних северо-западных отрогах Ганальского хребта, в долине реки Кашкан, в 16 км от поселка Пушино. Источники состоят из двух близко расположенных друг к другу групп, разделенных уступом дна долины Кашкан.

В ходе полевых работ в 2014 г. исследованы травертины Пушинских источников. Впервые Пушинские термальные источники описаны В.Л. Комаровым [5], в дальнейшем исследовались авторами [2 – 4, 6, 7, 9].

В нашей работе представлены данные о минеральном и химическом составе гидротермальных осадков (травертинов) Пушинских источников, выявлены их геохимические и структурные особенности.

Методика исследования

Химический состав пород изучался с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра (Pioneer, Bruckner).

Фазовый состав пород изучался с помощью качественного рентгенофазового анализа, использовалось оборудование Аналитического центра ИВиС ДВО РАН. Дифрактограммы получены на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 MAXima (Shimadzu, Япония). Режим съемки: непрерывный, излучение $CuK\alpha$, напряжение 30 кВ, ток 30 мА, интервал углов 2θ 6-70°. Скорость сканирования 1°/мин, шаг сканирования 0,05°, экспозиция в точке 3 секунды. При съемке использовалась система поликапиллярной оптики.

Состав минералов определялся в аналитическом центре ИВиС ДВО РАН на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 TESCAN. Режим съемки – ускоряющее напряжение катода 20 кВ.

Результаты исследований

Пушинские термальные источники являются открытым очагом разгрузки долгоживущей (200-700 тыс. лет) гидротермальной системы, приуроченной к Кашканскому супермассиву (K_2) [3]. По более новым данным [4, 6], термальные источники пространственно и генетически связаны с кислым магматическим телом под вулканическим массивом г. Оленья (Q_2 - Q_3). Массив сложен лавами андезитового состава, в верхнечетвертичное время произошло внедрение экструзий дациандезитового и дацитового состава [6].

Химический состав Пушинских источников весьма постоянен, воды относятся к гидрокарбонатно-хлоридным натриевым [4, 7]. Минерализация вод изменяется от 0,47 г/л до 5,27 г/л в естественных выходах. Максимальное значение (8 г/л) определено для воды, выведенной на поверхность скважиной [4]. Значения pH варьируют от слабокислых до нейтральных (от 5,5 до 7,3), температуры – 9,6 - 60,1° С [4].

Исследуемые травертины представлены в виде крупных жил, обнажающихся в крутых обрывах ручья, перекрытыми лавовыми потоками. Также они осаждаются из термальной воды в настоящее время, образуют отложения вокруг источников.

В ходе поисковых работ в 1979-1984 гг. в исследуемом районе пробурено пять скважин, две из которых вывели с глубины от 127 до 652 м на поверхность термальные воды с температурой 55-70°C [3]. В настоящее время работает только одна скважина, температура на устье составляет 65°C [4]. В результате самоизлива скважины сформировались отложения травертинов в виде натечного «плаща».

Травертины состоят из карбоната кальция, имеют примесь SiO₂ (до 24,30 вес.%), Al₂O₃ (до 1,80 вес.%), окислов железа (до 2,91 вес. %) и Na₂O (до 2,27 вес. %). Содержание MgO варьирует, в пределах 0,09-8,08 вес.%. Количество CaCO₃ изменяется в пределах от 74,70 до 76,90 вес. % (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав травертинов (в мас. %).

Место отбора	РТ-1* (у источника)	РТ-2* (около скважины)	РТ-3* (жила в лавах)	РТ-4 (около скважины)
SiO ₂	17,80	16,80	17,40	24,30
TiO ₂	0,02	0,01	0,02	0,05
Al ₂ O ₃	1,63	1,47	1,80	1,50
Fe ₂ O ₃	0,92	1,35	1,44	0,50
FeO	0,15	0,15	1,47	0,18
MnO	0,06	0,03	0,10	0,02
CaO	31,80	33,0	31,00	20,90
MgO	0,44	0,09	0,46	8,08
Na ₂ O	2,07	2,27	1,87	0,21
K ₂ O	0,09	0,06	0,11	0,02
P ₂ O ₅	0,04	0,04	0,06	0,08
CO ₂	43,70	43,90	43,70	43,90
S	1,02	0,62	0,42	0,26
Сумма	99,74	99,79	99,85	99,74

Примечание * - данные взяты из [4].

