

ИЗМЕРЕНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ ФРАГМЕНТОВ МЕТЕОРИТА ЧЕЛЯБИНСК

Нархов Е.Д.¹, Иванченко С.В.², Сапунов В.А.¹, Оштрах М.И.², Гроховский В.И.²

¹ – НИЛ квантовой магнитометрии кафедры теоретической физики и прикладной математики, г. Екатеринбург, narhoved.ftf@gmail.com

² – Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, ivanchenkos.v@mail.ru

15 февраля 2013 г. в Челябинской области произошло уникальное событие - выпал метеоритный дождь. Фрагменты метеорита были классифицированы как обыкновенный хондрит группы LL5, а сам метеорит был зарегистрирован под именем Челябинск. Поскольку падение фрагментов метеорита произошло на достаточно большой площади, их поиск и дальнейшая идентификация чрезвычайно важны для исследования вещества метеорита. Поэтому одним из перспективных методов поиска является выявление магнитных аномалий в районе падения метеоритного дождя. Известно, что вещество обыкновенных хондритов содержит магнитные фазы. Первые исследования некоторых фрагментов метеорита Челябинск LL5 методом мессбауэровской спектроскопии показали наличие магнитных фаз в веществе метеорита при комнатной температуре - сплава Fe-Ni троилита FeS, а также магнетита Fe₃O₄ в коре плавления. Величины сверхтонкого магнитного поля на ядрах ⁵⁷Fe в этих фазах составляют ~348, ~312 и ~480 кЭ, соответственно. Хотя доля магнитных фаз в веществе метеорита составляет менее 15 % (в коре плавления до 40 %, однако доля коры плавления в этих фрагментах мала по сравнению с веществом метеорита), фрагменты обыкновенного хондрита проявляют магнитные макросвойства.

Сотрудники НИЛ квантовой магнитометрии УрФУ провели магниторазведку мест падения крупного фрагмента метеоритного дождя в озеро Чебаркуль в Челябинской области [Нархов, 2013]. По результатам магниторазведки была поставлена задача прямой оценки связи величины магнитной аномалии и веса фрагмента метеорита, находящегося в почве или под водой. Для этого необходимо знать магнитные характеристики вещества метеорита Челябинск.

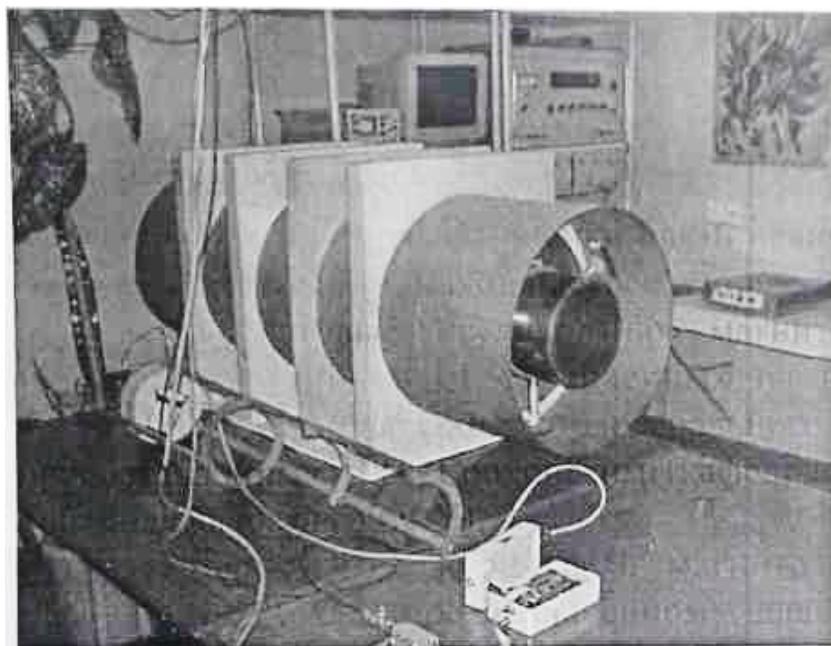


Рисунок 1 – Магнитоэкранированный эталон слабого магнитного поля

Измерения проводились в магнитоэкранированном эталоне слабого магнитного поля (рис. 1), предназначенного для калибровки геомагнитометров производимых НИЛ КМ, а также измерения магнитных свойств фрагментов датчиков и образцов, в частности, остаточной намагниченности и восприимчивости. Метод основан на регистрации изменения модуля магнитного поля в присутствии испытуемого образца. В диапазоне геомагнитного поля (20000-100000 нТл) используется прецизионный абсолютный (до 0,1 нТл) и высокочувствительный (до 0,01 нТл) скалярный ЯМР магнитометр, основанный на принципе Оверхаузеровской динамической поляризации ядер POS-1.

