

Термолюминесценция и метаморфизм углистых CO и CV хондритов

А. И. Ивлиев, Н. С. Куюнко

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

cosmo@geokhi.ru

Приведены результаты исследования степени метаморфизма углистых хондритов на ТЛ-установке ГЕОХИ РАН с использованием шкалы, связывающей величину подтипа с интенсивностью свечения наведенной ТЛ. Эти результаты показали хорошее совпадение величины подтипов углистых хондритов, полученных нами и в других лабораториях.

Ключевые слова: термолюминесценция, углистые хондриты, метаморфизм

Ссылка: Ивлиев, А. И., Н. С. Куюнко (2012), Термолюминесценция и метаморфизм углистых CO и CV хондритов, *Вестник ОНЗ РАН*, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG

Введение

Углистые CO хондриты подобны, в некоторых отношениях, обыкновенным хондритам 3-го типа [Sears et al., 1991]. Так, например, они имеют хондриты в валовом составе с распространенностью не летучих элементов, обычно, находящейся в пределах 30% CI величин. Кроме того, эти две группы метеоритов подобны по минералогическому составу и состоят из оливина, пироксена, плагиоклаза, металла и сульфидов. Показано, что CO хондриты составляют метаморфическую последовательность подобную той, которая обнаружена для обыкновенных хондритов 3-го типа [McSween, 1977a, Keck and Sears, 1987; Scott and Jones, 1990]. Однако, в некотором отношении, углистые хондриты отличаются от обыкновенных: по изотопному составу [Clayton et al., 1976, Clayton and Mayeda, 1984], по небольшому, но значимому соотношению элементов [Anders et al., 1976, Kallemeyn, Wasson, 1981]. Кроме того, они отличаются по содержанию тугоплавких амебоидных включений и имеют меньшие по размерам хондры [McSween, 1977a, Rubin, 1989]. В отличие от 3-го типа обыкновенных хондритов, CO хондриты часто содержат первичный кальцитовый полевой шпат [Van Schmus, 1969], который, возможно, ассоциируется с тугоплавкими включениями. В работе [Keck and Sears, 1987] было показано, что интенсивность пика термолюминесценции (ТЛ) при температуре (110–130), увеличивается в 100 раз с увеличением метаморфизма, в то время как интенсивность второго пика при температуре 230 °С не зависит от степени метаморфизма. Они предположили, первый пик обусловлен свечением полевого шпата, образованного при девитрификации стекла хондр, аналогично третьему типу обыкновенных хондритов [Guimon et al., 1985, Guimon et al., 1988], в то время как пик в области 230 °С обусловлен первичным (т.е. не метаморфизованным) полевым шпатом, вероятно, ассоциируемым с тугоплавкими включениями.

Наблюдаемое равновесие между тугоплавкими включениями ферромагнезиальными компонентами вариации в гомогенизации оливиновой матрицы говорят о том, что CV хондриты имели родительские тела, претерпевшие различную степень метаморфизма [McSween, 1977b, Peck, 1984, Scott et al., 1988]. Так как, они содержат окисленную и восстановленную подгруппы, то это исключает одиночную метаморфическую серию. Однако, возможны две параллельные серии [McSween, 1977b]. Петрографические, минералогические и различия в валовом составе CV хондритов показывают, что чувствительность ТЛ в области пика (110–130) °С, обусловлена распространенностью упорядоченного полевого шпата, который, в свою очередь, отражает метаморфизм родительского тела [Guimon R.K., et al., 1995].

Целью настоящей работы было: исследование метаморфизма CO и CV хондритов на ТЛ-установке ГЕОХИ РАН с использованием шкалы, связывающей величину подтипа с интенсивностью свечения наведенной ТЛ, предложенной в [Sears et al., 1991, Guimon R.K., et al., 1995].

ИВЛИЕВ И ДР.: ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И МЕТАМОРФИЗМ

Экспериментальная часть

Проведены измерения ТЛ, наведенной рентгеновским излучением, в 21-ом образце углистых хондритов, в состав которых входили следующие типы: CO3 – 9 образцов, CV3 – 8 образцов и СК – 4 образца. Образцы метеоритов, весом от 0.7 до 1.0 г, были раздроблены и размельчены в яшмовой ступе. Магнитная фракция была удалена с помощью ручного магнита. Из немагнитной фракции было приготовлено по три пробы каждого образца весом по 2 мг. После измерений естественной ТЛ (прогрев образцов до 500 °С), образцы облучались рентгеновским излучением на установке УРС-50 в течение двух минут и затем регистрировалась наведенная ТЛ. Установка для измерения ТЛ, приготовление образцов и условия облучения более подробно описаны в работах [Ivliev et al., 1995, 1996, 2002].

Результаты и обсуждение

Результаты измерений наведенной ТЛ, наведенной в исследованных образцах метеоритов, приведены в таблице, где I_{TL} – высота пика свечения ТЛ при температуре около 130 °С. Величина I_{TL} была измерена относительно I_{TL} метеорита Dhajala, принятой за 1. В колонке "Другие работы" приведены границы измерений подтипа полученные как по результатам измерений ТЛ, так и другими методами, описанными в [Sears et al., 1991, Guimon R.K., et al., 1995]. Знаком (*) отмечены рекомендованные величины. На рис. 1 показаны кривые свечения ТЛ углистых метеоритов различных типов: CO, CV и СК. Большая часть исследованных метеоритов имеет сложную форму кривых свечения с пикам в области температуры: (110-130) °С и, как правило, несколько пиков в области > 150°С. Исключение составляет только метеорит Coolidge, показавший только пики в области ~ 130 °С и ~ 150 °С

Таблица. Результаты измерений высоты пика ТЛ свечения (130 °С) и степени метаморфизма углистых хондритов

Метеорит	Тип	I_{TL} (I_{TL} Dhajala=1)	Подтип	
			Эта работа	Другие работы
Felix	CO	0.106	3.4	3.2-3.5 (3.4*) [Sears et al., 1991]
Isna	CO	0.356	3.6	3.6-3.8 (3.7*) [Sears et al., 1991]
Kainsaz	CO	0.245	3.5	3.1-3.5 (3.2*) [Sears et al., 1991]
Lancé	CO	0.200	3.5	3.4-3.7 (3.4*) [Sears et al., 1991]
Ornané	CO	0.077	3.3	3.3-3.6 (3.4*) [Sears et al., 1991]
Warrenton	CO	0.342	3.6	3.5-3.8 (3.6*) [Sears et al., 1991]
Allende	CV	0.145	3.4	3.1-3.6 (3.2*) [Guimon R.K., et al., 1995]
Axtell	CV	0.008	3.0	3.0-3.3 (3.0*) [Guimon R.K., et al., 1995]
Coolidge	CV	0.913	3.7	3.8->3.8 (3.8*) [Guimon R.K., et al., 1995]
Efremovka	CV	0.070	3.3	3.0-3.6 (3.2*) [Guimon R.K., et al., 1995]
Grosnaja	CV	0.022	3.1	3.0-3.3 (3.3*) [Scott et al., 1988]
Leoville	CV	0.060	3.3	3.0-3.6 (3.0*) [Guimon R.K., et al., 1995]
Acfer 202	CO	0.079	3.3	3.5 [Newton et al., 1995]
Dar Al Gani 303	CO	0.044	3.2	—
Dar Al Gani 078	CO	0.059	3.3	—
C4V3 N13 ⁺	CV	0.030	3.2	—
CVII-3 ⁺	CV	0.171	3.5	—
Dhofar 015	СК	0.212	3.5	—
Karoonda	СК	0.008	3.0	—
Maralinga	СК	0.013	3.0	—
Ningqiang	СК	0.029	3.1	—

⁺ - Рабочее имя метеорита.

* - Рекомендованные величины.

В качестве проверки параметров установки и методики исследования степени метаморфизма углистых хондритов были проведены измерения в 12-ти метеоритах, образцы которых совпадают с приведенными в работах [Sears et al., 1991, Guimon R.K., et al., 1995]. Эти результаты, приведенные в таблице и на рис. 3, показали хорошее совпадение величины подтипов углистых хондритов, полученных нами и в других лабораториях. Полученные

результаты свидетельствуют о том, что применяемая нами методика измерений ТЛ пригодна для изучения степени метаморфизма углистых хондритов. На этом основании, были определены подтипы трех CO хондритов: Acfer 202, Dar Al Gani 078, Dar Al Gani 303, находящихся в коллекции метеоритов ГЕОХИ РАН, и двух CV хондритов, недавно поступивших в коллекцию: C4V3 N13 и CVII-3. Полученные величины подтипов, хорошо согласуются с данными петрографических и других исследований. Кроме этого, проведены измерения в четырех образцах СК хондритов: Dhofar 015 –СК3, Ningqiang – СК – Karoonda – СК4 и Maralinga –СК4. Полученные результаты показывают, что the СК хондриты относятся к уникальным среди метаморфизованных хондритов по низкому уровню регистрируемой наведенной ТЛ, которая согласуется с литературными данными, предполагающими очень необычный полевой шпат этих метеоритов.

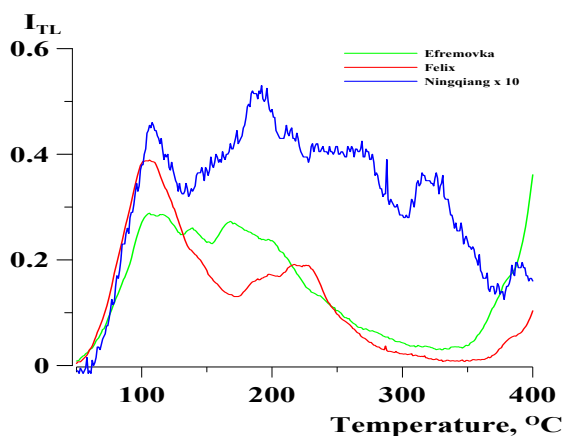


Рис. 1. Кривые свечения CO, CV и СК хондритов.

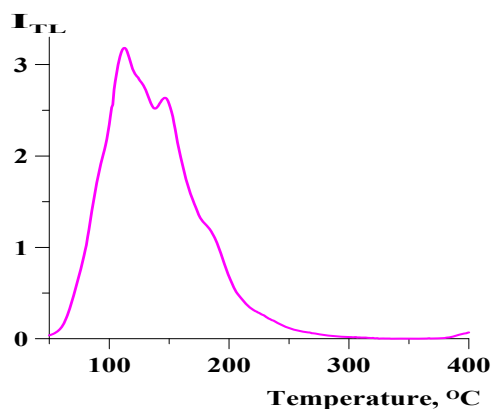


Рис. 2. Кривая свечения CV хондрита Coolidge.

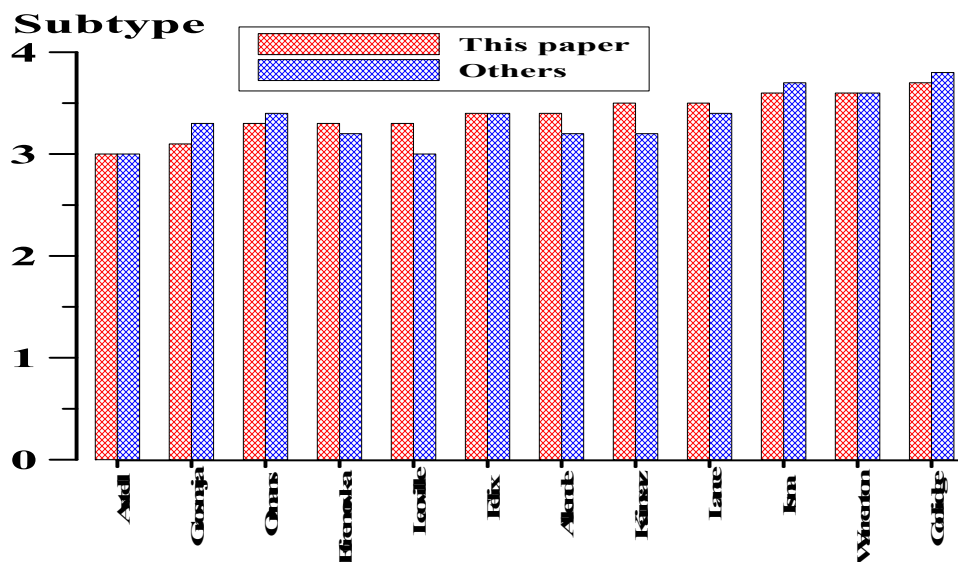


Рис. 3. Сравнение результатов измерений степени метаморфизма углистых метеоритов, изученных в различных лабораториях..

Литература

Anders, E., H. Higuchi R. Ganapathy, J. W. Morgan (1976). Chemical fractionations in meteorites—IX. C3 chondrites, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 40, p.1131–1139.

ИВЛИЕВ И ДР.: ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И МЕТАМОРФИЗМ

Clayton, R. N., et al. (1976). A classification of meteorites based on oxygen isotopes. *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 30, p. 10–18.

Clayton, R. N., T. K. Mayeda (1984). The oxygen isotope record in Murchison and other carbonaceous chondrites, *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 67, p. 151–161.

Guimon, R. K., B. D. Keck, K. W. Weeks, J. De Hart, D. W. G. Sears (1985). Chemical and physical studies of type 3 chondrites—IV: Annealing studies of a type 3.4 ordinary chondrite and the metamorphic history of meteorites, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 49, N7, p.1515–1524.

Guimon, R. K., G. E. Lofgren, D. W. G. Sears (1988). Chemical and physical studies of type 3 chondrites. IX: Thermoluminescence and hydrothermal annealing experiments and their relationship to metamorphism and aqueous alteration in type <3.3 ordinary chondrites, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 52, N1, p. 119–127.

Guimon R. K., S. J. Symes, D. W. G. Sears, P. H. Benoit (1995). Chemical and physical studies of type 3 chondrites XII: The metamorphic history of CV chondrites and their components, *Meteoritics*, v. 30, N6, p. 704–714.

Ivliev, A. I., D. D. Badyukov, L. L. Kashkarov (1995). Study of Thermoluminescence in Samples Subjected to Experimental Shocked Samples. I: Oligoclase, *Geokhimiya*, No. 9, p.1368–1377.

Ivliev, A. I., D. D. Badyukov, L. L. Kashkarov, L. L. (1996). Investigations of Thermoluminescence in Experimentally Shocked Samples: II. Quartz, *Geokhem. Int.* v. 34, p. 912–919.

Ivliev, A. I., D. D. Badyukov, N. S. Kuyunko, E. A. Kozlov (2002). A Study of Thermoluminescence in Experimentally Shocked Samples. III: Calcite, *Geochem. Int.* v. 40, p. 739–750.

Kallemeyn, G. W., J. T. Wasson (1981). The compositional classification of chondrites—I. The carbonaceous chondrite groups, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 45, N7, p.1217–1230.

Keck, B. D., D. W. G. Sears (1987). Chemical and physical studies of type 3 chondrites—VIII: Thermoluminescence and metamorphism in the CO chondrites, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.51, p. 3013–3021.

McSween, H. Y. (1977a). Carbonaceous chondrites of the Ornans type: A metamorphic sequence, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.41, p. 477–491.

McSween, H. Y. (1977b). Petrographic variations among carbonaceous chondrites of the Vigarano type. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 41, N12, p.1777–1790.

Newton, J., M. A. Sephton, C. T. Pillinger (1995). Contamination differences between CO3 falls and antarctic and saharan finds: a carbon, *Workshop on Meteorites from Cold and Hot Deserts*, LPI Tech. Rpt. 95-02, p.51–53.

Peck, J. A. (1984). Origin of the variation in properties of CV3 meteorite matrix and matrix clasts, *Lunar Planet. Sci.* 15, p. 635–636.

Rubin, A. E. (1989). Size-frequency distributions of chondrules in CO3 chondrites, *Meteoritics*, v. 24, N 3, p. 179–189.

Sears, D. W. G., J. D. Batchelor, J. Lu, B. D. Keck (1991). Metamorphism of CO and CO-like chondrites and comparison with type 3 ordinary chondrites, *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites*, N4, p. 319–343.

Scott, E. R. D., R. H. Jones (1990). Disentangling nebular and asteroidal features of CO3 carbonaceous chondrite meteorites, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 54, p.2485–2505.

Scott, E. R. D., D. J. Barber, C. M. Alexander, R. Hutchinson, J. A. Peck (1988) Primitive material surviving in chondrites - Matrix In: *Meteorites and the Early Solar system*, eds: Kerridge, J. F. & Matthews, M. S., Univ. Arizona Press, Tucson, p. 718–745.

Van Schmus, W. R. (1969). Mineralogy, petrology, and classification of types 3 and 4 carbonaceous chondrites, *In: Meteorite Research*, ed.: P. M. Millman, Dordrecht, D. Reidel, Holland, 480–491.