

Минералы скважин кальдеры Узон

А.В. Сергеева, Е.С. Житова, А.В. Кутырев, М.А. Назарова

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: anastavalrers@gmail.com

В работе исследован фазовый состав ассоциации, сформировавшейся на устье скважины в кальдере Узон. Обнаружены галит (NaCl), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), леконтит ($(\text{NH}_4)\text{NaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и редкий минерал эугстерит $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Введение

В пределах кальдеры Узон (Камчатка, Россия) локализованы многочисленные проявления гидротермальной деятельности: термальные источники, парогазовые струи, грязевые котлы, пульсирующие источники и гейзеры. В кальдере имеется несколько буровых скважин, на одной из которых идет активное выделение парогазовой фазы, сопровождающееся образованием на ее поверхности солевых налетов (рис. 1). Цвет солей преимущественно белый, подкрашен ржавчиной самой скважины. Металлические части скважины сильно корродированы. Образцы солевого налета были отобраны для установления их минерального состава.

Минеральный состав скважинных осадков отражает геохимическую специализацию разгружающихся вод, определяется составом разгружающихся растворов и условиями на устье. Состав воды и газов кальдеры Узон приведен в [1], среди солей доминируют хлорид и сульфат натрия, присутствуют сульфаты аммония, магния, кальция. В составе газовой компоненты преобладает CO_2 , так же присутствуют SO_2 , H_2S и углеводороды.



Рис. 1. Скважина в кальдере Узон.

Методика эксперимента

Образцы были исследованы методом рентгеновской дифрактометрии и инфракрасной спектроскопии. Дифрактограммы получены на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 7000, диапазон по 2θ 6-60°, шаг 0.1°, скорость сканирования 1°/мин, излучение $\text{CuK}\alpha 1$. Инфракрасные спектры получены с помощью ИК спектрофотометра с Фурье преобразованием Shimadzu IR Affinity. Образцы растирались в агатовой ступке с KBr и прессовались в таблетки. Фоновый спектр KBr вычитался из всех записанных спектров. Определение качественного химического

состава было выполнено для отдельных минералов с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega 3, обработка проводилась с помощью программного обеспечения AZtec. Исследование проводилось на неполированных зернах с углеродным напылением, выложенных на углеродный скотч.

Результаты

На рис. 2 показаны инфракрасные спектры, записанные с исследуемых солей. На рис. 2 прослеживаются полосы гипса и опала, есть полосы других сульфатов и аммонийных соединений. Сульфатные полосы расположены на 468 (ν_2), 606 (ν_4), 654 (ν_4), 670 (ν_4), 953 (ν_1), 1140 (ν_3) см^{-1} . Силикатные полосы 468, 795, 1100 см^{-1} . Аммонийные полосы 1405 (асимметричная), 3240 (плечо), 3250 (плечо) см^{-1} . Молекулы воды обнаруживаются при 1624, 1683, 3406, 3550 см^{-1} .

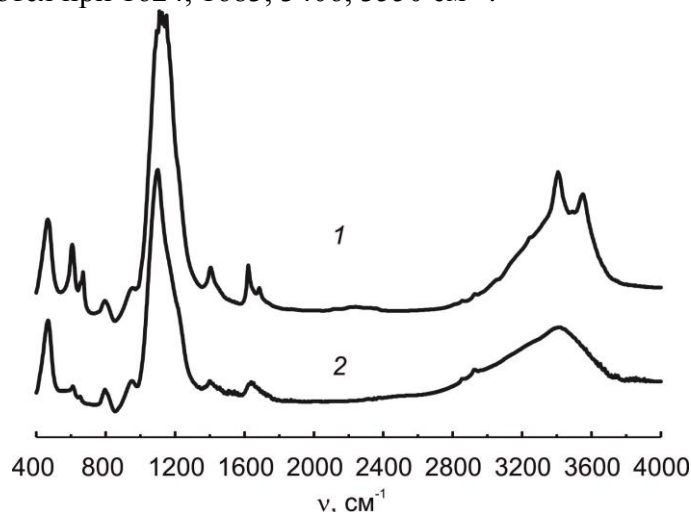


Рис. 2. Спектр пропускания, записанный с солей на устье скважины, 1 – преобладание гипса и других сульфатов, 2 – преобладание опала.

На дифрактограмме присутствуют рефлексы гипса, галита, леконтита и эугстерита (рис. 3).

