

Оценка микроэлементного состава фумарольной серы вулкана Баранского (Итуруп, Россия)

Сергеева А.В., Хубаева О.Р., Назарова М.А., Кузьмина А.А., Карташева Е.В.

Microelement composition of fumarole sulfur of Baransky volcano (Iturup, Russia)

Sergeeva A.V., Khubaeva O.R., Nazarova M.A., Kuzmina A.A., Kartasheva E.V.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: anastavalers@gmail.com

Вулканы Баранского и Чирип, расположенные на острове Итуруп (Россия), являются активными, в настоящее время в их пределах отмечается фумарольная/сульфатарная деятельность. В составе серы из фумарольных построек вулканов отмечаются повышенные количества рутения, серебра, галлия и др.

Введение

Фумарольная минерализация активных вулканов отражает геохимическую специфику построек, так как в пределах фумарол происходит перенос и концентрирование широкого спектра микроэлементов. Особенный интерес представляют фумарольные проявления вулканов Курильских островов. Например, хорошо известен уникальный случай формирования рениевой минерализации на вулкане Кудрявый (о. Итуруп). Активные вулканы Камчатки посредством фумарольной деятельности приносят в окружающую среду ряд элементов, и на границе фумарол возникают условия для концентрирования микроэлементов, что может приводить к формированию редких и необычных минералов. Например, широкий спектр элементов отмечен на вулканах Авачинский, Мутновский, Шивелуч, Ключевской. Интересны исследования вулканов Курильской гряды, но из-за труднодоступности они исследованы меньше. Среди относительно известных вулканов Курильской гряды можно отметить Эбеко на о. Парамушир, Кудрявый (о. Итуруп), Менделеева (о. Кунашир), Иван Грозный (о. Итуруп), Баранского (о. Итуруп).

Фумарольные выходы, представляя собой границу двух сред, выступают в качестве геохимического барьера. Ряд элементов в подвижных формах в относительно стационарном потоке нагретых флюидов в фумароле при выходе на дневную поверхность выделяются в виде отдельных минералов или твердых растворов. Поэтому микроэлементный состав фумарольных построек можно рассматривать в качестве индикатора, указывающего на геохимические особенности вулкана. В данной работе исследуется вулканизм о. Итуруп, на небольшой площади которого сосредоточены 20 вулканов, часть из которых сохраняют активность, к ним прилегают современные геотермальные системы, подогреваемые остывающими магматическими телами. На одной из геотермальных систем, расположенных на склонах вулкана Баранского, была построена геотермальная станция Океанская мощностью до 3.6 МВт.

Вулкан Баранского активен, определяющее значение для условий циркуляции и современной разгрузки термальных вод и парогазовых струй имеет региональное разрывное нарушение ССВ простирания, вдоль которого расположены гидротермы руч. Кипящий, верхнее фумарольное поле, где были отобраны образцы серы, а также прикратерный участок вулкана Баранского. Вдоль зоны влияния разрывного нарушения ССВ направления расположено множество рвущих магматических тел (дайки и силлы базальтового и андезибазальтового состава), которые образуют группы до 4-5 тел в каждой. Это говорит о том, что в корневой зоне тела сливаются в одно более крупное магматическое тело, которое может остывать очень долгое время, а их расположение в пределах вулcano-контролирующего тектонического нарушения указывает на то, что инъекции свежего магматического материала могут повторяться.

Верхнее фумарольное поле расположено в пределах вулcano-контролирующего тектонического нарушения, в боковом кратере влк. Баранского, представляет собой прогретую площадку с низкотемпературными фумарольными выходами (90-100 °С).

Циркуляция парогидротерм происходит не в пористом коллекторе, а в трещинных зонах тектонического дробления (Отчет Пчелкин, 1993, стр. 228).

Также на острове, вблизи населенных пунктов, расположены слившиеся вулканические постройки Богдана Хмельницкого и Чирип, они образуют хребет Двугорбый и располагаются на пересечении двух разрывных нарушений СВ и СЗ простираний [2], которые являются главными структурообразующими направлениями разрывных нарушений на о. Итуруп. На сегодняшний день вулканы Чирип и Богдана Хмельницкого проявляют активность в виде фреатических взрывов (1990 г.) и фумарольной деятельности. Сольфатарные поля располагаются на перемычке между вулканами Чирип и Богдана Хмельницкого (р-н сопки Горячая и Дымная, рисунок).



