

УДК 523.54

ГЕОХИМИЯ

С. М. ЭЛЬ РАБАА, А. М. ДАМИНОВА, М. И. ДЬЯКОНОВА,
Л. Г. КВАША, Л. К. ЛЕВСКИЙ, А. В. ФИСЕНКО

КАМЕННЫЙ МЕТЕОРИТ MALAKAL (СУДАН)

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 16 VI 1972)

Падение метеорита, получившего название Malakal (Малакаль), произошло, по сообщению С. М. Эль Рабаа, в начале августа 1970 г. около 4 час. утра вблизи гор. Малакаль, провинция Верхний Нил, Демократическая Республика Судан. Падение сопровождалось мощным грохотом. Метеорит был обнаружен через 4 часа после падения. Часть метеорита была доставлена 11 VIII 1970 г. в департамент геологии Хартумского университета (см. также ⁽¹⁾).

Представленный С. М. Эль Рабаа образец весил около 800 г. Наибольшая часть его поверхности представляет собой естественную поверхность метеорита, частично с регмагматовым рельефом, покрытую черной корой плавления. В свежем изломе метеорит светло-серый с металлическим блеском от частиц никелистого железа и троилита; очень плотный.

Метеорит имеет хондризовую структуру, усложненную перекристаллизацией и брекчированием. Указание ⁽²⁾ на сходство метеорита Malakal с метеоритом Karoeta ошибочно, так как последний является ахондритом.

Микроскопическое исследование показало, что метеорит Malakal сложен хондрами, занимающими около 80–85% общего объема, заключенными в мелкозернистой массе, состоящей из силикатов и непрозрачных минералов почти в равных по объему количествах. Хондры обычно сферической или эллипсоидальной формы, часто деформированной и утратившей правильные контуры. Их поперечник обычно 0,5–1, реже 1,5–2, изредка 3–4 мм. Наблюдаются хондры всех известных структур; преобладают полнокристаллические, микропорфировые, колосниковые, передки хондры из элементов различных структур. Обычно хондры разделены агрегатом гранобластической структуры и центрической структуры или участками-жилками из раздробленных силикатов, заключенных в стекловидной массе, пронизанной сетью жилок из троилита и никелистого железа и из каплевидных выделений из тех же минералов. Местами они тесно расположены с тенденцией к субпараллельности.

Главными минералами, слагающими метеорит, являются оливин (Fa_{22-23}), ортопироксен (Fs_{18-19}), никелистое железо и троилит. Минералы-примеси представлены плагиоклазом (альбит), участками маскелитизированным, меррилитом, рабдитом и хромитом. Частицы никелистого железа сложены преимущественно камаситом, к которому присоединяется тэпит. Для частиц никелистого железа характерна структура перекристаллизации. Частицы обычно состоят из агрегата мелких вторичных зерен камасита, по границам которых располагаются мельчайшие зернышки рабдита. Мелкие частицы иногда представлены микрографическим пlessиитом. Троилит представлен еще более тонким агрегатом, чем никелистое железо. Обычно оба эти минерала присутствуют в виде тонкой смеси.

Химический состав метеорита Malakal (обр. № 15034, коллекция АН СССР) следующий (вес. %):

SiO ₂	38,95	CaO	2,10	Ni	1,24
TiO ₂	0,102	Na ₂ O	1,32	Co	0,074
Al ₂ O ₃	2,72	K ₂ O	0,444	Cu	0,0094
Cr ₂ O ₃	0,50	P ₂ O ₅	0,28	H ₂ O ⁺	0,31
FeO	12,90	S	2,38	H ₂ O ⁻	0,04
MnO	0,34	Fe _{сульф}	4,16		
MgO	24,85	Fe _{мет}	8,06	Сумма	100,48

Fe_{общ} составляет 22,24; FeO/(FeO + MgO) = 22; Ni в металле 13,22%; Co в металле 0,79%. Плотность метеорита 3,50 г/см³.

Измерены содержания ⁽³⁾ изотопов инертных газов. Они и их отношения оказались следующими (содержание в 10⁻⁸ см³/г):

He ⁴	Ne ²²	Ar ³⁶	Ar ⁴⁰	He ⁴ He ³	Ne ²⁰ Ne ²²	Ne ²¹ Ne ²²	Ar ⁴⁰ Ar ³⁶	Ar ³⁸ Ar ³⁶	
54	1,4	0,5	0,25	350	11,8 ± 0,2	0,52 ± 0,02	0,84 ± 0,01	620 ± 8	0,468 ± 0,007

Измерен также радионизотоп Ar³⁹ ⁽⁴⁾. Его активность 7,1 ± 0,2 расп/мин·кг. Радиационный возраст метеорита Malakal, определенный различными методами ^(5, 6), имеет следующие значения (млн лет): Ar³⁹ – Ar³⁸ 4,4 ± 0,7; Ar³⁸ 2,9 ± 0,5; Ne²¹ 4,3 ± 0,5; He³ 2,4 ± 0,3. Наиболее вероятной величиной радиационного возраста метеорита можно считать 4 ± 0,5 млн лет. Радиогенний возраст метеорита, определенный К – Ar-методом, 570 млн лет.

По данным проведенных исследований, каменный метеорит Malakal представляет собой кристаллический хондрит ударно-метаморфизованный. Химически он относится к группе хондритов L ⁽⁷⁾. Минералогически может быть отнесен к гиперстеново-оливиновым хондритам.

По особенностям строения Malakal относится к метеоритам, испытавшим шоковый (ударный) метаморфизм, которым можно объяснить механические деформации, маскеллинитизацию плагиоклаза, частичную перекристаллизацию и локальное плавление метеорита.

Действие ударных волн проявилось в общей брекчированности метеорита при большой его уплотненности, в обилии черных жилок; раздробленности, трещиноватости и волнистом погасании зерен отдельных минералов, присутствии маскеллита, структуре перекристаллизации никелистого железа и троилита, в образовании глобулярных выделений и сети жилок из тех же минералов ⁽⁸⁾.

Шоковым метаморфизмом можно также объяснить низкий радиогенный возраст метеорита, определенный К – Ar-методом, свидетельствующий о потере радиогенных газов, как это известно и для других метеоритов ^(9, 10).

Хартумский университет, Судан
Университет дружбы народов им. П. Лумумбы
Комитет по метеоритам Академии наук СССР
Москва
Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт
Ленинград
Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского
Академии наук СССР
Москва

Поступило
7 VI 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ The Meteoritical Bulletin, № 50. Meteoritics, 6, № 2 (1971). ² A. S. Dawoud, J. R. Vail, Nature, Phys. Sci., 229, № 7 (1971). ³ Л. К. Левский, И. В. Федорова, С. З. Яковлева, Геохимия, № 5 (1971). ⁴ А. В. Фисенко, Е. М. Колесников, Приборы и техн. эксп., № 6 (1971). ⁵ K. Goebel, H. Schultes, J. Zäringger, Centre European Rech. Nucl. Rep., 64–12, 52 (1964). ⁶ P. Eberhardt, O. Eugster et al., Zs. Naturforsch., 21a, № 4, 414 (1966). ⁷ H. C. Urey, H. Craig, Geochim. et cosmochim. acta, 4, № 1 (1953). ⁸ B. Baldanza, G. R. Levi-Donati, Mineral. Mag., 38, № 294 (1971). ⁹ E. Anders, Space Sci. Rev., 3, 583 (1964). ¹⁰ D. Heyman, Icarus, 6, № 2 (1967).