Предварительные результаты исследования показали, что при выбранном измерительном расстоянии в 15 см максимум магнитной аномалии составляет до 1 нТл/г. Полученная зависимость величины магнитной аномалии от веса исследуемого фрагмента метеорита позволяет в процессе магниторазведки оценить вес неизвестного фрагмента метеорита. Более того, по изменению возмущения поля пропорционально $1/R^3$ можно оценить глубину залегания данного фрагмента. Кроме этого у двух из пяти исследованных фрагментов метеорита Челябинск LL5 выявлена остаточная намагниченность, которая проявлялась в изменении знака возмущения поля при переориентации фрагментов метеорита относительно направления эталонного магнитного поля.

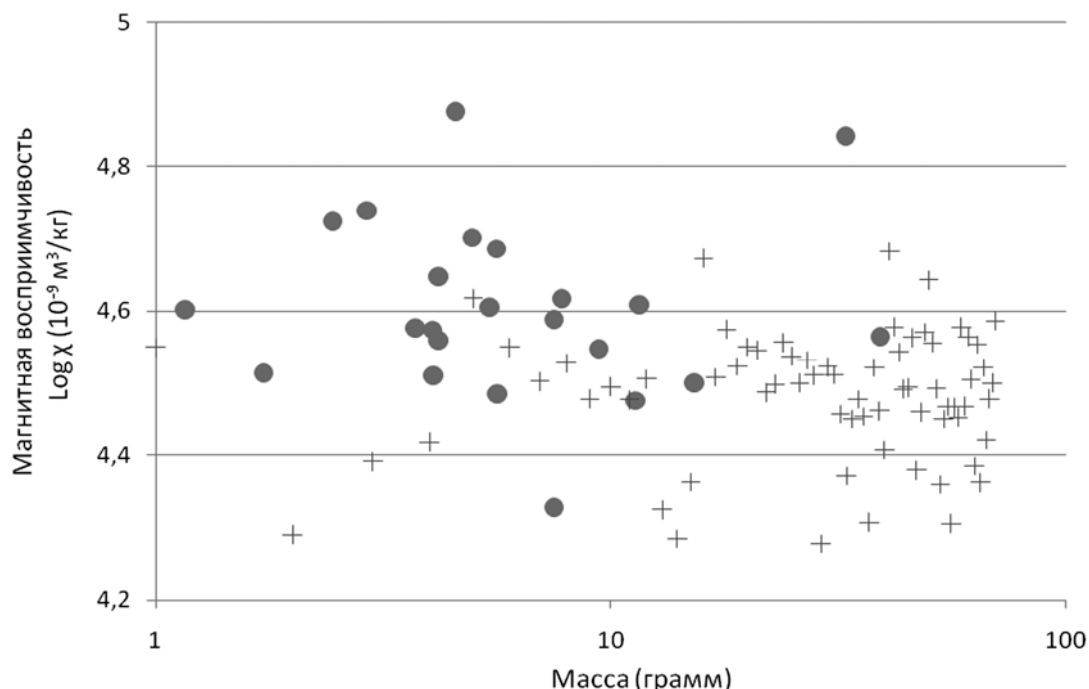


Рисунок 2 – Магнитная восприимчивость Челябинского метеорита в зависимости от массы

- - тёмные компоненты метеоритного вещества
- + - светлые компоненты метеоритного вещества

Кроме того, были выполнены измерения магнитной восприимчивости 93 образцов Челябинского метеорита с помощью SM-100 Portable magnetic susceptibility meter. Результаты, представленные на рисунке 2, показывают, что значения магнитной восприимчивости вполне равномерно распределены среди образцов различных масс. Логарифмы магнитной восприимчивости для 70 образцов метеорита Челябинск с преобладанием светлой литологии колеблются в интервале от 4,27 до 4,68 ($\lg \chi$ представлен в единицах $\times 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$). Среднее значение 4.48. Для 23 образцов тёмной литологии эта характеристика находится в интервале от 4,32 до 4,87, среднее значение 4.60. Измеренные значения магнитной восприимчивости в целом совпадают с аналогичными проведёнными исследованиями для других образцов Челябинского метеорита [Kohout, 2013].

Фрагменты метеорита с тёмной литологией имеют больший разнос по магнитной восприимчивости, чем образцы со светлой литологией (рис. 3). Так же наблюдается более высокое значение средней магнитной восприимчивости, что может говорить о более высоком содержании магнитных веществ в темной литологии Челябинского метеорита.

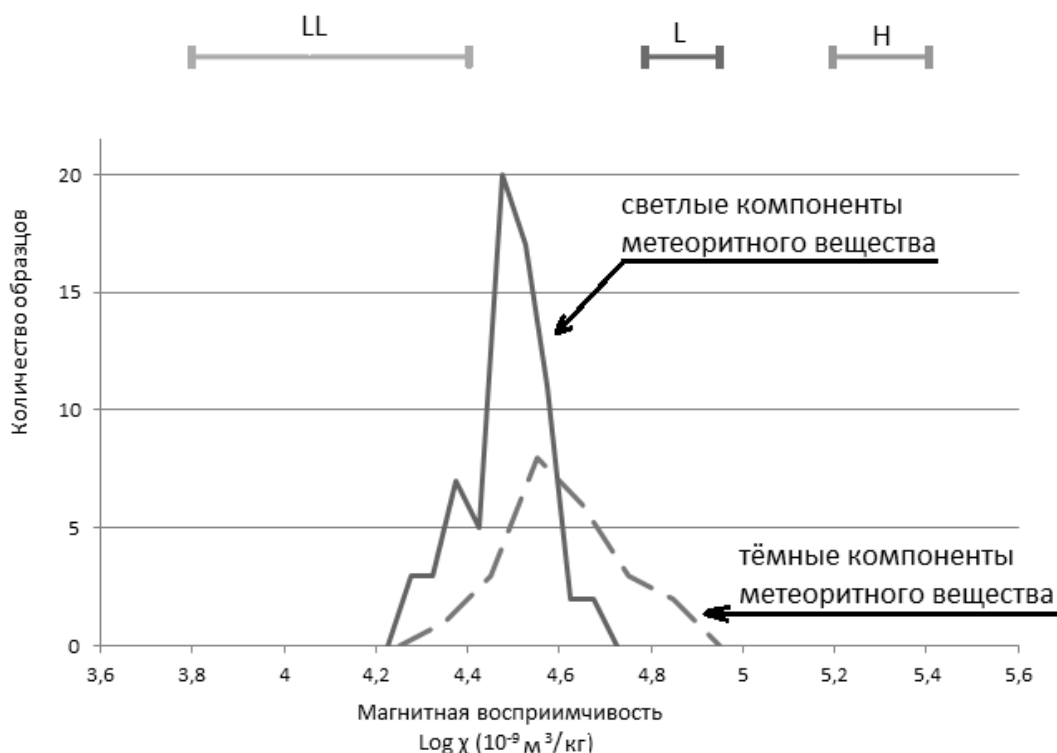


Рисунок 3 – Магнитная восприимчивость светлых и темных литологий вещества метеорита Челябинск по сравнению с другими H, L и LL хондритами

Необходимо отметить, что у наибольшего количества образцов Челябинского метеорита, магнитная восприимчивость попадает в интервал между LL и L групп хондритов, что хорошо видно на рисунке 3. Это свидетельствует о повышенном содержании магнетиков в веществе метеорита Челябинск по сравнению с группой хондритов LL, а также о пониженной доле окисленного железа по сравнению с металлическим.

Работа выполнена при частичной поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», Государственный контракт №14.740.11.1006.

Литература

1. Нархов Е.Д., Сапунов В.А., Денисов А.Ю., Савельев Д.В., Галкин Д.А., Яковенко Д.С., Федоров А.Л. Магниторазведка и интерпретация данных Чебаркульского метеорита // Астероиды и кометы. Челябинское событие и изучение падения метеорита в озеро Чебаркуль: материалы международной научно-практической конференции (Чебаркуль, 21-22 июня 2013г.). Челябинск: «Край Ра». 2013. С. 72-75.
2. Kohout T., Gritsevich M., Grokhovsky V.I., Yakovlev G.A., Haloda J., Halodova P., Michallik R.M., Penttilä A., Muinonen K. Mineralogy, reflectance spectra, and physical properties of the Chelyabinsk LL5 chondrite – insight into shock induced changes in asteroid regoliths. 2013. Icarus, in press. / <http://arxiv.org/abs/1309.6081/>