Рисунок. Фумаролы вулкана Баранского, остров Итуруп [1].

Материалы и методы

Образцы серы были отобраны во время полевых работ 2023 г. с устьев фумарол влк. Баранского. Элементный состав был измерен полуколичественным методом на рентгенофлуоресцентном спектрометре Pioneer 4 (Германия). Полуколичественная оценка с помощью спектров флуоресценции применяется в тех случаях, когда необходимо оценить наличие и порядок содержания широкого спектра элементов в образце.

Результаты и обсуждение

В таблице показаны порядки содержания некоторых элементов, присутствие которых оказалось нетривиальным. Галлий, на уровне 50-60 ppm, у этого элемента довольно летучий хлорид, также он склонен к гидролизу и в целом, по химическим свойствам несколько подобен алюминию. Его сульфаты, хлориды хорошо растворимы в воде, в кислой среде выпадения осадков из-за гидролиза не происходит, поэтому галлий мог переноситься как с потоком фумарольных газов в виде хлорида, так и с водными растворами. У серебра прочные координационные соединения с хлорид-ионом, растворимость малорастворимых соединений серебра возрастает в концентрированных хлоридных растворах. Поэтому наиболее вероятно, что серебро в пределах фумаролы транспортируется в виде хлоридных комплексов. У рутения прочны и трихлорид, и карбонилы, оба соединения довольно летучи, и в этой форме рутений может транспортироваться в газовой фазе. Обнаружение тербия может свидетельствовать о переносе лантаноидов, для которых и хлориды, и сульфаты в кислых растворах хорошо растворимы, могут транспортироваться к геохимическому барьеру, которым является фумарольный выход. Ранее на вулканах Курильских островов отмечались рудопроявления, где зафиксировано присутствие Cd, Ge, In, Ga, Bi, Au, Ag, Pt, Ru [3].

Таблица. Предварительная оценка качественного микроэлементного состава серы на выходе фумарол вулкана Баранского и Чирип, ppm

Образец	Ga	Ag	Tb	Ru
БАРА-3-w23 (влк. Баранского)	50	54	117	–
БАРА-2-w23 (влк. Баранского)	57	85	127	–
F-1_w23 (влк. Чирип)	62	–	97	59
BAS-1-23 (влк. Баранского)	62	–	94	59

Заключение

В пределах фумарольных полей активных вулканов о. Итуруп происходит вынос ряда элементов, среди которых предварительно отмечены галлий, серебро, рутений, лантаноиды. Кромки фумарол, находящиеся на границе двух сред, способствуют концентрированию ценных микроэлементов, так как при выходе на дневную поверхность соединения, устойчивые в условиях фумарол, становятся нестабильными, потоки фумарольных газов пересыщаются относительно выделения ряда фаз, и микрокомпоненты фумарольных газов иммобилизуются. Подходящим индикаторным объектом, указывающим на геохимические особенности вулканов, являются фумарольные выходы, серные постройки и др. Также большую роль в переносе элементов и формировании рудопроявлений играет состав фумарольных газов, определяемый совокупностью факторов.

Работа выполнена в рамках НИР ИВиС ДВО РАН «Вулканизм и геодинамика Курило-Камчатской зоны субдукции. Комплексный анализ геолого-геофизических данных о глубинном строении вулканических и гидротермальных систем, взаимосвязи вулканического процесса с региональной сейсмотектоникой, окружающей средой и климатом. Геоэкологические аспекты взаимодействия регионального вулканизма и криосферы Камчатки», FWME-2024-0009, 124031400007-6.

Список литературы

1. *Жарков Р.В.* Термальные источники Южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2014. 378 с.
2. *Хубаева О.Р., Дегтерев А.В., Козлов Д.Н. и др.* Морфология и особенности формирования термального озера Утиная Баня (о. Итуруп, Южные Курильские Острова) // Геология и геофизика. 2023. Т. 64. № 9. С. 1258-1269.
3. *Шигин В.В.* Еще раз о Курилах // Морской сборник. 2017. № 10. С. 94-95.