

**РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ БАРИТА
ИЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ СЕМЕНОВ-1
(13°30.87' с.ш., СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКИЙ ХРЕБЕТ)**

М. А. Крылова^{1,2}, И. Ю. Мелекесцева²

¹ – Южно-Уральский Государственный Университет, г. Миасс, *maryakrylova@mail.ru*

² – Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, *melekestseva@ilmeny.ac.ru*

Введение. Исследование минералов с помощью метода Рамановской спектроскопии широко применяется для определения особенностей их химического состава, физических свойств и строения [Орлов и др., 2007]. Этот метод является актуальным в случае недостаточного количества вещества для его исследования методами, требующими больших навесок, чистоты пробы и пр. В настоящей работе представлены результаты изучения методом КР-спектроскопии барита из руд современного гидротермального сульфидного поля Семенов-1 (13°30.87' с.ш., Срединно-Атлантический хребет), целью которых стало качественное определение газов, законсервированных во флюидных включениях.

Гидротермальное поле Семенов-1 входит в состав крупного сульфидного узла Семенов, который был открыт в 30-м рейсе НИС «Профессор Логачев» (2007 г.) [Beltenev et al., 2007]. Поле расположено у подножия подводной горы на глубинах 2570–2620 м и представляет собой сульфидный холм с продуктами разрушения [Иванов и др., 2008]. Образцы руд для исследований были отобраны И. Ю. Мелекесцевой на борту судна в 2007 г. и представлены пористыми, тонкозернистыми и сажистыми марказит-пиритовыми рудами с баритом и опалом (станция 30Л186).

Объект исследований. Барит является главным нерудным минералом (до 20 об. %) и представлен таблитчатыми четырех- и шестигранными кристаллами до 0.5 см с прямоугольными, реже квадратными сечениями (рис. 1а). На спилах образцов хорошо видны полости удлиненной морфологии, инкрустированные баритовыми кристаллами, что свидетельствует об их росте в открытом пространстве. Сростки барита в виде радиально-лучистых агрегатов образуют гнезда и прожилковидные агрегаты. Почковидные марказит-пиритовые агрегаты размером до 3 мм нарастают на кристаллы барита, проникают в межкристаллическое пространство сростков и характеризуются ксеноморфными границами по отношению к нему, подтверждая его кристаллизацию раньше сульфидов.

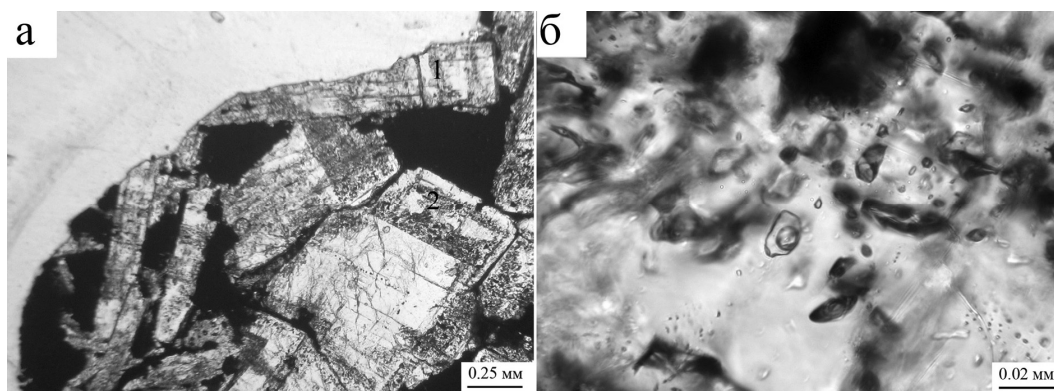


Рис. 1. Барит (белое) гидротермального поля Семенов-1: а) кристаллы продольного (1) и поперечного (2) сечения в сульфидной руде (черное), б) флюидное включение (в центре) с газовым пузырьком в барите. Прозрачно-полированный шлиф, проходящий свет, обр. 186-2-6.

Были исследованы первичные двухфазовые (жидкость + газовый пузырек) флюидные включения в барите, которые располагаются либо по зонам роста, либо закономерно и не приурочены к трещинам (рис. 1б). Размеры включений – 7–25 мкм, газовых пузырьков – до 10 мкм.