В травертинах, отобранных около скважины, отмечены повышенные содержания Sr (12015 г/т) и As (94 г/т).

Образцы травертинов проанализированы методом порошковой рентгенофазовой спектроскопии. Полученные дифрактограммы имеют набор положения пиков, совпадающий со штрих-рентгенограммами эталонов базы данных PDF. Образцы представлены двумя фазами карбоната кальция. Первая минеральная фаза (основная) отнесена к структурному типу кальцита, а вторая фаза – к арагониту. В количественном соотношении кальцит преобладает во всех образцах.

В результате исследований травертинов, отобранных около скважины, на сканирующем микроскопе (VEGA TES SCAN) обнаружены единичные минеральные включения, представленные железистыми минералами, иногда с примесью As; выявлены мелкие бариты размером 2-5 мкм (рисунок а, табл. 2). Другие элементы, обнаруженные в качестве примесей в карбонате кальция, не образуют отдельных минералов – это SiO₂, MgO, Al₂O₃, Na₂O, Sr (табл. 2).

Выводы

Травертины сформировались при t=60-65°C и нейтральном pH (7,29) в гидрокарбонатно-хлоридных натриевых водах. Минеральный состав Пушинских травертинов – кальцит и арагонит с единичными включениями баритов и железистых

минералов. Примеси SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , FeO и Na_2O в травертинах, вероятно, привнесены из горных пород, представленных дациандезитами и дацитами [6].

В травертинах отмечается повышенное содержание стронция (12015 г/т), в термальных водах количество Sr – 6,09 мг/л [4]. В результате исследований на сканирующем микроскопе, стронций (SrO) присутствует в кальците и арагоните, варьирует в пределах 0,46-2,69 вес.%. По-видимому, Sr выщелачивается из коренных горных пород (дациандезит, дацит), мигрирует с термальными водами и отлагается в осадке [8]. Повышенное содержание Sr в термальных водах связано с тем, что наблюдается большое количество Ca (158 мг/л) [4]. Небольшая разница в размерах ионных радиусов Sr и Ca обуславливает возможность замещения кальция стронцием, с образованием твёрдых растворов их карбонатов [8].

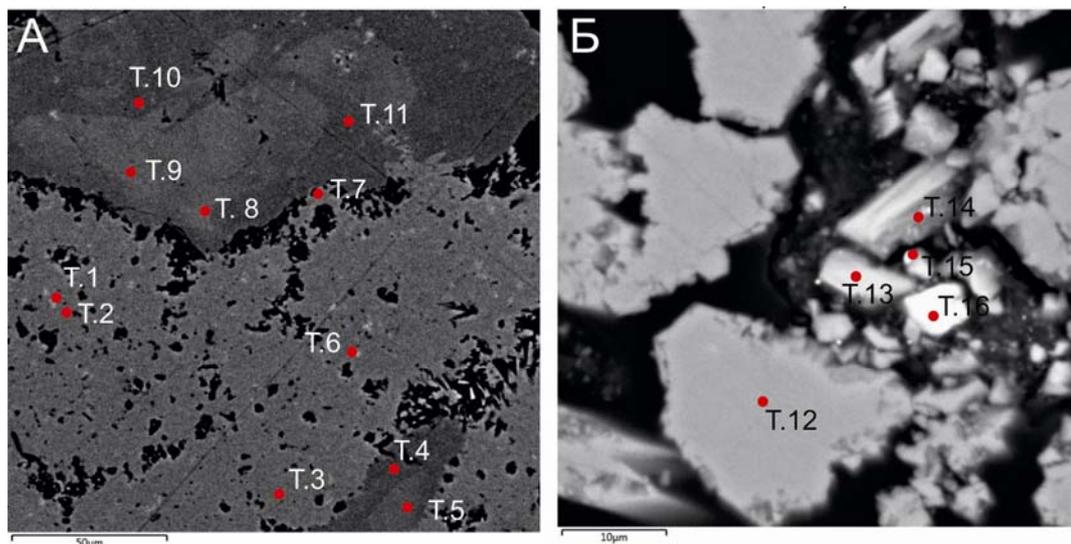


Рисунок. Пушинские травертины (около скважины) представлены арагонитом-кальцитом с минеральными включениями. А – железистый минерал с примесью As (т.6); Б – бариты (т.14, 15), железистый минерал (т.16). Остальные спектры представлены кальцитом и арагонитом с различными примесями.

