

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И МОРФОЛОГИИ МЕТАЛЛ-СУЛЬФИДНЫХ АССОЦИАЦИЙ В МЕТЕОРИТАХ ТИПА LL5

Макимова А.А., Яковлев Г.А., Гиззатуллина Р.Ф., Гроховский В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, alia55@bk.ru

Метеорит Челябинск, упавший 15 февраля 2013 года, распался на огромное количество осколков. Падение в густонаселенной местности и сравнительно легкий поиск и идентификация метеоритного вещества в первое время после падения (образование каналов в снегу) обусловили неконтрольный и быстрый сбор фрагментов местным населением. Метеоритной экспедиции УрФУ удалось собрать более 700 фрагментов в течение первых дней после падения. Петрологический тип метеорита был определен как LL5 [Galimov, 2013; Pillinger, 2013]. К этому же типу относится метеорит Княгиня, распавшийся более чем на 1200 фрагментов 9 июня 1866 года неподалеку от одноименного села в Великоберезнянском районе Закарпатья, Украина.

При осмотре имеющихся в распоряжении УрФУ фрагментов метеорита Челябинск было выявлено наличие трех типов образцов: с темной, светлой и смешанной литологией. Для микроскопических исследований были отобраны фрагменты всех типов литологий размером 2-3 см и фрагмент метеорита Княгиня размером 1,5-2 см. Поверхность образцов после распилов была подготовлена для исследования с помощью оптической и растровой электронной микроскопии. Изготовленные шлифы изучались с помощью инвертированного оптического микроскопа ZEISS Axiovert 40 MAT с системой анализа изображений SIAMS и растрового электронного микроскопа ZEISS SIGMA VP с приставками для EDS и EBSD.

Большинство образцов метеорита Челябинск в коллекции УрФУ представляют собой фрагменты со светлой литологией и обычной для хондритов структурой. Зерна металла и троилита равномерно распределены по поверхности шлифа. Размеры наблюдаемых включений находятся в диапазоне от единиц до сотен микрометров. В целом, количество зерен троилита превышает количество зерен металла. Встречаются металлические зёрна различных типов: первый тип состоит из камасита и тэнита, второй – только тэнит, также встречаются зерна состоящие из плессита и тэнита. Химический состав измеренных зерен камасита Ni - 5,3 вес.%, Co – 2,3 вес.%, тэнита Ni – 31,9 вес.%, Co < 1 вес.%. В светлой и темной литологиях встречается высоконикелевые металлические фазы с содержанием Co < 1 вес.% (рис. 1). В тэнитных зернах наблюдается плавное увеличение концентрации никеля в направлении от центра зерна к границе. Внутри зёрен вдоль границ камасита и тэнита иногда наблюдаются трещины. В некоторых светлых фрагментах встречаются включения чистой меди двух типов: 1) зерна металлической меди на границе камасит-троилит с размерами от 6 мкм до 200 мкм (рис. 2а); 2) зерна металлической меди с размерами от 0,5 мкм до 5 мкм внутри больших скоплений тэнит+тетратэнит, данная форма медных включений является типичной для обыкновенных хондритов [Rubin, 1994].

В обоих метеоритах наблюдаются разнообразные следы ударного метаморфизма. В темной литологии метеорита Челябинск металл и троилит встречаются как в виде зерен, так и в виде прожилков. Эти прожилки состоят из мелкодисперсных включений металла и троилита (рис. 2б). В коре плавления светлых образцов наблюдаются железо-никелевые дендриты и глобулы, состоящие из металла и троилита. При изучении метеорита Княгиня ударные прожилки не обнаружены, однако встречаются металл-сульфидные глобулы.

В структуре метеорита Княгиня также наблюдается равномерное распределение зерен металла, троилита и хромита различного размера от 1 мкм до 500 мкм. Металл представляет собой сочетание двух фаз: камасита (Co = 1,51 вес.%, Ni = 7,12 вес.%) и тэнита (Co = 0,62 вес.%, Ni = 37,8 вес.%). Крупные сульфидные включения имеют поликристаллическую структуру (рис. 3а).

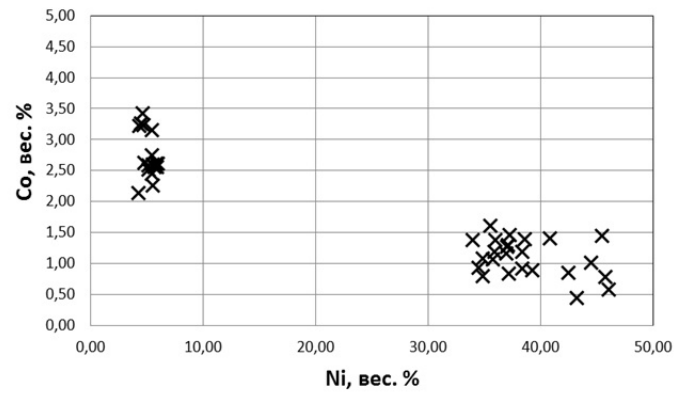
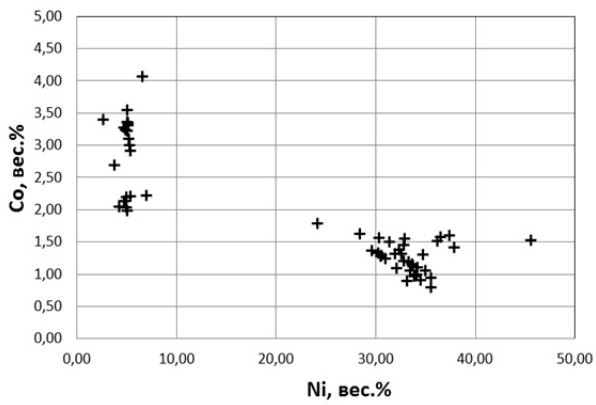


Рисунок 1 – Химический анализ металлических зерен метеорита Челябинск: а) в темной литологии; б) в светлой литологии

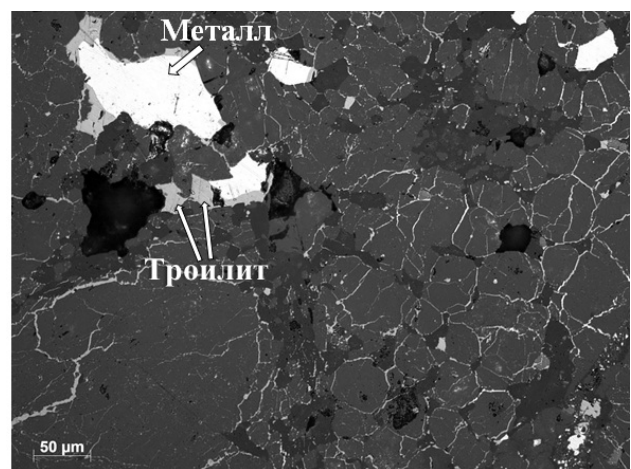
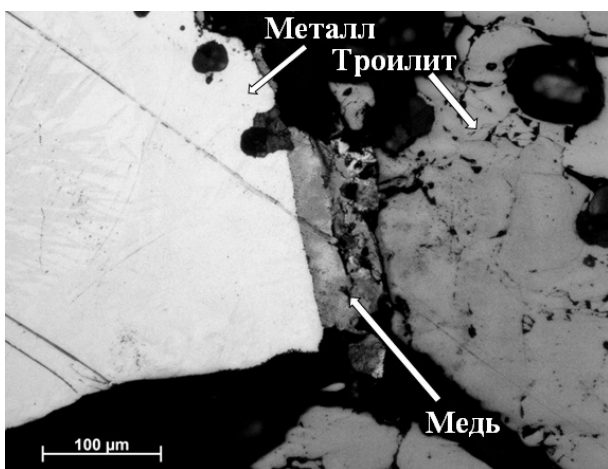


Рисунок 2 – Микроструктура фрагмента метеорита Челябинск: а) металлическая медь на границе металл – троилит; б) металлические зерна, троилит и прожилки из мелкодисперсных включений металла и троилита

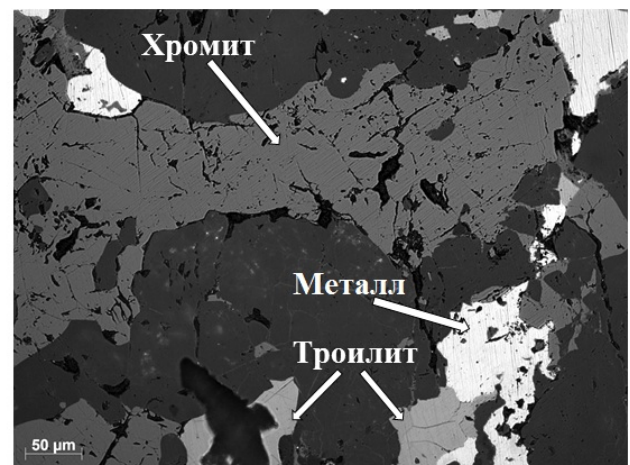
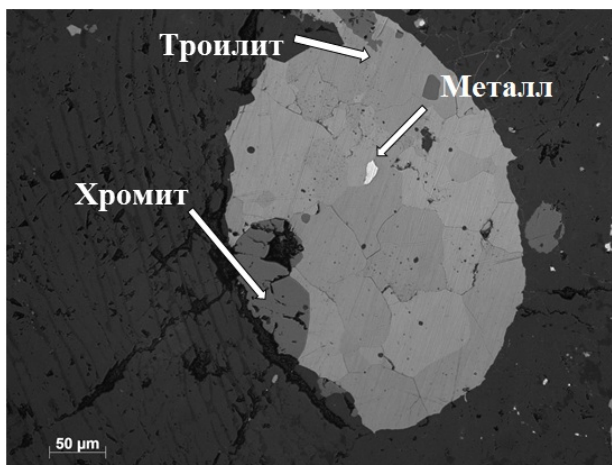


Рисунок 3 – Микроструктура фрагмента метеорита Княгиня: а) поликристаллический троилит; б) включения хромита, металлические зерна и троилит

С помощью программы анализа изображений SIAMS был проведен количественный анализ микроструктуры метеорита Княгиня и 3 фрагментов с различной литологией (темная, светлая и смешанная) метеорита Челябинск (табл. 1).

Таблица 1

Результаты количественного анализа доли структурных составляющих в метеоритах Челябинск и Княгиня

Наименование образца	Абсолютная доля фазы, %		
	Поры	Металл	Троилит
Челябинск (светлая литология)	12,28	1,56	1,95
Челябинск (темная литология)	8,51	1,26	0,82
Челябинск (смешанная литология)	9,88	1,61	1,93
Княгиня	2,89	1,74	2,76

По данным анализа можно сделать вывод о том, что доля пор в образце метеорита Княгиня примерно в 3 раза меньше, чем в метеорите Челябинск, что очевидно из факта наличия в последнем крупных продолговатых пор, в большей степени присутствующих во фрагменте темной литологии. Доля металлической фазы во всех образцах оказалась примерно на одном уровне и составила от 1,26% до 1,74%. Доля троилита в метеорите Княгиня больше, чем в метеорите Челябинск. Следует отметить наличие крупных включений хромита (до 500 мкм) в метеорите Княгиня (рис. 2б), что нехарактерно для исследованных фрагментов хондрита Челябинск. Высокая пористость метеорита Челябинск может быть обусловлена ударным воздействием на родительское тело и выкрашиванием при подготовке шлифов.

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. Galimov E.M., Kolotov V.P., Nazarov M.A., Kostitsyn Yu.A., Kubrakova I.V., Kononkova N.N., Roshchina I.A., Alexeev V.A., Kashkarov L.L., Badyukov D.D., Sevast'yanov V.S. Analytical Results for the Material of the Chelyabinsk Meteorite // *Geochemistry International*. 2013. V. 51. №. 7. P. 522-539.
2. Pillinger C.T., Greenwood R.C., Johnson D., Gibson J.M., Tindle A.G., Verchovsky A.B., Buikin A.I., Franchi I.A., Grady M.M. Light Element Geochemistry of the Chelyabinsk Meteorite // *Geochemistry International*. 2013. V. 51. №. 7. P. 540-548.
3. Rubin A.E. Metallic copper in ordinary chondrites // *Meteoritics & Planetary Science*. 1994. V. 29. Is.1. P. 93-98.