Методика исследований. Для регистрации спектров комбинационного рассеяния использовался спектрометр iNR 320 Labram с микроскопом Olympus BX41. Спектры были получены в результате сложения 20 промежуточных спектров со временем накопления 30 секунд. Проводились процедуры вычитания фона и сглаживания. Рамановские спектры снимались в диапазоне 100–2000 см⁻¹. Поскольку полосы, связанные с присутствием летучих компонентов во включениях находятся в высокочастотной области спектра комбинационного рассеяния (1100–2000 см⁻¹), для удобства их интерпретации снимался спектр включения в диапазоне 100–1200 см⁻¹ и далее – в диапазоне 1100–2000 см⁻¹. Было исследовано 3 флюидных включения (снято 27 спектров) и по 4 продольных и поперечных сечения кристаллов (снято 38 спектров) барита.

Результаты измерений. Рамановские спектры флюидных включений в барите, в целом, подобны (рис. 2). В спектрах наблюдаются 2 узкие полосы 463 и 983 см⁻¹ и слабая линия 623 см⁻¹, связанные с фундаментальными колебаниями кристаллической решетки барита. Интерпретация рамановского спектра, снятого в диапазоне 1100–2000 см⁻¹ (рис. 2б), показала присутствие во флюидных включениях SO₂ (1150 см⁻¹) и CO₂ (1370 и 1388 см⁻¹).

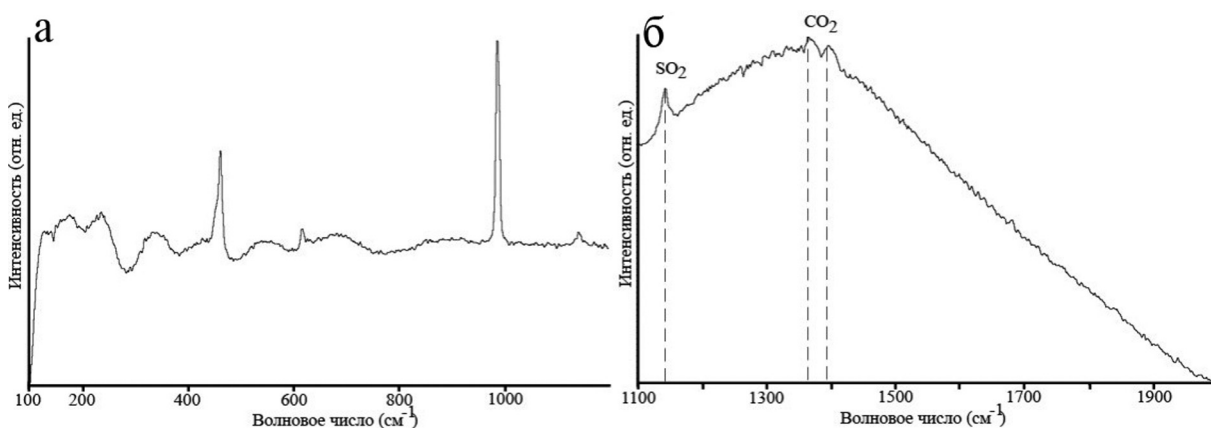


Рис. 2. Рамановские спектры флюидных включений в барите: а) спектр включения в диапазоне 100–1200 см⁻¹; б) спектр того же включения в диапазоне 1100–2000 см⁻¹.

В процессе измерений было установлено, что спектры продольных и поперечных сечений барита отличаются набором полос и их интенсивностями (рис. 3).

Спектры поперечного среза барита характеризуются двумя основными полосами: 453 см⁻¹, обусловленной деформационными колебаниями в тетраэдрах SO₄, и 988 см⁻¹, которая связана с симметричными валентными колебаниями связей S–O в тетраэдрах SO₄ (рис. 3а) [Strunz, Nickel, 2001; Dimova et al., 2006]. Наряду с основными полосами в спектре поперечного среза, наблюдается полоса 1144 см⁻¹, характеризующая антисимметричные валентные колебания связей S–O в тетраэдрах SO₄ [Strunz, Nickel, 2001; Dimova et al., 2006]. В продольных сечениях барита (рис. 3б) помимо основных полос наблюдаются полосы с максимумами 1085, 1106, 1152 и 1176 см⁻¹, которые обусловлены деформационными колебаниями в тетраэдрах SO₄.

Спектры комбинационного рассеяния света, полученные с плоских срезов кристаллов барита, соответствуют спектру барита в порошке, где проявлена суперпозиция всех указанных полос [Орлов и др., 2007].

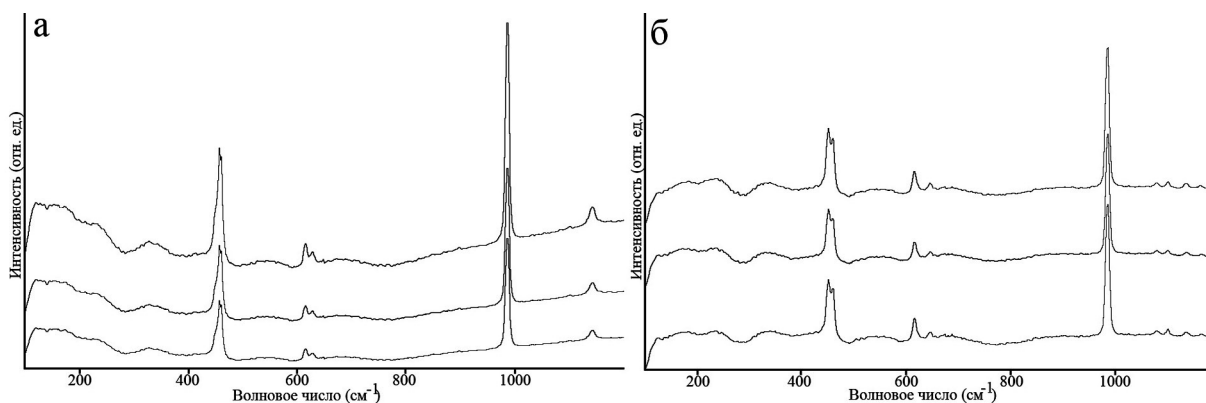


Рис. 3. Рамановские спектры различных срезов барита: а) поперечный срез, б) продольный срез.

Выводы. Таким образом, изучение барита гидротермального поля Семенов-1 методом Рамановской спектроскопии показало, что:

1) кристаллы бариты разного сечения обладают анизотропией по отношению к комбинационному рассеянию света, несмотря на практически полную изотропию минерала в отраженном свете [Чвилева и др., 1988];

2) основные газы во флюиде, из которого отлагался барит, представлены SO_2 и CO_2 . Эти определения дополняют солевую часть флюида ($\text{Na}_2\text{SO}_4\text{--K}_2\text{SO}_4\text{--H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{--NaHCO}_3\text{--H}_2\text{O}$), определенную криометрически по температурам эвтектик флюидных включений [Мелекесцева и др., 2010].

Авторы благодарны В. Е. Еремяшеву и А. А. Осипову за помощь и консультации в ходе исследований.

Работа выполнена при поддержке программ Президиума РАН № 17, гранта Президента РФ для молодых кандидатов наук МК-485.2011.5 и в соответствии с Государственным контрактом на выполнение поисковых научно-исследовательских работ для государственных нужд № П-735 от 20.05.2010.

Литература

Иванов В. Н., Бельтнев В. Е., Степанова Т. В., Лазарева Л. И., Самоваров М. Л. Сульфидные руды нового рудного узла 13°31' с.ш. САХ // Металлогения древних и современных океанов–2008. Рудоносные комплексы и рудные фации. Миасс: ИМин УрО РАН, 2008. С. 19–22.

Мелекесцева И. Ю., Юминов А. М., Нимис П. Сульфидные руды гидротермального поля Семенов-1, 13°30.87' с.ш., Срединно-Атлантический хребет: текстуры, минералогия и условия образования // «Металлогения древних и современных океанов-2010. Рудоносность рифтовых и островодужных структур». Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. С. 56–61.

Орлов Р. Ю., Вигасина М. Ф., Успенская М. Е. Спектры комбинационного рассеяния минералов (справочник). М.: ГЕОС, 2007. 142 с.

Чвилева Т. Н., Безсмертная М. С., Спиридонов Э. М. и др. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете. Л.: Недра, 1988. 503 с.

Beltenev V., Ivanov V., Rozhdestvenskaya I., Cherkashov G. et al. A new hydrothermal field at 13° 30' N on the Mid-Atlantic Ridge // InterRidge News. 2007. Vol. 16. P. 9–10.

Dimova M., Panczer G., Gaft M. Spectroscopic study of barite from the Kremikovtsi deposit (Bulgaria) with implication for its origin // Annales Géologiques de la Péninsule Balkanique. 2006. В 67. P. 101–08.

Strunz H., Nickel E. H. Strunz Mineralogical Tables. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2001. 870 s.