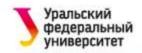


Структурные и фазовые изменения в метеорите Челябинск LL5 после ударно-волнового нагружения

<u>Р.Ф. Муфтахетдинова</u>*, В.И. Гроховский, Г.А. Яковлев, Е.В. Петрова



Обыкновенный хондрит Челябинск LL5

В результате изучения метеорита Челябинск было обнаружено, что все фрагменты можно разбить на три типа:



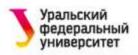
1) фрагменты со светлой литологией



2) Фрагменты темной литологии



3) брекчии, представляющие собой скопления участков светлой литологии, окруженные областями ударного расплава



Метеорит Челябинск LL5 S3/4 W0



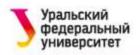
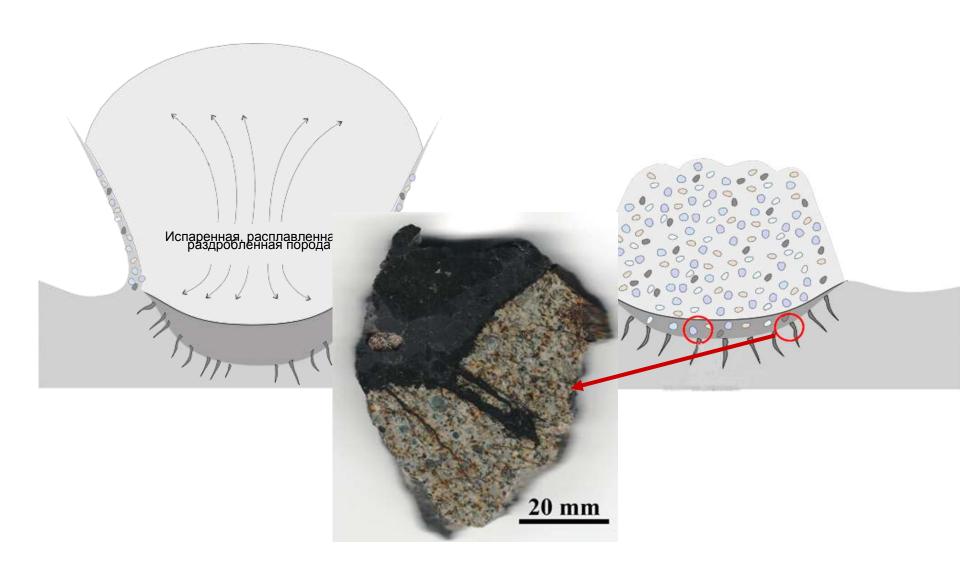
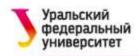


Схема образования зювитов





Целями данной работы являются:

- Экспериментальное моделирование ударного события с преобразованием вещества метеорита в широком диапазоне давлений и температур в пределах одного образца;
- Провести в метеоритном веществе ударные преобразования и сравнить полученные структуры с результатами ударного метаморфизма «естественного происхождения», образованными в космосе.

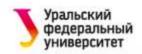
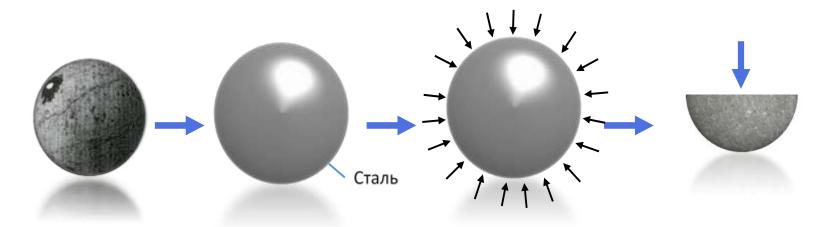
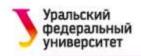


Схема эксперимента с образцом-шаром из хондрита Челябинск LL5



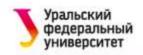
<u>Этапы:</u> вытачивание образца в виде шара, установка в стальной герметичный чехол, ударное нагружение сферически-сходящимися ударными волнами, извлечение образца из чехла, изготовление шлифов и исследование комплексом методов.

Эксперименты по ударному нагружению сферическисходящимися ударными волнами вещества метеорита Челябинск LL5 проводились в ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр — ВНИИТФ» им. Е.И. Забабахина (г. Снежинск).



Параметры образца до ударного нагружения

Образец	Диаметр шара, мм	Средняя плотность	Объем шара, см ³
	mapa, mm	, Γ/cm ³	mapa, cm
Челябинск	$39,99\pm0,01$	$3,48\pm0,01$	$33,49\pm0,03$
LL5			



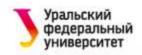
Используемое оборудование

Для исследования использовалось оборудование, установленное в НОЦ "НАНОТЕХ" УрФУ:

- инвертированный микроскоп отраженного света Axiovert 40 MAT с камерой AxioCam ERc 5s
- PЭM Σigma VP, с системами EDX INCA Energy и EBSD Channel 5 HKL

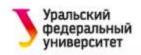






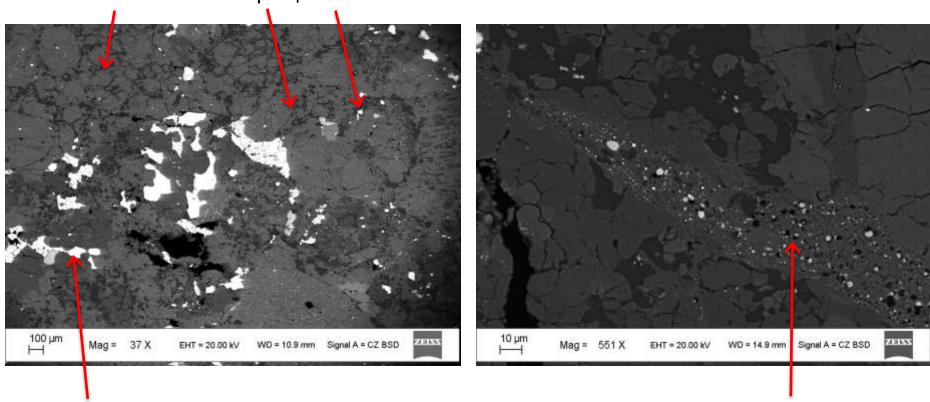
Образец после ударно-волнового нагружения





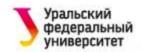
Внешняя зона 1.0-0.45 R

Многочисленные трещины в силикатах

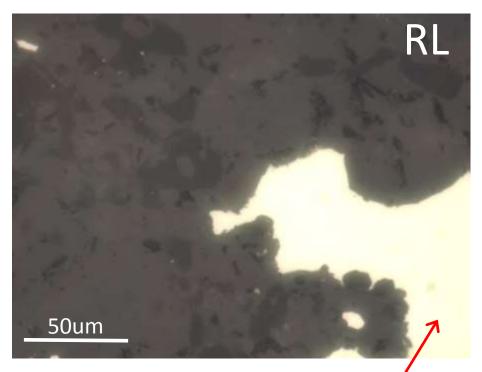


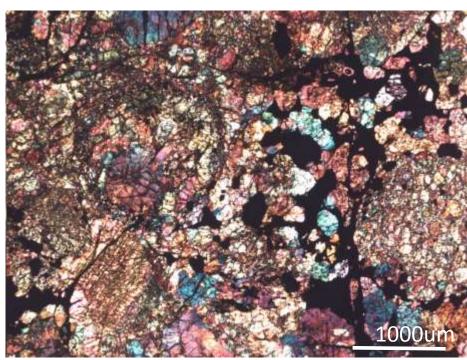
Отдельные зерна Me и Tr с неровными краями

Тонкая ударная жилка



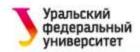
Внешняя зона 1.0-0.45 R



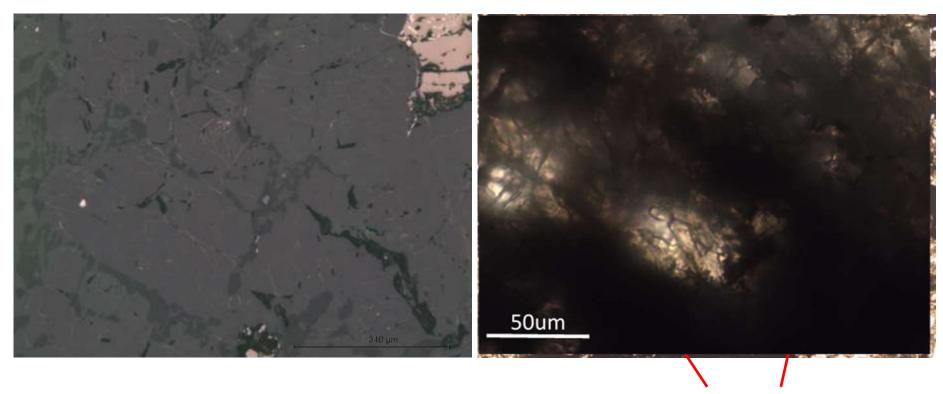


Индивидуальное металлическое зерно

Оптические изображения вещества экспериментально-преобразованной светлой литологии хондрита Челябинск: слева – отраженный свет, справа – поляризованный свет.

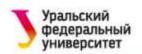


Черное кольцо (зона с темной литологией) 0,45-0,4 R

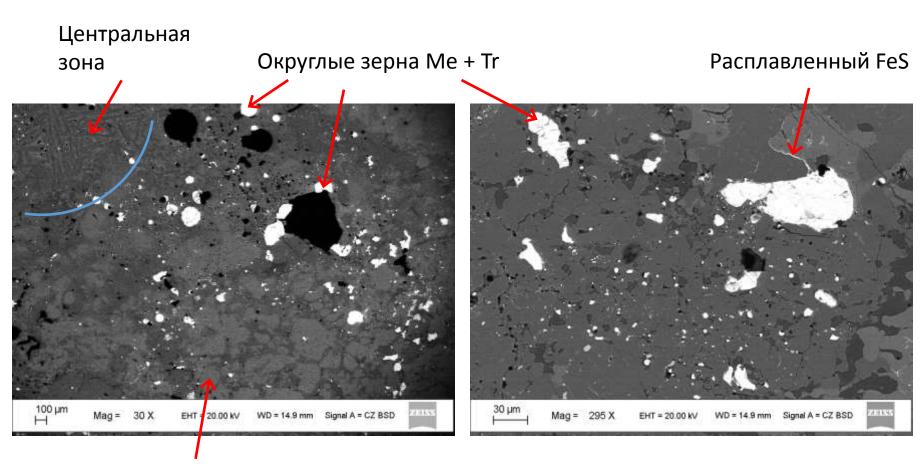


Непрозрачная зона черного кольца

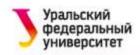
слева — отраженный свет, справа — проходящий свет. 1 — металл, 2 — хромит, 3 — расплав металла и троилита.



Внутреннее кольцо 0.4-0.25 R

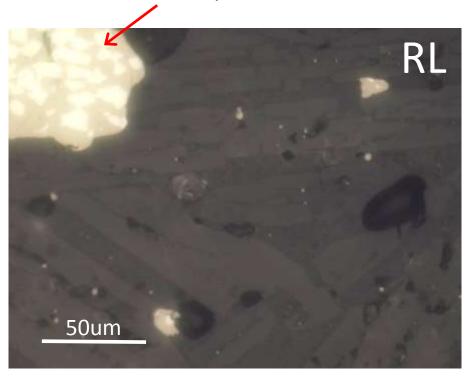


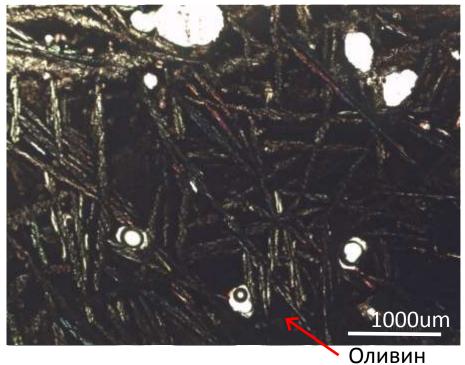
Силикаты в окружении расплава

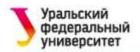


Центральная зона (зона ударного расплава) 0,25-0 R

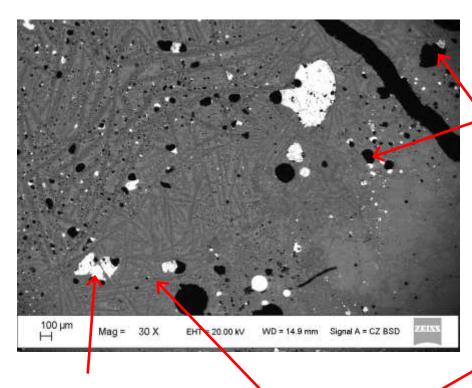
Метал+Троилит







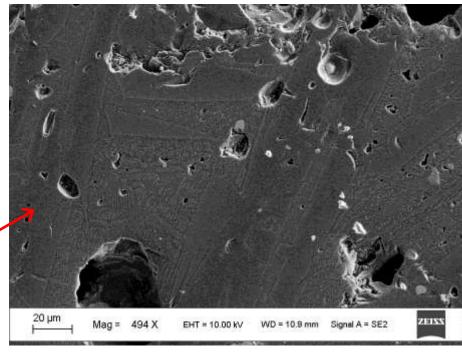
Центральная зона (зона ударного расплава) 0,25-0 R

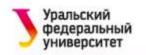


Me+Tr глобулы

Кристаллы оливина

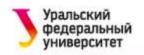
Поры





Выводы

- Выполнение экспериментов по нагружению сферически-сходящимися ударными волнами вещества обыкновенного хондрита Челябинск позволило в результате эксперимента реализовать широкий диапазон давлений и температур, что привело к формированию концентрического градиента структур в шарообразном образце.
- В результате проведенных исследований в экспериментальном образце получены зоны, соответствующие типам литологий отдельных фрагментов метеоритного дождя Челябинск, представленным в коллекции УрФУ.
- Полученные данные подтверждают модель формирования вещества разных литологий обыкновенного хондрита Челябинск LL5 из исходного вещества светлой литологии в результате ударного события в родительском теле.
- Полученные результаты доказывают, что предложенный эксперимент позволяет моделировать ударное воздействие, аналогичное происходящим в космическом пространстве. Таким образом, для развития будущих миссий, можно моделировать процессы происходившие или планируемые к осуществлению с малыми телами солнечной системы путем нагружения соответствующих образцов сферически-сходящимися ударными волнами.



Благодарности:



Профессор УрФУ Гроховский Виктор Иосифович



ДоцентУрФУ Петрова Евгения Викторовна



М.н.с. УрФУ Яковлев Григорий Алексеевич

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки (проекты № 5.3451.2017/4.6 и № 5.4825.2017/6.7), Акта 211 Правительства Российской Федерации, Соглашение № 02.A03.21.0006, гранта РФФИ № 18-38-00598.



Спасибо за внимание!