

Особенности миграции и накопления стронция в гидротермальных метасоматитах Курильских островов (Кунашир, Кетой, Ушишир, Шиашкотан)

К.В. Тарасов, О.М. Топчиева

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
e-mail: belfast@kscnet.ru*

Исследованы гидротермальные источники островов Кунашир, Кетой, Ушишир и Шиашкотан (Курильская гряда), определены их физико-химические параметры. Рассмотрены особенности миграции и осаждения стронция в гидротермах.

Введение

Исследованные образцы осадков и воды термальных источников островов Кунашир, Ушишир, Шиашкотан и Кетой показали высокие содержания стронция, чем вызвали живой интерес. Стронций широко применяется в металлургической промышленности, медицине и других областях. Целью данной работы является изучение поведения стронция в береговых гидротермальных источниках некоторых Курильских островов.

На сегодняшний день, данных по минералогии и геохимии осадков термальных вод на островах Курильской гряды немного. Нам известны результаты исследований, проведенных Лебедевым и Набоко на о. Кунашир [5,6]. Опубликованные данные по остальным островам гряды (Кетой, Ушишир, Шиашкотан) отсутствуют.

Геологическое строение районов проявления источников

Кунашир – крайний юго-западный остров Большой Курильской гряды. Он отделен от Итурупа проливом Екатерины в 22 км шириной. На острове имеется четыре хорошо выраженных вулкана: Тятя, Руруй, Менделеева и Головнина. Все они – действующие [3].

Изученные нами гидротермальные источники (Столбовские) располагаются на западном побережье острова, в 2 км к югу от мыса Столбчатый. Коренные породы представлены ловцовской свитой нижнего миоцена (N_1IV). Свита сложена туфами кислого и среднего состава, слоистыми туфоалевролитами, туфопесчаниками и дацитами [4].

Образец кальцита, взятый на Столбовских источниках (о. Кунашир), представляет собой белый материал, отложившийся на необводнённых участках русла термального источника.

В группу Ушишир входят два острова – Рыпонкича и Янкича. Остров Янкича – остаток прикратерной части соммы – образует крутой кольцевой хребет, окружающий кальдеру до 1,6 км в диаметре. Внутри кальдеры поднимаются 4 монолитные скалы. Скалы являются остатками старых экструзивных куполов. Все четыре купола сложены пироксен-роговообманковыми андезитами [3].

Изученные гидротермальные источники располагаются на Тихоокеанском побережье острова Янкича, коренные породы представлены андезитами современного возраста (αQ_{IV}).

Образец 11/16 был отобран на обводнённом участке термального поля с многочисленными выходами газа, с глубины около 15 см. В том же месте, на сухом участке был взят образец гипса.

Вулкан Кетой и одноименный остров имеют в плане форму круга диаметром в 9 км. Большую часть острова занимает сомма древнего вулкана Кетой с кальдерой

диаметром 5,5 км. Самое молодое образование этого вулкана – ныне активный Пик Палласа [2].

Породы вулкана Кетой варьируют от оливиновых базальтов до кислых (андезитовых) игнимбритов и пемз. В постройке древней кальдеры и старом центральном конусе доминируют базальты и андезито-базальты. Состав современных лав Пика Палласа – обычный двупироксеновый андезит [3].

Исследуемое гидротермальное поле на острове Кетой приурочено к древней постройке одноименного вулкана, породы представлены андезибазальтами и андезитами верхнечетвертичного возраста ($\alpha\beta Q_{III}$) [4].

Арагонит, образец которого был отобран в нижнем течении ручья Горчичного на острове Кетой, аккумуляровался в виде жёлто-белого аморфного осадка на изливе термального источника.

Образец 7/16 взят из холодного пруда с мощным лимонитовым плащом, расположенного в области среднего течения ручья Горчичного, с глубины 30 см ниже уровня дна.

Из устья термального источника был отобран образец каолинита, слагающего правый борт ручья и представляющего собой серый глинистый материал.

Шиашкотан – один из островов Онекотанского блока Большой Курильской гряды. Основными морфологическими структурами острова являются два многоцентровых вулканических массива среднего плейстоцена-голоцена – Синарка и Кунтоминтар [8].

Исследуемые гидротермальные поля острова Шиашкотан расположены на Охотоморском побережье (источники Дробные). Коренные породы представлены округловской свитой неогенового возраста ($N_{1-2} ok$), сложенной агломератовыми туфами базальтов, андезибазальтов и андезитов, гаиалокластитам андезибазальтов, туфопесчаниками, туффитами, редко базальтами и андезитовыми туфами [4].

Лимонит, образец которого был отобран на источниках Дробных, аккумуляровался в виде тонкой корки на коренной породе в русле термального источника.

Обсуждение результатов

Места отбора, физико-химические параметры и содержания стронция в изученных образцах приведены в таблице.

Таблица. Физико-химические параметры и минеральный состав изученных образцов осадков и вод

№ пробы	Остров	Место отбора	t°	pH	Sr в воде (мкг/л)	Sr в осадке (г/т)	Минерал
K1-15	Кунашир	Столбовские	-	6,00	1067	787	Кальцит
2/16	Кетой	Руч. Горчичный	81,0	7,39	-	7438	Арагонит
7/16			32,1	5,32	241	5341	Лимонит
9/16			99,4	7,68	1136	735	Смектит
11/16	Ушишир	Янкича	85,4	4,07	9821	1296	Натроалунит
12/16			40,2	-		7597	Гипс
17/16	Шиашкотан	Дробные	55,7	6,33	2659	636	Лимонит

Анализы выполнены: K1-15: ГИН РАН (Москва) (вода), АЦ ИВиС ДВО РАН (Е.В. Карташева, Н.Ю. Курносова, В.М. Рагулина) (осадок); 2/16 – 17/16: ГИН РАН (Москва) (вода), МГУ, кафедра геохимии (Москва) (осадок). Минеральный состав изучался методом дифрактометрии и инфракрасной спектроскопии (аналитик М.А. Назарова).

Исследованные термальные источники приурочены к преимущественно кислым и средним вулканическим породам. Также нужно отметить тот факт, что три группы источников располагаются на побережье островов (Столбовские, Янкича, Дробные), где стронций может привноситься с морской водой.

Исследования осадков термальных источников выявили очень высокие содержания стронция. На Кунашире, среди отобранных образцов, самые высокие содержания Sr обнаружены в кальците Столбовских источников. В образцах изменённых пород ручья Горчичный (Кетой) наиболее высокие содержания обнаружены в арагоните, лимоните и смектите. На острове Янкича стронций накапливается натроалунитом и гипсом. На о. Шиащкотан самые высокие содержания стронция обнаружены в лимоните, образующемся на Дробных источниках.

Вероятно, стронций замещает кальций в структуре гипса. Для кальция в гипсе характерна восьмеричная координация (координационный полиэдр – квадратная антипризма), а его ионный радиус в этой координации 1,12 анг, а у стронция при том же координационном числе ионный радиус равен 1,26 анг [1]. Небольшая разница в размерах ионов обуславливает возможность замещения кальция стронцием. Кроме того, оба элемента являются аналогами по подгруппе, следовательно, их химические свойства близки. Это означает, что температура источников и pH не будут оказывать сильного влияния на процесс замещения.

Близкие ионные радиусы и химические свойства кальция и стронция позволяют образовывать твёрдые растворы их карбонатов (кальцит и арагонит со стронцианитом).

В образцах, состоящих из лимонита (аморфный гидратированный Fe_2O_3) Sr, вероятно, осаждается в виде карбоната. О наличии карбонатов в лимоните свидетельствует полоса $\sim 1400\text{ см}^{-1}$, соответствующая колебаниям CO_3^{2-} [9].

В глинистых минералах стронций аккумулируется в межплоскостном пространстве филлосиликатов (смектит), в алуните занимает позиции Na и K в кристаллической решётке.

Выводы

Результаты проведенных исследований можно свести к следующему - выделено несколько способов накопления стронция в различных минеральных ассоциациях:

- изоморфное замещение – атомы стронция замещают в кристаллической решетке минерала атомы кальция (гипс, кальцит, арагонит), натрия и калия (алунит);
- аккумуляция в межплоскостном пространстве глинистых минералов;
- осаждение в форме карбонатов из термальных вод, в богатой железом обстановке.

Источники поступления стронция могут быть различными: из окружающих вулканических пород (андезит – дацитовые породы содержат повышенное содержание Sr [7]); из морской воды – источники на острове Янкича, Столбовские и Дробные располагаются в прибрежной зоне; также возможно глубинное поступление стронция. Наиболее вероятна комбинация источников поступления – из вмещающих пород и морской воды.

Вопрос об источнике стронция остается открытым и требует дополнительных исследований.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Института Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН Калачевой Е.Г, Тарану Ю.А., Волошиной Е.В., Сергеевой А.В., Сашенковой А.Ф. и Назаровой М.А. за помощь в проведении исследований.

Исследования были проведены по программе гранта РФФИ №15-17-20011.

Список литературы

1. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. Минск: Современная школа, 2005. 608 с.
2. Геология СССР. Геологическое описание. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Под редакцией Сидоренко А.В. М.: Недра, 1964. Том 31. 743 с.
3. Горшков Г.С. Вулканизм Курильских островной дуги. М.: Наука, 1967. 183 с.
4. Евсеев В.Ф., Шейко В.Т., Ковтунович П.Ю. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Курильская. Листы М-56- XII, XVII, XXIV; М-57-VII, XIII (о. Парамушир), М-56-XXIII, XXIX (о. Онекотан), М-56-XXVIII, XXIX, XXXIV, XXXVI (о. Шиащкотан), М-56-XXXIII, XXXIV; L-56-III, IV (о. Матуа), L-56-II, III, VII, VIII, IX (о. Симушир). Объяснительная записка. Спб.: ВСЕГЕИ, 2001. 123 с.
5. Лебедев Л.М., Зотов А.В., Никитина И.Б. и др. Современные процессы минералообразования на вулкане Менделеева (о-в Кунашир). М.: Наука, 1980. 176 с.
6. Набоко С.И. Вулканические эксгалляции и продукты их реакций. М.: АН СССР, 1959. 304 с.
7. Пампура В.Д., Сандимирова Г.П. Геохимия и изотопный состав стронция в гидротермальных системах. Новосибирск: Наука, 1991. 121 с.
8. Стратула Д. С. Вулканы острова Шиащкотан и проблемы вулканических рядов. Петропавловск-Камчатский: СО АН СССР, 1968. 308 с.
9. Alia J.M., Diaz de Mera Y., Edwards H.G.M., et al. T-Raman and infrared spectroscopic study of aragonite-strontianite ($\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{CO}_3$) solid solution // Spectrochimica Acta Part A Molecular and Biomolecular Spectroscopy, November 1997 53. 13. P. 2347-2362