

С. А. ВИШНЕВСКИЙ, Ю. А. ДОЛГОВ, Л. Т. КОВАЛЕВА, Н. А. ПАЛЬЧИК

СТИШОВИТ В ПОРОДАХ ПОПИГАЙСКОЙ СТРУКТУРЫ

(Представлено академиком В. С. Соболевым 24 I 1975)

СТИШОВИТ впервые был синтезирован в статических условиях С. М. Стишовым и С. В. Поповой при давлениях более 160 кбар (по шкале авторов) и температурах 1200–1400°С⁽⁷⁾. По уточненным данным, статическое равновесие коэсит — стишовит выражается формулой $P(\text{кбар}) \approx 73 + 0,0241 T$, где T — температура в °С⁽⁸⁾. Условия стабильного существования стишовита достигаются в зоне верхней мантии на глубинах порядка 350 км и более⁽¹¹⁾. В области высоких давлений стишовит термально неустойчив и при температурах 225° и выше начинает разрушаться; при температурах около 400° и давлениях вплоть до поля существования коэсита он полностью разрушается в течение нескольких дней⁽¹¹⁾. Из этих данных вытекает, что мантийный стишовит при подъеме в верхнюю часть земной коры не сохраняется и в условиях земной поверхности может возникать только при падении космических объектов⁽¹¹⁾ или иных природных процессах, порождающих ударную волну (если таковые существуют). Осуществлен синтез стишовита ударным способом из монокристаллического кварца при давлениях более 150 кбар⁽¹⁰⁾. Природный стишовит найден только в Аризонском кратере⁽⁹⁾ и в кратере Рис⁽¹³⁾; обе структуры детально изучены, и их метеоритное ударно-взрывное происхождение не вызывает сомнений.

В настоящей статье сообщается о третьей находке стишовита — в породах Попигайской структуры. Как известно, существуют представления о ее метеоритном происхождении, в пользу которых собраны доказательства геофизического, геолого-петрографического^(2–4) и минералогического плана, в том числе найден ряд высокобарических минералов, таких как алмаз и лондейлит⁽³⁾, коэсит^(1, 5).

Природный стишовит найден в диаплектическом кварце и диаплектическом кварцевом стекле, где его содержания незначительны и в редких случаях достигают первых весовых процентов, а обычно составляют от десятых до тысячных долей процента и менее⁽¹³⁾. Исходя из этого, все исследованные образцы мы обогащали обработкой в концентрированной HF, в которой стишовит практически нерастворим. Остатки растворения исследовали методами и.-к. спектрометрии и рентгеноструктурного анализа. Рентгеновскую съемку производили на дифрактометре УРС-50ИМ. Инфракрасные спектры поглощения снимали на двухлучевом спектрофотометре UR-20, в области 400–1400 см⁻¹. Образцы готовили в виде таблеток, спрессованных со спектрально чистым KBr.

СТИШОВИТ был обнаружен в образце ударно-метаморфизованного кварца № 1548. Обломок этого кварца найден в правобережье Рассохи, в 400 м ниже устья р. Саха-Юрэгэ. Здесь, в береговом обрыве высотой до 100 м, вскрывается обнажение хаотически перемешанных глыб различных исходных пород региона — архейских гнейсов, протерозойских кварцито песчаников, карбонатных пород кембрия и т. д. Размеры глыб варьируют от первых до нескольких десятков метров. Такие же крупноглыбовые брекчии известны во многих пунктах Попигайской котловины, и среди прочих ал-

логенных образований ударно-метаморфического комплекса пород структуры могут быть выделены как мегабрекчии (2). Глыбы мегабрекчии цементируются более мелкообломочными и пестрыми по составу псефитопсаммито-нелитовыми продуктами сильнейшего катаклаза этих же пород. Другой составляющей цемента является переплавленный (импактный) материал. Соотношение импактного и катаклизитового компонентов в цементе варьирует в широких пределах, вплоть до преобладания одного из них. Однако в целом по обнажению роль переплавленного материала в цементе мегабрекчии невелика.

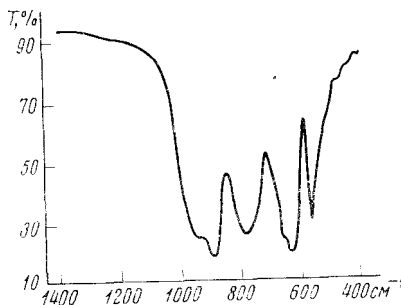


Рис. 1. Инфракрасный спектр поглощения стишовита из остатка растворения обр. № 1548

Обломок стишовитосодержащего кварца был найден в участке обнажения мегабрекчии с существенно катаклизитовым цементом. Рентгенограмма остатка растворения этого кварца приводится в табл. 1 и хорошо сопоставляется с рентгенограммой природного стишовита из Аризонского метеоритного кратера. Кроме стишовита, в остатке растворения содержится некоторое количество графита, отмеченное и в исходном образце, на что указывает рефлекс, отвечающий межплоскостному расстоянию 3,36 Å.

Инфракрасный спектр выделенного стишовита показан на рис. 1. Сравнение производилось со спектром природного стишовита из Аризонского кратера по Лайону (12). В спектре обнаруживаются характерные для стишовита полосы 560; 885 и 945 см⁻¹, имеющие такую же форму и разрешение, как по данным Лайона. В области сильного поглощения 630–780 см⁻¹ в исследованном нами образце наблюдаются 2 хорошо разрешенные широкие интенсивные полосы с максимумами 630 и 780 см⁻¹, в то время как в аризонском стишовите в этой области расположены 4 слабо разрешенные полосы 628; 672; 730 и 769 см⁻¹. Это различие в и.-к. спектрах объясняется, по-видимому, некоторыми особенностями структуры исследованного стишовита, связанными с условиями его образования.

В иммерсии, даже на пределе разрешающей способности микроскопа (порядка 0,5 мкм), стишовитосодержащий остаток растворения представляет собой хлопьевидные массы, не расчлененные на отдельные частицы. Примерно 10% остатка сложено графитом. Визуально наибольшее просветле-

Таблица 1*

Обр. № 1548		Стишовит из Аризонского кратера (9)			Обр. № 1548		Стишовит из Аризонского кратера (9)		
$d_z, \text{Å}$	I	$d_z, \text{Å}$	I	hkl	$d_z, \text{Å}$	I	$d_z, \text{Å}$	I	hkl
3,360	26	—	—	—	1,215	10	1,215	9	112
2,953	100	2,959	100	110	1,184	3	1,185	2	311
2,244	30	2,246	18	101	—	—	1,159	7	320
1,980	55	1,981	35	111	—	—	1,123	1	202
1,870	24	1,870	13	210	1,085	3	1,084	1	212
1,530	65	1,530	50	211	1,061	4	1,062	2	321
1,479	27	1,478	18	220	1,045	9	1,045	2	400
1,333	12	1,333	9	002	1,014	3	1,013	1	410
1,322	9	1,322	4	310	0,990	10	0,990	6	222
—	—	1,291	1	221	0,948	8	0,9475 α_1	4	—
1,232	27	1,235	25	301	—	—	0,9470 α_2	2	411

* Условия съемки: излучение CoK α ; Ni-фильтр. Поправка внесена по S_{мер}.

ние хлопьевидных масс наблюдается в иммерсионных жидкостях с показателем преломления более 1,8. Эти массы могут быть отождествлены со стишовитом, размеры зерен которого много меньше микронных. С учетом данных рентгенографии и иммерсионных наблюдений содержание стишовита в обр. № 1548 определяется в 0,2 вес.%, что указывает на ударные давления порядка 120–150 кбар (¹³).

Макроскопически стишовитосодержащий кварц непросвечивающий, фарфоровидный. Показатель преломления $N_g=1,551\pm 0,002$, $N_p=1,542\pm 0,002$; $N_g-N_p=0,009$; отклонения от констант обычного кварца — в пределах точности метода, но выявляются качественно, особенно по N_p , путем сравнения со стандартом — обычным гидротермальным кварцем. Зависимость содержания стишовита — показатель преломления вмещающего кварца сопоставляется с данными Штоффлера (¹³).

Кварц содержит планарные структуры двух типов:

1. Системы открытых трещин одного или нескольких направлений.
2. Структуры типа планарных черт по Картеру (⁸) или недекорированные элементы по Энгельгардту и Берчу (¹⁴) — оптические неоднородности в виде резко очерченных линий со световым эффектом типа полоски Бекки. Толщина их не фиксируется. При сильном освещении, когда эффекты оптических неоднородностей становятся незначительны, некоторые линии планарных черт разрешаются на цепочки мельчайших темных точек (декорированные элементы по Энгельгардту и Берчу). Планарные черты образуют несколько систем, пересекающихся под различными углами. Плотность планарных черт на единицу площади шлифа, относительная четкость линий и взаимоотношения соподчиненности каждой системы планарных черт значительно меняются (рис. 2 см. вкл. к стр. 1177).

Находка стишовита в породах структуры служит еще одним минералогическим доказательством (и как считают многие исследователи — однозначным) в пользу ее ударно-взрывного происхождения и указывает на то, что по крайней мере отдельные объемы катаклазированного материала мегабрекчии сформированы при ударных давлениях порядка 120–150 кбар.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
15 XII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. А. Вишневский, Л. Т. Ковалева, Н. А. Пальчик, Геология и геофизика, № 6, 140 (1974). ² В. Л. Масайтис, М. В. Михайлов, Т. В. Селивановская, ДАН, т. 197, № 6, 1390 (1971). ³ В. Л. Масайтис, С. И. Фугергендлер, М. А. Гневушев, Зап. Всесоюз. Минералогич. общ., ч. 101, в. 1, 108 (1972). ⁴ В. Л. Масайтис, Т. В. Селивановская, Там же, ч. 101, в. 4, 3 (1972). ⁵ В. Л. Масайтис, А. И. Райхлин и др., Там же, ч. 103, в. 1, 122 (1974). ⁶ Минералы. Справочник. Диаграммы фазовых равновесий, в. 1, М., «Наука», 1974, стр. 301. ⁷ С. В. Стишов, С. М. Попова, Геохимия, № 10, 837 (1961). ⁸ N. L. Carter, Am. J. Sci., v. 263, 786 (1965). ⁹ E. C. T. Chao, J. J. Fahey et al., Geophys. Res., v. 67, № 1, 419 (1962). ¹⁰ P. S. De Carli, D. J. Milton, Science, v. 165, 144 (1965). ¹¹ P. Gisl, F. Dacheille, Meteoritics, v. 4, 123 (1968). ¹² R. J. P. Lyon, Nature, v. 196, № 4, 266 (1962). ¹³ D. Stoffler, J. Geophys. Res., v. 76, № 23, 5474 (1971). ¹⁴ W. von Engelhardt, W. Bertch, Contribution to Mineralogy and Petrology, v. 20, № 3, 203 (1969).