

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРОИЛИТА МЕТЕОРИТОВ МЕТОДОМ МЕССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С ВЫСОКИМ СКОРОСТНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Р. Н. Колунин, Е. В. Петрова, М. И. Оштрах, В. И. Гроховский, В. А. Семенкин

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, rassel2007@mail.ru*

Fe, Ni и S – это три наиболее важных породообразующих элемента в Солнечной системе [Anders and Grevesse, 1989]. Как следствие, металлические и сульфидные минералы присутствуют во всех известных типах метеоритов, а троилит (FeS) является наиболее распространенным S-содержащим минералом в веществе внеземного происхождения.

В настоящей работе проведено сравнительное исследование троилита в обычных хондритах и троилита, выделенного из железного метеорита Сихотэ-Алинь, методом мессбауэровской спектроскопии с высоким скоростным разрешением (рис. 1). Вещество обычных хондритов и механически выделенный троилит из метеорита Сихотэ-Алинь измельчались до порошкообразного состояния, затем порошок наклеивался клеем БФ-6 на подложку из алюминия, очищенного от железа. Эффективная толщина образцов не превышала 10 мг Fe/см^2 . Измерения проводились на автоматизированном прецизионном мессбауэровском спектрометрическом комплексе с высоким скоростным разрешением [Oshtakh et al., 2009; Семенкин и др., 2010] при комнатной температуре с регистрацией спектров в 4096 каналов. Мессбауэровские спектры были аппроксимированы методом наименьших квадратов с использованием линий лоренцевой формы по программе UNIVEM-MS (НИИ Физики Южного федерального университета, Ростов-на-Дону). Проводилась оценка мессбауэровских параметров: ширины линии Γ , изомерного сдвига δ , квадрупольного расщепления ΔE_Q , магнитное сверхтонкое поле H_{eff} , относительной площади S , а также статистического критерия χ^2 .

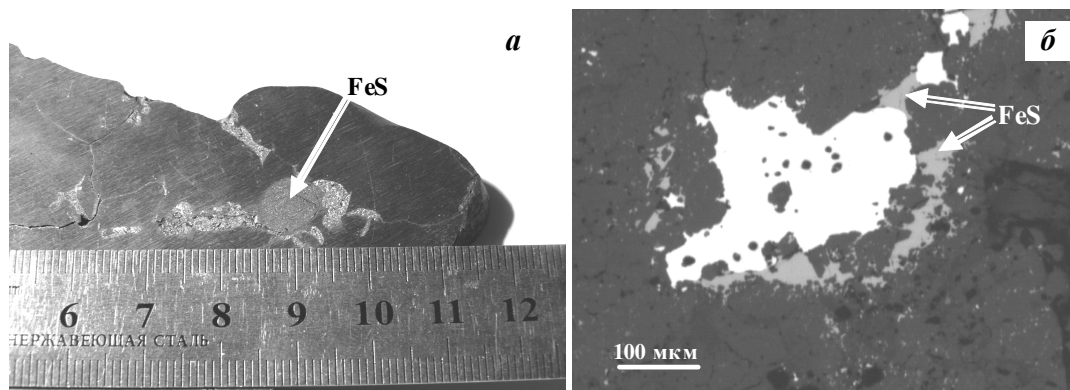


Рис. 1. Макровключение троилита в железном метеорите Сихотэ-Алинь (а) и микроскопические агрегаты троилит – камасит в обычном хондрите Farmington L5 (б).

