

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГЛИНИСТОГО ИЗВЕСТНЯКА ПРИ
КОРОТКОИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**Уляшев В.В. (vaskom77@mail.ru), Исаенко С.И., Шумилова Т.Г.**

Сыктывкарское отделение. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН

TRANSFORMATION OF CLAY-CONTAINING LIMESTONE UNDER PULSE
LASER IMPACT**Ulyashev V.V., Isaenko S.I., Shumilova T.G.**

Syktyvkar branch. Institute of Geology, Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia

Минералы и горные породы интенсивно преобразуются при больших ударных нагрузках. Динамические ударные волны, являющиеся причиной ультравысоких давлений и температур, приводят к деформации, трансформации, плавлению и испарению вещества исходной горной породы. В данной работе мы приводим результаты экспериментального моделирования импактного процесса по породам карбонатного состава. Полученные данные являются необходимыми для понимания процессов преобразования известняков с незначительной силикатной составляющей пород подложки при импактном воздействии.

Воспроизведение импактного процесса в лабораторных условиях помогает понять механизм природных объектов, подверженных ударному воздействию (Melosh, 1989). Аналогом природных импактных процессов на микроуровне может служить локальное лазерное воздействие на поверхность исследуемого образца, подобное экспериментальное моделирование широко применяется в зарубежной практике (Langenhorst, 2002).

Лазерная обработка поверхностей относится к локальным методам термического воздействия с помощью высококонцентрированных источников нагрева. При воздействии миллисекундного лазерного излучения на поверхности вещества возникают сверхвысокие температуры (порядка нескольких тысяч К) за счет большой плотности энергии излучения ($6 \cdot 10^5$ Вт/см²) и скоротечности времени воздействия импульса (0.5 мс). Возникает чрезвычайно высокая концентрация энергии в микрообъеме поверхностного слоя, что приводит к переходу вещества в плазменное состояние. При расширении плазмы в приповерхностной области возникают очень большие давления, как при взрыве (Григорьянц, 1987).

В качестве материала для экспериментальных исследований был использован глинистый известняк из пород мишени Карской астроблемы (Пай-Хой). Для исследований изготавливались пластины размерами около 1.5×1.5 см². Во избежание процессов окисления во время воздействия лазерного излучения на вещество, образцы помещали в сосуд, заполненный инертной средой аргона, который устанавливали на кронштейн на расстоянии 0.5 м от рубинового лазера

ГОР-100М и производили облучение образца. Зона воздействия имела небольшие размеры – порядка $0.3 \times 0.2 \text{ см}^2$.

Изучение продуктов преобразования проводилось в ЦКП «Геонаука» локальными методами исследования рамановской спектроскопии (LabRam HR800 (Horiba Jobin Yvon)) и сканирующей электронной микроскопии в совокупности с микронзондовым анализом (Tescan Vega LMN (Чехия) с энергодисперсионным детектором X-MAX, Oxford Instruments, аналитик С.С. Шевчук).

Интенсивное преобразование поверхности хорошо выявляется по данным сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), которая позволила зафиксировать существенные морфологические изменения в области лазерного воздействия, в которой условно выделяются две зоны – интенсивного и слабого преобразования. Первое имеет кораллоподобную морфологию, которая хорошо выделяется на фоне неизменной области. По данным энергодисперсионного анализа преобразованное вещество имеет преимущественно кальцитовый состав.

В ходе спектроскопических исследований нами установлено, что исходный кальцит и продукты шокового воздействия имеют различные спектроскопические характеристики, свидетельствующие о фазовых изменениях. В случае исходного вещества спектр имеет типичный вид для кальцита с полосами $282, 714, 1089 \text{ см}^{-1}$, спектр из зоны воздействия характеризуется полосами $252, 359, 3619 \text{ см}^{-1}$, что соответствует гидроксиду кальция (портландит). Помимо этого в измененной области в некоторых точках спектры свидетельствуют о произошедшем процессе рекристаллизации кальцита с увеличением полуширины полос, а также смещением рамановского сдвига в сторону больших значений. Обнаружено «in situ», что при постепенном нагреве лазерным излучением спектрометра, происходит постепенное преобразование $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 .

В результате детального анализа продуктов проведенного экспериментального моделирования импактного воздействия по глинистому известняку посредством импульсного лазерного воздействия нами установлено плавление и раскристаллизация карбонатного расплава с образованием промежуточных фаз и кальцита. Глинистая же компонента в проведенных экспериментах претерпевает плавление и стеклование. Проведенные эксперименты показали, что кальцитовый расплав в отличие от силикатного кристаллизуется исключительно быстро, при этом финальным продуктом вновь является кальцит, что затрудняет выявление стадии плавления карбоната в природных импактных объектах. При отсутствии примеси силикатов и алюмосиликатов в карбонатных породах мишени признаки импактного преобразования весьма затухают и проявляются только в виде промежуточных продуктов преобразования карбоната. Хотя, в случае мощного перекрытия выше лежащими толщами, могут сохраняться и явные признаки плавления карбонатов (Osinski et. al, 2003).

Полученные данные имеют важное значение для исследования астроблем, поскольку породы осадочного чехла чаще всего подвергаются импактному

воздействию, однако происходящие в них процессы преобразования исследованы в существенно меньшей мере, нежели в плотных метаморфических породах, несущих явные следы ультравысокобарных преобразований, включая образование высокобарных минералов – коэсита, стишовита и импактных алмазов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы УрО РАН, проект № 15-18-5-43.

Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Лазерная техника и технология. – М.: Изд-во Высшая школа, 1987. – 191 с.

Langenhorst F. Shock metamorphism of some minerals: Basic introduction and microstructural observations. Bulletin of the Czech Geological Survey, Vol. 77, No. 4, 265–282, 2002.

Melosh H.J. Impact cratering, a geological process. Oxford Univ Press. New York. 1989. 245 p.

Osinski G.R. Impact glasses in fallout suevites from the Ries impact structure, Germany: An analytical SEM study. Meteoritics & Planetary Science 38, Nr 11, 1641–1667 (2003).