

## ПЕРВЫЙ МИКРОКСЕНОЛИТ В МЕТЕОРИТЕ GAO-CUENIE (H5)

© 2018 г. К. А. Дугушкина, С. В. Берзин

Изложены результаты исследования химического состава минералов, слагающих микроксенолит, который был впервые обнаружен в метеорите Gao-Guenie (H5). Микроксенолит имеет тонкозернистую структуру и вкрапленность мериллита. Минеральный состав представлен оливином, пироксеном, маскелинитом. Также установлены единичные зерна мериллита, камасита и хромита. По предварительным данным микроксенолит является фрагментом неклассифицированного хондрита.

### ВВЕДЕНИЕ

Ксенолиты и микроксенолиты в метеоритах несут важную информацию о последовательности формирования родительских тел метеоритов различных типов и об особенностях прохождения процессов аккреции. Несмотря на то что ксенолиты и микроксенолиты встречаются в обыкновенных хондритах относительно часто, их исследованию посвящено не так много научных работ. В настоящей статье приводится описание микроксенолита, впервые обнаруженного в метеорите Gao-Guenie.

Метеорит Gao-Guenie выпал в виде метеоритного дождя в Западной Африке в Буркина-Фасо 5 марта 1960 г. Его обломки продолжают находить в пустыне до настоящего времени [Grossman, 1999]. Как отмечалось ранее другими исследователями [Bourot-Denise et al., 1998; Grossman, 1999; Beech et al., 2009; Schmieder et al., 2016], метеорит относится к обыкновенным хондритам (H5). Нами был изучен небольшой фрагмент метеорита массой 1.35 г.

Задача данного исследования – изучение состава минералов и особенностей строения микроксенолита в метеорите Gao-Guenie. С данного фрагмента был изготовлен прозрачно-полированный шлиф площадью 0.8 см<sup>2</sup>. Рассмотренный фрагмент метеорита несет следы ударного воздействия в виде тонких ударно-расплавных прожилков, степень ударного преобразования S3 [Stoffler et al., 1991]. Фрагмент подвергся незначительному выветриванию в земных условиях W1 [Wlotzka, 1993].

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Микроксенолит был найден при изучении шлифа в проходящем свете, а затем изучен при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM 6390LV фирмы Jeol с энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 фирмы Oxford Instruments (аналитик Л.В. Леонова) и на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca SX-100 (аналитик А.В. Михеева) в ЦКП “Теоаналитик” ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Метеорит Gao-Guenie имеет хондровую текстуру. Хондры в среднем имеют размер до 0.5 мм, иногда достигая 1.0 мм. Преобладают в основном порфиновые оливиновые (PO) и порфиновые оливин-пироксеновые (POP) хондры. Также встречаются богатые пироксеном радиально-лучистые хондры. Минеральный состав метеорита представлен оливином, орто- и клинопироксеном, хромитом, троилитом, камаситом и тэнитом.

Микроксенолит размером 0.4 × 1.0 мм имеет четко выраженную обломочную форму (рис. 1). От окружающих минералов матрицы и хондр его отличает внутреннее строение и минеральный состав, прежде всего тонкозернистая структура и вкрапленность мериллита (Ca<sub>9</sub>NaMg(PO<sub>4</sub>)<sub>7</sub>).

По результатам электронно-зондового микроанализа и сканирующей электронной микроскопии микроксенолит сложен оливином (Fa – 0.12–0.14), ортопироксеном (Fs – 0.12–0.17), клинопироксеном (f – 0.12–0.16), маскелинитом (табл. 1). Также установлены единичные зерна мериллита, камасита (Ni – 5.5 мас. %) и хромита. Микроксенолит имеет тонкозернистое строение, размер отдельных минеральных индивидов составляет 5–40 мкм.

Через центр ксенолита проходит трещина, вдоль которой развиваются вторичные гидроксиды железа, сформировавшиеся в процессе земного выветривания. Валовый состав ксенолита измерен с двух сторон от этой трещины методом накопления энергодисперсионных спектров с произвольной области (рис. 2). Средний валовый состав ксенолита по двум данным спектрам, %: SiO<sub>2</sub> – 38.5, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3.3, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.9, FeO – 19.6, MnO – 0.4, MgO – 31.0, CaO – 1.4, Na<sub>2</sub>O – 1.2, K<sub>2</sub>O – 0.1, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0.1, S – 1.0, NiO – 1.1.

По предварительным данным микроксенолит является фрагментом неклассифицированного хондрита. Его классификация несколько осложняется небольшими размерами и наложенным тепловым метаморфизмом в недрах родительского тела метеорита Gao-Guenie. Это первый микроксено-

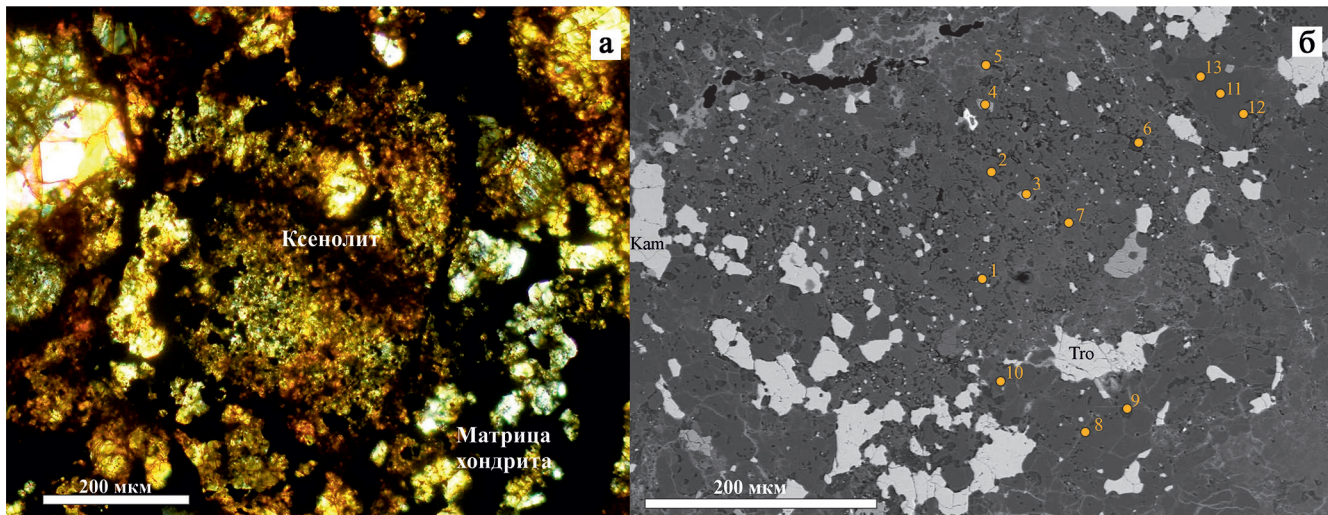


Рис. 1. Микросенолит в матрице метеорита Gao-Guenie.

а – фото в проходящем свете; б – изображение в обратноотраженных электронах (BSE). Цифрами обозначены аналитические точки.

Таблица 1. Состав и железистость оливина и ортопироксена, состав хромита и маскелинита (мас. %) из микросенолита в метеорите Gao-Guenie (H5) по результатам электронно-зондового микроанализа

№ ан.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	NiO	Сумма	f
<b>Ксенолит</b>													
<i>Оливин</i>													
1	38.52	–	0.00	0.16	18.68	0.47	41.74	–	–	–	0.1	99.67	0.12
2	37.31	–	0.14	–	20.53	0.46	39.94	–	–	–	0.59	98.97	0.14
5	40.20	0.03	3.06	–	18.52	0.43	35.67	0.22	1.22	0.27	0.35	99.97	0.14
7	37.91	0.07	0.10	–	19.51	0.59	41.34	–	–	–	0.27	99.79	0.13
<i>Хромит</i>													
3	–	1.27	6.48	54.55	30.97	0.78	1.94	0.17	–	–	0.14	97.45	
4	–	1.29	6.20	55.08	31.39	0.66	1.81	0.05	–	–	0.21	97.64	
<i>Плагиоклазовое стекло (маскелинит)</i>													
6	63.01	0.03	19.12	–	2.49	–	0.71	1.65	8.05	1.35	0.63	97.04	
<b>Вмещающий хондрит</b>													
<i>Оливин</i>													
12	38.76	–	0.00	–	17.96	0.39	42.06	–	–	–	–	99.17	0.12
<i>Ортопироксен</i>													
8	55.94	0.11	0.1	–	11.54	0.43	30.67	0.54	–	–	–	99.33	0.17
10	52.69	0.11	0.12	0.14	14.59	0.41	30.41	0.49	–	–	0.18	99.14	0.12
11	56.22	0.17	0.10	0.10	11.57	0.48	30.54	0.64	–	–	–	99.82	0.18
13	55.87	0.12	0.12	0.14	11.61	0.42	30.54	0.61	–	–	–	99.43	0.17
<i>Плагиоклазовое стекло (маскелинит)</i>													
9	62.79	0.02	16.43	–	4.20	0.16	5.45	1.38	7.96	0.84	0.18	99.41	