Мессбауэровские спектры обычного хондрита Farmington L5 и троилита из метеорита Сихотэ-Алинь показаны на рис. 2 и 3. В спектре хондрита Farmington L5 выявлены 8 компонент: 1 и 2 – Fe(Ni, Co), 3 – FeS, 4 и 5 – ядра ^{57}Fe в позициях М1 и М2 в оливине, 6 и 7 – ядра ^{57}Fe в позициях М1 и М2 в пироксене, 8 – Fe^{3+} . Для всех спектров обычных хондритов характерно большое значение χ^2 и наличие особенностей на дифференциальных спектрах, что связано с плохим описанием секстета, связанного с

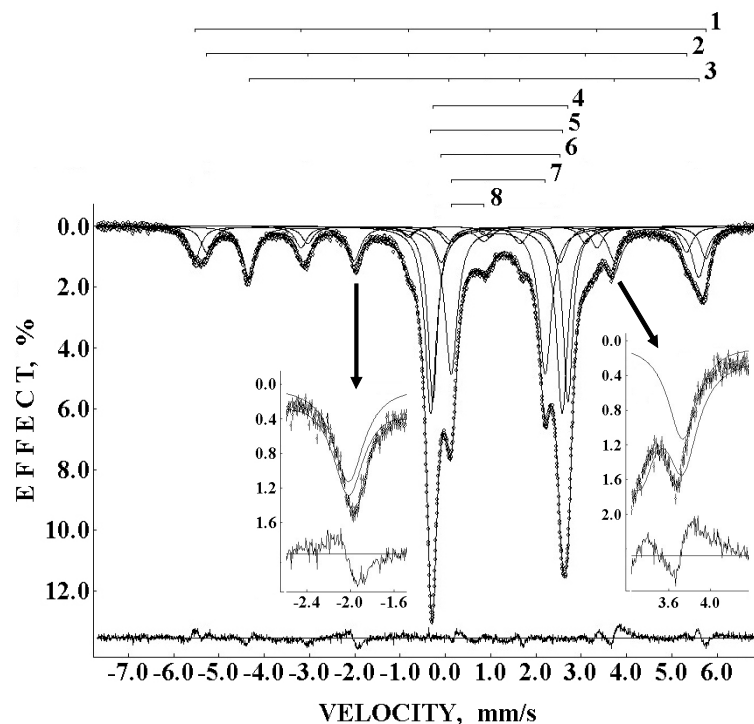


Рис. 2. Мессбауэровский спектр обыкновенного хондрита Farmington L5, измеренный при 295 К и представленный на 2048 каналов. Компоненты 1–8 – результат наилучшей аппроксимации спектров.

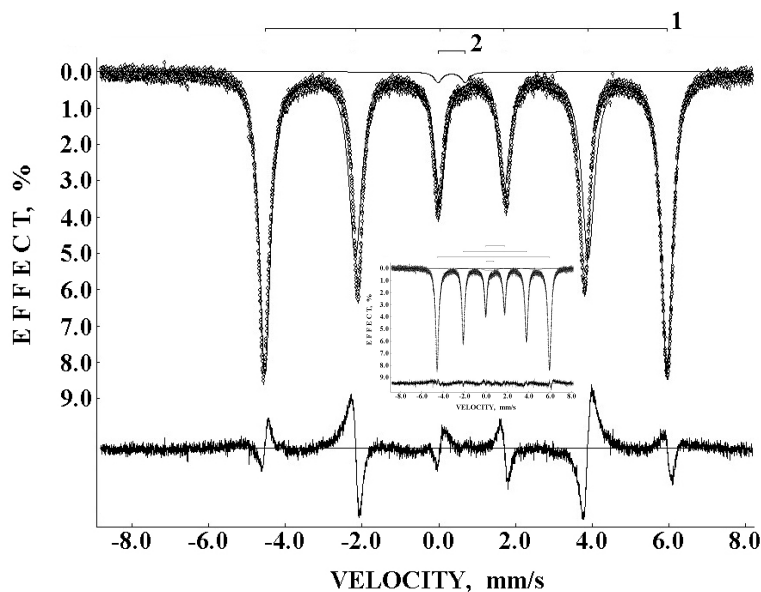


Рис. 3. Мессбауэровский спектр троилита из метеорита Сихотэ-Алинь, измеренный при 295 К и представленный на 4096 каналов. Показаны два варианта аппроксимации спектра: секстет 1 – троилит, дублет 2 – соединение Fe^{3+} и моделирование секстета тремя дублетами.

троилитом, рассчитанной компонентой. На рис. 2 показаны увеличенные пики 2 и 5 троилита с хорошо видными отличиями рассчитанного и экспериментального спектров. Аналогичная особенность наблюдается в мессбауэровском спектре выделенного троилита из метеорита Сихотэ-Алинь (следует отметить, что в спектре наблюдается минорная компонента 2, обусловленная присутствием соединения Fe^{3+}). Для исключения возможной суперпозиции нескольких секстетов этот спектр дополнительно был аппроксимирован набором из трех дублетов, описывающих секстет. Как видно из рис. 3, в

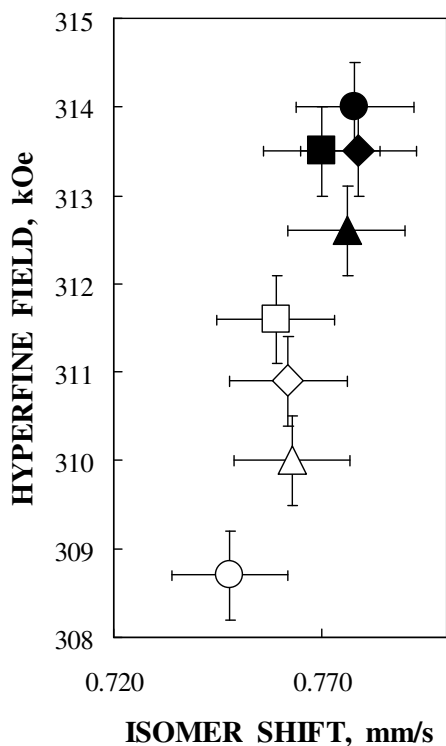


Рис. 4. Отличие параметров сверхтонкой структуры ядер ^{57}Fe в троилите из различных обыкновенных хондритов: ○ – Farmington L5, △ – Tsarev L5, ◇ – Mbale L5/L6, □ – Кунашак L6, ▲ – Венгероно Н6, ◆ – Саратов L4, ■ – Richardton H5, ● – Звонковое Н6.

этом случае дифференциальный спектр свидетельствует об отсутствии иных компонент в спектре. Поэтому особенности аппроксимации секстетов троилита в мессбауэровских спектрах могут быть связаны с необходимостью варьирования угла между градиентом электрического поля на ядре и направлением магнитного поля на ядре. Очевидно, в отличие от других веществ с характерными мессбауэровскими спектрами с магнитной сверхтонкой структурой, которая теоретически описывается без учета этого угла, структура троилита такова, что этот угол становится важным параметром аппроксимации. Следует отметить, что эта особенность мессбауэровских спектров троилита отмечалась ранее [Forder et al., 2001].

Несмотря на сложности аппроксимации мессбауэровских спектров троилита, интересно отметить, что параметры сверхтонкой структуры троилита из разных метеоритов имеют небольшие отличия. Например, для троилита из обыкновенных хондритов отличия параметров сверхтонкой структуры приведены на рис. 4 [Oshtrakh et al., 2008]. Для троилита из метеорита Сихотэ-Алинь величина H_{eff} оказалась еще больше: ~325 кЭ. Это свидетельствует о вариациях структуры троилита, которые могут быть обусловлены механизмами его формирования.

Работа выполнена при частичной поддержке ФЦП «Кадры» НК-605П_19 № П1154.

Литература

- Anders E., Grevesse N. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, 197 (1989).
 Forder S. D., Bland P. A., Galazka-Friedman J., Urbanski M., Gontarz Z., Milczarek M., Bakun-Czubarow N. *Hyperfine Interact. C*, 5, 405 (2001).
 Oshtrakh M. I., Petrova E. V., Grokhovsky V. I., Semionkin V. A. *Meteoritics & Planetary Sci.* 43, 941 (2008).
 Oshtrakh M. I., Semionkin V. A., Milder O. B., Novikov E. G. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 281, 63 (2009).
 Семенкин В. А., Оштрах М. И., Мильдер О. Б., Новиков Е. Г. *Изв. РАН, сер. Физическая*, 74, 475 (2010).