

ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРНОГО МЕТАМОРФИЗМА ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Ивлиев А.И., Алексеев В.А., Куюнко Н.С. (ГЕОХИ РАН)

cosmo@geokhi.ru; Тел.: (495) 137-8614

Ключевые слова: метеориты, обыкновенные хондриты, термолюминесценция, ударный метаморфизм.

Введение. С момента формирования вещество Солнечной системы подвергалось разнообразным эволюционным процессам как в протопланетном облаке и родительских телах метеоритов, так и на стадии существования метеоритов в качестве самостоятельных космических тел. Определяющая роль в формировании метеоритов принадлежит процессам столкновений. Сопутствующий столкновениям ударно-тепловой метаморфизм рассматривается в качестве одного из самых фундаментальных процессов эволюции первичного вещества. Очевидна важность экспериментального изучения этого процесса и, в особенности, важен поиск количественных критериев оценки эффектов ударно-теплого метаморфизма. Одним из самых чувствительных методов регистрации степени структурных изменений вещества является термолюминесценция (ТЛ). Интенсивность свечения ТЛ в равновесных обыкновенных хондритах - высота пика свечения, или площадь под пиком, изменяется более чем на два порядка [1]. Основным фосфором ТЛ в этих метеоритах является полевой шпат, который присутствует во всех H-, L- и LL-хондритах приблизительно в одинаковых пропорциях и имеет подобный состав (Ab_{74} , An_{20} и Or_6) [2]. Модельные эксперименты по исследованию ТЛ в минералах, подвергнутых экспериментальной ударной нагрузке ударными волнами [3-5], показали высокую чувствительность характеристик ТЛ к изменениям кристаллической структуры. Ударный класс хондритов определены петрографическим методом [6,7]. Целью настоящей работы было проведение исследования ТЛ в хондритах с петрографически идентифицированной степенью ударного воздействия. И, на основе полученных результатов, провести оценку степени ударного метаморфизма в хондритах с неизвестной ударной нагрузкой.

Таблица. Результаты вычислений высоты пика (I_p), площади под пиком свечения (Sp) и величины ударной нагрузки (P).

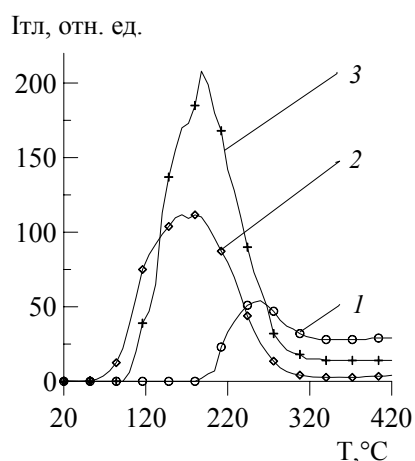


Рис.1. Кривые свечения хондрита Куны-Ургенч, полученные при регистрации естественной ТЛ (кривая 1) и ТЛ, наведенной рентгеновским (2) и γ -излучением (3).

T - температура нагрева образца

N п/п	Метеорит	Уд. класс	I_p	Sp	P, ГПа
1	Dhajala	S1	0.97 ± 0.09	222 ± 13	4.9 ± 0.3
2	Pribram	a-b	2.1 ± 0.1	261 ± 10	5.2 ± 0.2
3	Saratov	S2	2.3 ± 0.1	310 ± 16	5.5 ± 0.3
4	Biurboele	S1	2.5 ± 0.1	326 ± 20	5.6 ± 0.3
5	Elenovka	S2	2.6 ± 0.1	355 ± 9	5.8 ± 0.1
6	Tugalin-Bulen	S1	4.9 ± 0.2	575 ± 25	6.7 ± 0.6
7	Nikolskoe	S2	5.2 ± 0.5	671 ± 67	7.0 ± 0.7
8	Kunya-Urgench		7.7 ± 0.7	928 ± 100	7.6 ± 0.8
9	Barwell	S3	4.8 ± 0.3	590 ± 35	13.5 ± 0.8
10	Kunashak	e	2.1 ± 0.1	300 ± 28	21 ± 2
11	Pultusk	S3	2.3 ± 0.1	285 ± 24	22 ± 2
12	Ochansk	S3	2.3 ± 0.3	279 ± 32	23 ± 3
13	Kilabo	S3	2.3 ± 0.1	262 ± 10	23 ± 1
14	Dalgety Downs		1.3 ± 0.1	142 ± 14	31 ± 3
15	Malakal	e	0.27 ± 0.01	45 ± 2	44 ± 2
16	Kyushu	S5	0.25 ± 0.03	34 ± 3	46 ± 5
17	Pervomaisky		0.047 ± 0.002	7.6 ± 0.6	60 ± 5

Методика эксперимента. Методика подготовки проб и измерения ТЛ аналогична методике, описанной в работах [3-5, 8].

Результаты измерения ТЛ. В качестве примера на рис. 1 показаны кривые свечения хондрита Куня-Ургенч полученные при регистрации естественной ТЛ (кривая 1) и ТЛ, наведенной рентгеновским излучением (2) и γ -квантами от радиоактивного источника ^{137}Cs (3). Все кривые имеют формы, характерные для кривых свечения обыкновенных хондритов. Кривая свечения естественной ТЛ, накопленной метеоритом в космическом пространстве, имеет пик свечения при температуре 260°C . Максимальная интенсивность свечения ТЛ, накопленной при облучении образца рентгеновским излучением, регистрируется при температуре $\sim 170^\circ\text{C}$, а после облучения γ -квантами - при температуре $\sim 190^\circ\text{C}$.