Таблица 2. Химический состав Пушинских травертинов (около скважины) (в мас. %).

№	Na_2O	MgO	SiO_2	SO_2	CaO	FeO^*	As_2O_5	SrO	BaO
1	0,85	0,39	3,28	-	39,92	8,42	-	2,21	-
2	0,59	-	0,52	0,38	46,20	1,43	-	2,61	-
3	0,52	-	0,37	0,32	47,18	0,82	-	2,69	-
4	-	1,05	-	0,60	49,17	-	-	0,75	-
5	-	0,51	-	1,28	50,37	-	-	1,00	-
6	0,65	0,54	6,06	-	32,89	15,25	0,63	2,03	-
7	0,55	-	-	-	47,80	-	-	3,05	-
8	-	0,51	-	1,56	51,60	-	-	1,16	-
9	-	0,45	-	1,48	50,57	-	-	1,01	-
10	0,40	0,80	-	0,87	48,39	0,47	-	0,76	-
11	0,28	0,83	-	0,92	49,63	-	-	0,84	-
12	0,52	-	-	-	49,59	-	-	2,15	-
13	0,74	-	-	-	35,76	-	-	1,89	-
14	-	-	0,40	9,68	23,20	-	-	1,30	17,90
15	-	-	-	4,41	27,98	-	-	1,19	9,07
16	-	-	1,21	1,83	2,52	47,27	-	-	-

* FeO – общее количество железа ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$)

В осадках отмечается повышенное содержание мышьяка (94 г/т), в термальных водах – 0,1 мг/л [4]. По результатам исследований на сканирующем микроскопе, As присутствует в железистых минералах. Исследования других авторов показали, что оксиды железа обладают высокой адсорбционной способностью для As, как в форме арсената, так и арсенита [10].

Вслед за авторами [4, 6] мы предполагаем, что Пушинские источники связаны с вулканическим массивом г. Оленья. Помимо геологической позиции, исследований химического и изотопного состава термальных вод [4, 6], на это указывают минералогические особенности (содержания макро- и микрокомпонентов) осадков, которые представлены в виде травертинов.

За предоставленный материал и полезное обсуждение полученных результатов авторы благодарят к.г.-м.н. Калачеву Е.Г., Чубарова В.М., Философову Т.М., Карташеву Е.В., Волошину Е.В.

Список литературы

1. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 268 с.
2. *Ворожейкина Л.А.* Отчет по работе по теме «Прогнозная оценка геотермальных ресурсов Камчатской области» по работам 1977-1980 гг. в 7-ми томах. Пос. Термальный: ТФГИ по Дальневосточному федеральному округу, 1980.
3. *Гидрогеология СССР.* Камчатка, Курильские и Командорские острова, Т. 29. М.: Недра, 1972. 364 с.
4. *Калачева Е.Г., Пташинский Л.А.* Геохимия и формирование вод Пушинских углекислых термальных источников // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XIX региональной научной конференции. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2016. С. 339-347.
5. *Комаров В.Л.* Путешествие по Камчатке в 1908-1909 гг. Камчатская экспедиция Рябушинского Ф.П. Петропавловск-Камчатский: Новая книга, 2008. 428 с.
6. *Леонов В.Л.* Вулкано-тектоническая структура горы Оленьей (Центрально-Камчатская депрессия) и геолого-структурная позиция расположенных вблизи термальных источников. Труды III Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2006. С. 467-473.
7. *Набоко С.И.* Вулканические эксгаляции и продукты их реакций. М.: АН СССР, 1959. 304 с.
8. *Пампура В.Д., Сандимирова Г.П.* Геохимия и изотопный состав стронция в гидротермальных системах. Новосибирск: Наука, 1991. 121 с.
9. *Пийп Б.И.* Термальные ключи Камчатки. М.: АН СССР, 1937. 265 с.
10. *Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И.* Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция/десорбция, миграция. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2011. 249 с.