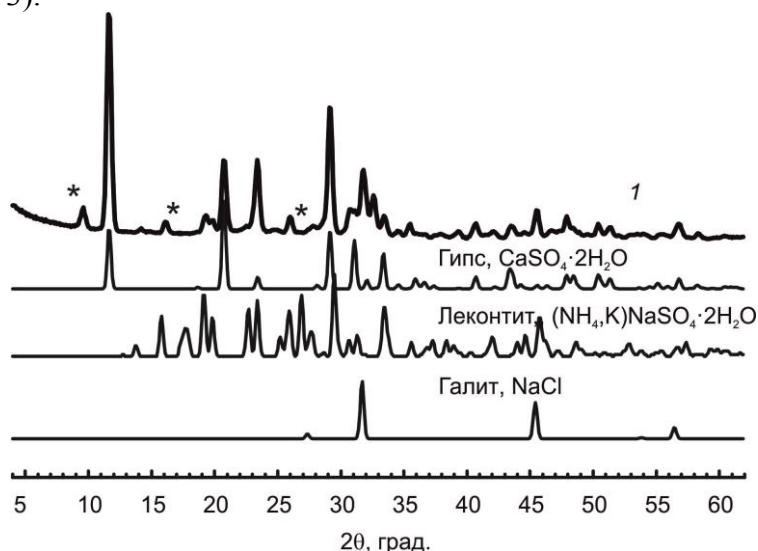


Рис. 3. Экспериментальная дифрактограмма (1) ассоциации, для сравнения показаны расчетные дифрактограммы гипса, леконтита, галита, * – рефлексы эугстерита.

Изображение участка, богатого эугстеритом ($\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), показано на рис. 4, этот минерал кристаллизуется в виде тонких длинных игл, собранных в щеточки. Состав, полученный с неполированных образцов, отвечает $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, соотношение мольных долей $[\text{Na}]:[\text{Ca}]:[\text{S}]$ близко к 4:1:3.

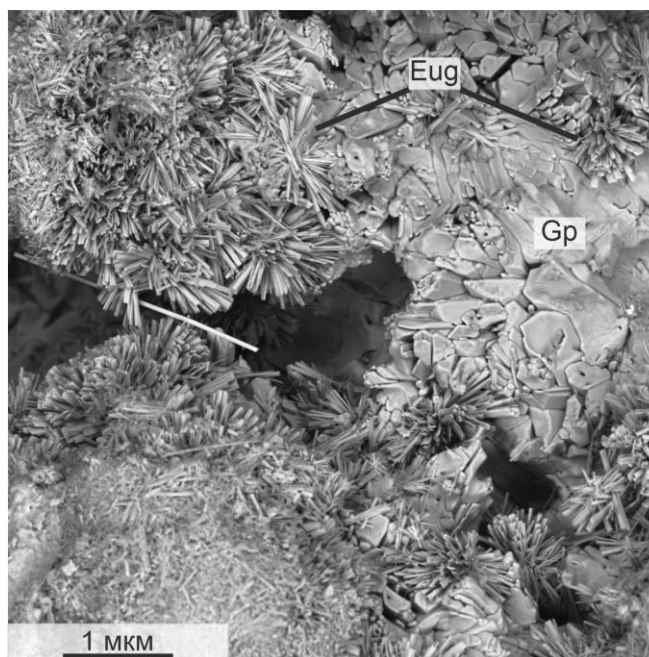


Рис. 4. Эугстеритовые щётки (Eug) на гипсовой подложке (Gr), изображение в обратно-рассеянных электронах.

Результаты

При разгрузке и испарении разгружающегося раствора на устье скважины сформировалась ассоциация сульфатов кальция, натрия, аммония, хлорида натрия с возможной примесью хлорида аммония. По данным о растворимости в системе $\text{CaSO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ [2], минералы ассоциации (гипс, эугстерит) кристаллизуются из растворов с высоким содержанием натрия (порядка 100 г/л), кальция (порядка 0.5 г/л) и сульфат-иона, необходимого для кристаллизации. Высокие концентрации натрия, кальция, сульфат-иона достигаются в ходе высыхания разгружающегося раствора на металлических частях скважины. При образовании кристаллов гипса и эугстерита содержание кальция и натрия регулируется растворимостью гипса и эугстерита. Помимо кальция, натрия, сульфата, в растворе содержатся высокие концентрации хлорид-иона и катиона аммония.

Выводы

Разгрузка скважины в кальдере Узон привела к зарастанию металлических частей скважины ассоциацией, состоящей из гипса, эугстерита, галита, солей аммония. Минеральная ассоциация сформировалась из раствора с высокими содержаниями натрия, кальция, хлора, аммония, сульфат-иона. Возможно, первоначально на устье осаждался гипс, который в результате воздействия концентрированных растворов сульфата натрия трансформировался в эугстерит.

Полевые работы были проведены при поддержке гранта РФФИ 18-05-00052. Аналитические работы были проведены при поддержке гранта РФФИ 20-35-70008, было задействовано оборудование Аналитического Центра ИВиС ДВО РАН.

Список литературы

1. Карпов Г.А., Николаева А.Г., Акимов В.Н., Гальченко В.Ф. Эволюция режима и физико-химических характеристик растворов новообразованного гейзера в кальдере Узон (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2012. № 3. С. 3-13.
2. Коган В.Б., Огородников С.К., Кафаров В.В. Справочник по растворимости. Т. 3. Тройные и многокомпонентные системы, образованные неорганическими веществами. Л.: Наука, 1970. 1220 с.