По результатам регистрации наведенной ТЛ рентгеновским и γ -излучением были выполнены вычисления температуры пика, полной ширины пика свечения на половине его высоты, а так же, высоты пика свечения (I_p) и интенсивности свечения ТЛ (S_p). Полученные результаты сравнивались со степенью ударной нагрузки [6,7]. Была обнаружена зависимость величин I_p и S_p от ударного класса метеоритов. Однако при исследовании ТЛ, наведенной рентгеновским излучением величины высоты пика (I_p) и площади под кривой свечения в температурном интервале $40\text{--}350^\circ\text{C}$ (S_p) оказались наиболее чувствительными индикаторами степени соударения. Результаты этих вычислений приведены в таблице и на рис. 2. Из приведенных данных видно увеличение величин I_p и S_p при повышении ударного давления до 10 ГПа (стадии S1-S2) и последующее резкое их уменьшение до двух порядков величины при дальнейшем повышении ударного давления от >10 до 90 ГПа (стадии S3-S6). Используя результаты наших измерений и величины давлений различных ударных классов [6,7] были получены приближенные формулы для оценки величины ударной нагрузки, которую претерпели хондриты при столкновениях в космическом пространстве. Для ударных классов S1-S2: $P = 1.93 \times \ln(S_p) - 5.57$, а для S3-S6: $P = -12.28 \times \ln(S_p) + 91.74$. Результаты вычислений по этим формулам приведены в последней колонке таблицы.

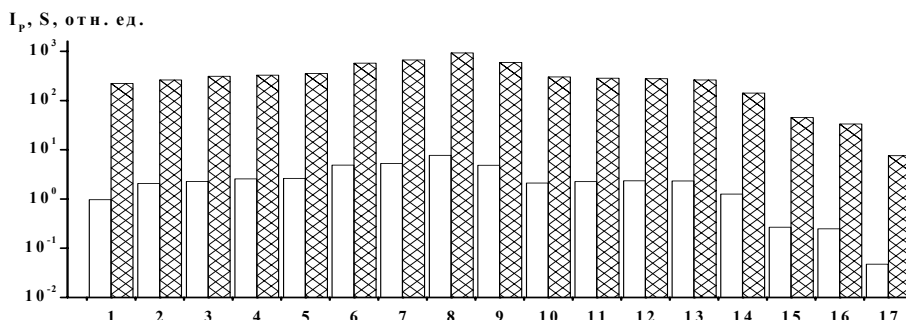


Рис.2. Величины I_p и S_p в обыкновенных хондритах различного ударного класса. Цифры по оси абсцисс соответствуют номерам метеоритов, приведенным в таблице.

Выводы. Регистрация ТЛ, наведенной рентгеновским излучением, в равновесных обыкновенных хондритах показала высокую чувствительность величин I_p и S_p от ударной нагрузки, которую претерпели исследованные метеориты в космическом пространстве. Однако для точной идентификации ударных классов S1 – S3 по данным ТЛ требуются предварительные петрографические исследования. Выполнена оценка ударной нагрузки 17 метеоритов, которую они претерпели в космическом пространстве. Определены ударные классы метеоритов Куня-Ургенч (S2), Dalgety Downs (S4) и Первомайский Поселок (S6).

Литература

1. *Sears D.W.G.* Thermoluminescence of meteorites: Shedding light on the cosmos // Nucl. Tracks Radiat. Meas. 1988. V. 14. N 1/2. PP. 5-17.
2. *Додд P.T.* Метеориты // Петрология и геохимия. М.: Мир. 1986. 384с.

3. *Ивлиев А.И., Бадюков Д.Д., Кашкаров Л.Л.* Исследования термолюминесценции в образцах, подвергнутых экспериментальной ударной нагрузке. I: Олигоклаз // *Геохимия*. 1995. № 9. СС. 1368-1377.
4. *Ивлиев А.И., Бадюков Д.Д., Кашкаров Л.Л.* Исследования термолюминесценции в образцах, подвергнутых экспериментальной ударной нагрузке. II: Кварц // *Геохимия*. 1996. № 10. СС. 1010-1018.
5. *Ивлиев А.И., Бадюков Д.Д., Куюнко Н.С., Козлов Е.А.* Исследования термолюминесценции в образцах, подвергнутых экспериментальной ударной нагрузке. III: Кальцит // *Геохимия*. 2002. № 8. СС. 820-833.
6. *Stöffler D., Keil K., Scott E.R.D.* Shock metamorphism of ordinary chondrites // *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 1991. V. 55. N12. PP. 3845-3867.
7. *Dodd R.T., Jarosewich E.* Incipient melting in and shock classification of L group chondrites // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1979. V. 44. N2. PP. 335-340.
8. *Алексеев В.А., Горин В.Д., Ивлиев А.И., Кашкаров Л.Л., Устинова Г.К.* Комплексное исследование термолюминесценции, треков и радионуклидов в свежевывавшем хондрите Куны-Ургенч // *Геохимия*. 2001. № 11. СС. 1139-1151.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(24) 2006

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2006)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2006/informbul-1_2006/planet-5.pdf

Опубликовано 1 июля 2006 г

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2006

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна