

ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ГРАНАТА В УДАРНЫХ ВОЛНАХ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ).

Козлов Е.А.*, Сазонова Л.В., Белятинская И.В.****

*Российский федеральный ядерный центр—Всероссийский НИИ технической физики им. Е.И. Забабахина

**МГУ М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра петрологии

saz@geol.msu.su

Как показало изучение импактитов, в результате прохождения ударной волны через породы мишени, в них возникают как механические, так и химические изменения. Постударные изменения в импактатах затрудняют изучение химических преобразований, вызванных прохождением ударной волны. Для изучения химических изменений в гранате, вызванных ударным воздействием, проводились эксперименты с породами, содержащими гранат. Ударное нагружение осуществлялось сферическими сходящимися ударными волнами [1]. Особенность этих экспериментов заключается в том, что пиковое давление на фронте ударной волны увеличивается по мере движения волны к центру образца, при этом давление изменяется от 20 ГПа на краю образца до > 100 ГПа – в центре. Для экспериментов был приготовлен образец породы гранатосодержащих сланцев в форме шара диаметром около 50 мм, который в вакууме (10^{-5} мм рт.ст.) заваривался в стальной гермочехол (6 мм шириной) и подвергался нагружению сферической сходящейся ударной волной [1]. После сферического обжатия, разгрузки и остывания при комнатной температуре образцы распиливались в меридиональной плоскости, полировались и изучались на растровом электронном микроскопе CamScan 4DV с энергодисперсионным анализатором Link AN-10000, при ускоряющем напряжении 15 кВ и токе зонда на образце $(1-3) \times 10^{-9}$ А. Ошибка определения при содержаниях больше 10% была ± 2 отн.%, при содержаниях от 5 до 10% – ± 5 отн.%, а при содержаниях от 1 до 5% – ± 10 отн.%. Область генерации рентгеновского излучения составляла около 3 мкм.

В результате экспериментов в шарах появляется несколько близсферических зон, в каждой из которых гранат изменяется по-разному.

Внешняя **зона I** – зона трещиноватости граната, имеет ширину от 9 до 11 мм. Напряжения в этой зоне меняются примерно от 20 до 27 ГПа (при движении от поверхности шара к центру). Гранат в этой зоне покрыт сетью неправильных, многочисленных трещин, количество которых увеличивается к центру шара.

Зона II – 2-3 мм шириной. Ударные нагрузки в этой зоне, во внутренней ее части, достигают 27-37 ГПа. Эта зона интенсивных преобразований граната. В тонких прожилках, залечивающих трещины в гранате, наблюдается агрегат новообразованных фаз. Ширина таких трещин изменяется от долей мкм до сотен мкм. Количество и ширина трещин растут от краевых к внутренним частям зоны. В конце этой зоны новообразованный агрегат фаз развивается по зерну в виде сплошной сетки и гранат уже сохраняется только в виде фрагментов среди новообразований.

Зона III, 2-3 мм шириной. Ударно-волновое нагружение в этой зоне, по мере приближения к центру шара, меняется от 37 до 58 ГПа. Границы гранатовых зерен часто расплывчаты и нечетки. Зерна граната в этой зоне плавятся, но этот расплав не смешивается с расплавами по другим минералам.

Центральная **зона IV-зона** полного плавления породы, имеет поперечник 9-12 мм, возникает при ударных нагрузках более 60 ГПа и сложена пористым стеклом смешанного состава. Полной гомогенизации расплава по разным минералам при этом не происходит.

Химические изменения в гранате

Особый интерес вызывает появление в трещинах, линзах, неправильной формы пятнах новых высокоглиноземистых фаз, которые, судя по их скелетной форме и цементирующему их стеклу, кристаллизовались из расплава, возникающего по гранату. Как видим, процесс замещения граната в этой зоне развивается неравномерно. Формирование новых фаз контролируется мельчайшими трещинками. Неравномерность развития процесса плавления и кристаллизации связана с тем, что большая скорость протекания процесса и неоднородность среды при сжатии ударной волной приводят к неравновесному состоянию вещества в целом и значительным локальным его разогревам. Плавление и кристаллизация граната в трещинах происходят, вероятно, на изоэнтропе. Детальный химический анализ новообразованных минералов позволя-

ет выделить здесь шпинелевую, «оливиновую», «пироксеновую» и «гранатовую» фазы (Рис.1,2). «Гранатовая» фаза пересчитывается на формулу граната и отличается от вмещающего граната, существенно альмандинового состава, резко повышенной магнезиальностью. «Оливиновая» фаза пересчитывается на формулу оливина, но отличается от оливина наличием глинозема (до 13%). Фаза такого же состава, развивающаяся по биотиту в одном из изученных экспериментальных образцов, была нами обнаружена и идентифицирована методом СКР, как рингвудит (γ -оливин) [2,3]. «Оливиновая» фаза часто развивается вокруг шпинели, причем часто резкие границы между шпинелью и данной фазой отсутствуют, что предполагает наличие твердого раствора между этими минералами, что является косвенным доказательством принадлежности «оливиновой» фазы к рингвудиту, который изоструктурен шпинели. Состав «пироксеновой» фазы хорошо пересчитывается на формулу пироксена, но содержание в ней глинозема до 15-17% заставляет предполагать, что в данном случае мы имеем дело либо с силикатным пировскитом, либо с меджоритом.

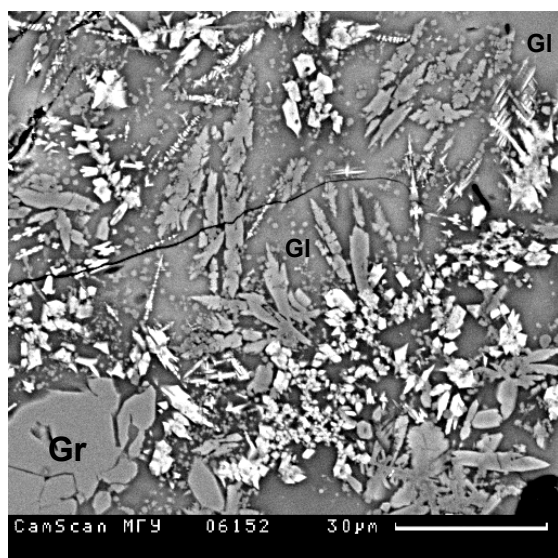


Рис.1. Агрегат новообразованных фаз, замещающий гранат: серое - «пироксеновая» фаза; белое - «оливиновая» фаза; Gl – стекло. Gr – реликты исходного граната.

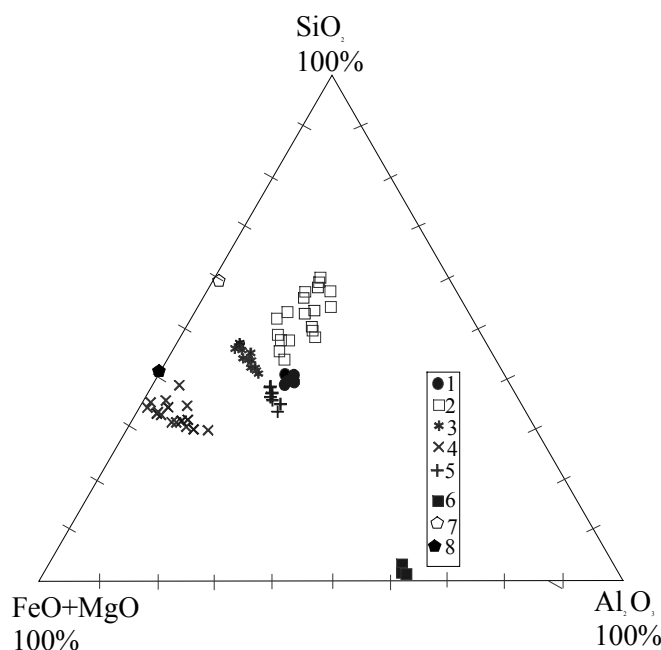


Рис.2. Составы исходного граната и реликтов неизмененного граната (1) и новообразованных фаз: стекла (2) «пироксеновой» фазы (3); «оливиновой» фазы (4); граната (5); шпинели (6). Теоретические составы минералов: меджорита и пироксена (7); рингвудита и оливина (8).

Литература

1. Козлов Е.А. Исследования металлов, минералов и метеоритов в сферических ударно-изэнтропических экспериментах: полиморфные и фазовые превращения, откольные и сдвиговые разрушения, физико-химические превращения (обзор) // Доклады международной конференции «V Забабахинские научные чтения». Труды. Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский НИИ Технической физики, 21-25 сентября 1998, Снежинск, Россия. Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ. 1999. Ч. I. СС. 579-590.
2. Kozlov E.A., Sazonova L.V., Fel'dman V.I., Dubrovinskaya N.A., and Dubrovinsky L.S. Formation of ringwoodite in high-explosive experiments on muscovite-biotite-quartz slates. Bayerisches Geoinstitut-Uuniversität Bayreuth // Annual Report. Bayerisches Forschungsinstitut für Experimentelle Geochemie und Geophysik - Uuniversität Bayreuth. 2002. PP. 100-101.
3. Козлов Е.А., Сазонова Л.В., Фельдман В.И., Дубровинская Н.А., Дубровинский Л.С. Образование рингвудита при ударно-волновом нагружении двуслюдяного сланца (экспериментальные данные) // Докл. РАН. 2003. Т. 390. № 3. СС. 379-381.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/planet-4.pdf

Опубликовано 1 июля 2004 г.

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна