

С. А. Садыков, Е. А. Козлов, Ю. Н. Жугин, Б. В. Литвинов,
В. Н. Быков

**ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТА ПРИ
УДАРНО-ВОЛНОВОМ НАГРУЖЕНИИ: ИССЛЕДОВАНИЯ
МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**

S. A. Sadykov, E. A. Kozlov, Yu. N. Zhugin, B. V. Litvinov, V. N. Bykov

**PHASE TRANSFORMATION OF WOLLASTONITE AT SHOCK-WAVE
LOADING: INVESTIGATION BY IR-SPECTROSCOPY**

The wollastonite after shock-wave influence was studied by IR-spectroscopy. Interpretation of obtained spectra was carry out. Phase transition β - α wollastonite was established.

В последние годы выполнено значительное количество исследований по изучению физико-химических превращений минералов и горных пород в сферических ударных волнах [1—4, 6—8]. Эти исследования имеют важное значение для понимания процессов ударного метаморфизма и поведения минералов при высоких давлениях и температурах.

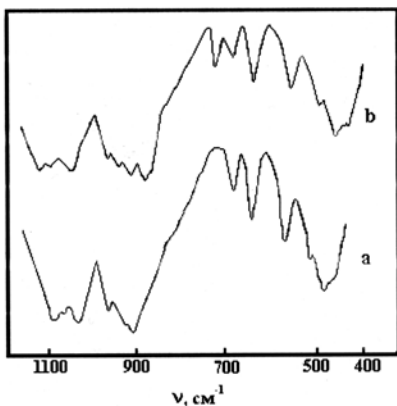
В работе [2] методом спектроскопии комбинационного рассеяния был исследован образец волластонита подвергнутый ударно-волновому воздействию и был установлен фазовый переход волластонита (CaSiO_3) цепочечной β -модификации в циклическую α -модификацию в условиях воздействия высоких давлений непосредственно во фронте сферически сходящейся ударной волны. Инфракрасная спектроскопия является эффективным методом определения строения силикатных анионов, в частности, анионов цепочечного и кольцевого строения.

Объектом исследования являлась горная порода (Чаданское месторождение, Красноярский край), состоящая из игольчатого, волокнистого волластонита с примесью минерала из группы клиноцоизита-эпидота и пренита, из которой был изготовлен шар диаметром 48.9 мм, подвергнутый в дальнейшем ударно-волновому воздействию. Методика эксперимента и описание образца после ударного воздействия приведены в работе [2]. Нами были изучены две порошкообразные пробы, отобранные на ради-

усах 24 мм (внешняя зона) и 12 мм (средняя зона). Спектры были зарегистрированы на инфракрасном спектрометре UR-20 в диапазоне частот от 400 до 1100 см^{-1} . Образцы для исследования были приготовлены по стандартной методике в виде таблеток с КВг.

На рисунке представлены зарегистрированные спектры образцов. В инфракрасном спектре пробы из внешней зоны (а) в низкочастотной области наблюдаются три интенсивные полосы поглощения с максимумами 510, 471 и 452 см^{-1} . В области средних частот имеются три хорошо выраженные полосы с максимумами 680, 642 и 566 см^{-1} . В высокочастотной области выделяются шесть полос поглощения с максимумами 1087, 1056, 1019, 964, 925, 904 см^{-1} . Этот спектр соответствует ИК спектру β -модификации волластонита, приведенному в работе [5]. В соответствии с интерпретацией, предложенной в этой работе, полосы поглощения в низкочастотной области связаны с деформационными колебаниями связей Si-O и внешними колебаниями решетки. Особенно важной является область средних частот, где наблюдаются полосы, относимые к симметричным валентным колебаниям мостиков Si-O-Si. Количество полос в этой области соответствует количеству тетраэдров SiO_4 в периоде идентичности силикатной цепочки. Три полосы поглощения 680, 642 и 566 см^{-1} указывают на то, что силикатная цепочка образована повторяющимися звеньями из трех кремнекислородных тетраэдров. Полосы в интервале 900—1100 см^{-1} обусловлены валентными антисимметричными колебаниями мостиков Si-O-Si и валентными колебаниями немостиковых связей.

В инфракрасном спектре пробы, отобранной из средней зоны (b), наблюдаются те же полосы поглощения β -модификации



волластонита, что и в первом образце. Однако, в области средних частот появилась дополнительная полоса с максимумом 725 см^{-1} . Согласно [5] она обусловлена симметричными валентными колебаниями

Рис. Инфракрасные спектры проб из внешней (а) и средней (b) зон нагруженного образца волластонита.

ми связей Si–O–Si в кольцевых силикатных анионах $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$. Появление этой полосы указывает на частичное образование циклической α -модификации волластонита в результате воздействия высоких давлений.

Следует отметить, что в спектре второго образца наблюдается еще одна дополнительная полоса с максимумом 875 см^{-1} , которая может быть связана с присутствием бустамита ($(\text{Mn}, \text{Ca})_3\text{Si}_3\text{O}_9$). У эталонного бустамита в высокочастотной области инфракрасного спектра наблюдается интенсивная полоса с максимумом 872 см^{-1} , обусловленная валентными симметричными колебаниями мостиков Si–O–Si [5]. Отметим, что высокомарганцевый минерал, по составу близкий к бустамиту (средний состав: SiO_2 54.78; Al_2O_3 2.42; FeO 1.94; MnO 23.83; CaO 16.93 мас. %), обнаружен авторами работы [2] под электронным микроскопом в виде мельчайших выделений (до первых мкм) в интерстициях между кристаллами волластонита.

Полученные данные о частичном фазовом переходе волластонита из цепочечной β -модификации в циклическую α -модификацию в условиях воздействия высоких давлений согласуются с данными спектроскопии комбинационного рассеяния, приведенными в работе [2]. Таким образом, ИК-спектроскопия позволяет получить достоверную информацию о структурных и фазовых изменениях минералов.

Авторы благодарны С. С. Потапову (Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс) за конструктивное и полезное обсуждение статьи.

Литература

1. Бадюков Д. Д. Воздействие ударных волн на основные типы порообразующих минералов // Метеоритика. 1986. Вып. 45. С. 122—129.
2. Козлов Е. А., Жугин Ю. Н., Литвинов Б. В., Сазонова Л. В., Вигасина М. Ф., Орлов Р. Ю. Фазовые превращения волластонита в сферических волнах напряжений // Докл. АН. 1997. Т. 355. № 3. С. 328—332.
3. Козлов Е. А., Жугин Ю. Н., Литвинов Б. В., Фельдман В. И., Сазонова Л. В., Медведев А. В. Оценка амплитуды ударной нагрузки по изменению состава полевых шпатов в импактированной породе // Докл. АН. 1998. Т. 361. № 3. С. 333—336.
4. Козлов Е. А., Сазонова Л. В., Коваленко Г. В., Жугин Ю. Н. Фазовые превращения энстатита в сферических ударных волнах. Препринт № 136. Снежинск: РФЯЦ-ВНИИТФ, 1998.

5. *Лазарев А. Н.* Колебательные спектры и строение силикатов. Л.: Наука, 1968.

6. *Сазонова Л. В., Козлов Е. А., Жугин Ю. Н.* Особенности химических, структурных и фазовых превращений плагиоклаз-гранат-пироксеновой горной породы в сферических волнах напряжений // *Геохимия*. 1998. № 7. С. 687—694.

7. *Фельдман В. И., Козлов Е. А., Жугин Ю. Н., Диков Ю. П., Каримова О. В.* Особенности застывания импактного расплава альмандинового состава // *Докл. АН*. 1999. Т. 365. № 2. С. 253—256.

8. *Metals and minerals research in spherical shock-wave recovery experiments / Edited by professor B. V. Litvinov.* Snezhinsk: ONTI RFNC-VNIITF, 1996.