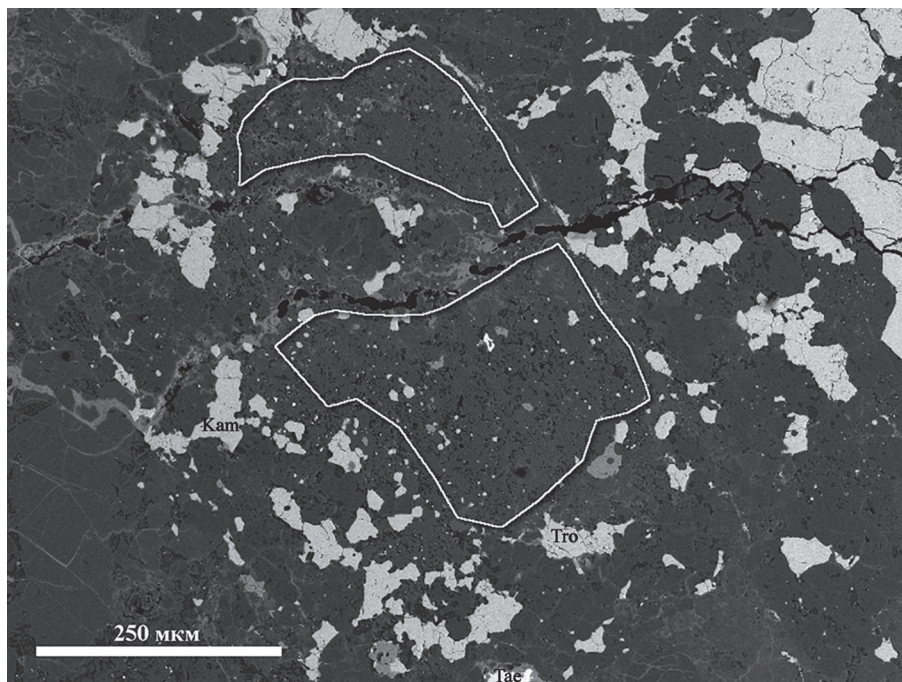
Примечание. В хромите присутствует примесь V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 0.7 мас. %) и ZnO (до 0.4 мас. %). Прочерк – содержание элемента ниже предела обнаружения. Пределы обнаружения, мас. %: Ti = 0.05, Cr = 0.09, Ca = 0.02, Na = 0.03, Ni = 0.07.

лит, обнаруженный в метеорите Gao-Guenie. В ряде других H-хондритов известны находки ксенолитов, преимущественно классифицированных как обломки углистых хондритов [Briani et al., 2012].

Авторы благодарны аналитикам лаборатории физических и химических методов исследования

Института геологии и геохимии УрО РАН А.В. Михеевой и Л.В. Леоновой.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 17-05-00297.



**Рис. 2.** Области измерения валового состава ксенолита из метеорита Gao-Guenie. Изображение в обратноотраженных электронах (BSE).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Beech M., Coulson I.M., Nie W.S., McCausland P.* The thermal and physical characteristics of the Gao-Guenie (H5) meteorite // *Planetary Space Sci.* 2009. V. 57. P. 764–770.
- Bourot-Denise M., Urbain W., Mireille C.* The Guenie and Gao chondrites from Burkina Faso: probably a single shower of stones // *Meteoritics Planetary Sci.* 1998. V. 33. P. A181–A182.
- Briani G., Gounelle M., Bourot-Denis M., Zolensky M.E.* Xenoliths and microxenoliths in H chondrites: sampling the zodiacal cloud in the asteroid Main Belt // *Meteoritics Planetary Sci.* 2012. V. 47. P. 880–902.
- Grossman J.N.* The Meteoritical Bulletin. No. 83. 1999 July // *Meteoritics Planetary Sci.* 1999. V. 34, iss. 4s. P. A169–A186.
- Schmieder M., Kring D.A., Swindle T.D., Bond J.C., Moore C.B.* The Gao-Guenie impact melt breccia-Sampling a rapidly cooled impact melt dike on an H chondrite asteroid? // *Meteoritics and Planetary Sci.* 2016. V. 51. P. 1022–1045.
- Stoffler D., Keil K., Scott E.R.D.* Shock metamorphism of ordinary chondrites // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1991. V. 55. P. 3845–3867.
- Wlotzka F.* A Weathering Scale for the Ordinary Chondrites // *Meteoritics.* 1993. V. 28, no. 3. P. 460–460.