

2. Волченко Ю.А., Бобров В.Н. Два типа зональности в платиноносных габбро-гипербазитовых комплексах геосинклиналей // III Уральское совещание «Рудоносные метасоматические формации Урала», тез. докл. Ч. 3. Свердловск, 1981. С. 6-7.
3. Волченко Ю.А., Фоминых В.Г., Нечехун В.М. Главные рудные геолого-геохимические системы Урала. М.: Наука, 1990. С. 79-96.
4. Волченко Ю.А., Золоев К.К., Коротеев В.А. и др. Новые и перспективные типы платинометалльного оруденения Урала // Геология и металлогения Урала. Кн. 1. Екатеринбург, 1998. С. 238-255.
5. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустроева и др. Новые золото-платино-палладиевые проявления Палладиеносного пояса Урала // Ежегодник-2006. Екатеринбург, 2006. С. 214-220.
6. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Иванов К.С. и др. Палладиеносный пояс Урала // Минералогия Урала-2007. Миасс, 2007. С. 9-14.
7. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Иванов К.С. Платиноносный и Палладиеносный пояса Урала: общие перспективы платиноносности Севера Урала // Уральская минералогическая школа-2008. Екатеринбург, 2008. С. 11-20.
8. Генкин А.Д. Последовательность и условия образования минералов платиновой группы в Нижне-Тагильском дунитовом массиве // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 1. С. 41-48.
9. Иоган З., Онештеттер М. Силикатные включения в изоферроплатине из интрузивных комплексов аляскинского типа: генетическое значение // VII Международный Платиновый Симпозиум. Тез. докл. М.: Наука, 1994. С. 42-43.
10. Hattori K., Cabri L.J. Origin of platinum-group minerals nuggets inferred from osmium-isotope study // Canad. Mineralogist. 1992. V. 30. Pt. 2. P. 289-301.

ПРЕВРАЩЕНИЕ АНТИГОРИТА В МЕТАСТАБИЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ

Ганбаров Д.М.*, Алиева Г.М.*, Ширин-заде И.А.*, Мамедова Г.А.*, Абдуллаев З.Б.**

**Институт химических проблем НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан*

***Институт геологии НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан*

e-mail: zakir_garaca@mail.az

TRANSFORMATION OF ANTIHORITE INTO METASTABLE CONDITION

Ganbarov D.M.*, Aliyeva G.M.*, Shirin-zade I.A.*, Mamedova G.A.*, Abdullayev Z.B.**

**Institute of Chemical Problems ANAS, Baku, Azerbaijan*

***Institute of Geology ANAS, Baku, Azerbaijan*

e-mail: zakir_garaca@mail.az

By the method of a thermal elaboration there has been obtained metaantihorite from the antihorite mineral. By the roentgenographic and derivatographic methods of analysis it has been established that antihorite in metastable condition can be obtained at the temperature 645°C in the period of 50 minutes.

Как известно, идеальный состав минералов группы серпентина, в том числе антигорита, характеризуется химической формулой $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$. Однако многочисленные анализы серпентинов из различных регионов показывают, что они, кроме MgO , SiO_2 и H_2O , в большинстве случаев содержат еще Fe_2O_3 . Нами по возможности были использованы образцы антигорита с минимальным содержанием окислов железа. Антигорит является одной из полиморфных модификаций минералов группы серпентина [1-4], но известны и другие его модификации, как лизардит и хризотил. Эти модификации, обладая аналогичным химическим составом и слоистой структурой, различаются между собой деформацией кристаллической решетки и морфологией кристаллов.

Комплексными физико-химическими методами выделена антигоритовая модификация среди этих разновидностей и определен химический состав использованных образцов (в вес.%): SiO_2 – 40,94; Al_2O_3 – 1,45; Fe_2O_3 – 0,84; FeO – 2,00; MnO – 0,5; MgO – 40,48; CaO – 0,06; Na_2O – 0,64; K_2O – 0,36; NiO – 0,17; H_2O – 12,74.

Напомним, что в отличие от слоистых минералов каолинита – $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ и галлуазита – $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, антигорит в метастабильном состоянии не существует как в природе, так и в искусственно полученном виде. Это, по-видимому, связано со сравнительно стабильной структурой антигорита.

Возможность получения метастабильного состояния антигорита (метаантигорита) нами была прогнозирована в связи со структурной родственностью его с минералами каолинитом и галлуазитом. Метасостояния последних (метакаолин, метагаллуазит) встречаются в природе и получены искусственным путем в результате термических превращений самих минералов. Из сравнения структур минералов – каолинита, метагаллуазита, галлуазита и антигорита видно, что они составлены из слоев Si-O, состоящих из радикалов $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ гексагонального типа. В структурах каолинита и галлуазита чередуются $[\text{Si}(\text{O},\text{OH})_4]$ и $[\text{Al}(\text{O},\text{OH})_6]$ слои, а в структуре антигорита – тетраэдры $[\text{Si}(\text{O},\text{OH})_4]$ и октаэдры $[\text{Mg}(\text{O},\text{OH})_6]$.

Практическая реализация метастабильного состояния антигорита представляет значительный интерес не только в структурном аспекте, но и как исходный материал для синтеза цеолитов различных структурных типов, в том числе Mg-содержащих. Следует отметить, что эти минералы используются в метастабильном структурном состоянии, т.е. на границе кристаллическо-аморфного состояния.

Однако, в отличие от каолинита, антигорит не легко переходит в метасостояние. Основная трудность заключается в том, что антигорит после 600°C подвергается дегидроксилированию и легко переходит в стабильную форстеритовую фазу. Считаем, что для того, чтобы предотвра-

тить переход антигорит \rightarrow форстерит необходимо пользоваться факторами температуры и времени. На основании дериватографических данных, термическая обработка антигорита проводилась в области дегидроксилирования. Рентгенодифрактограммы продуктов термической обработки антигорита и его исходного образца снимались именно в этой области (600-690 $^\circ\text{C}$) и представлены на рис. 1, I-VI.

Из дифрактограммы видно, что при нагревании до 690°C антигорит частично переходит в форстерит (рис. 1, II). А это свидетельствует о том, что переход антигорит \rightarrow форстерит начинается даже в области дегидроксилирования. Именно по этой причине термическая обработка антигорита проводилась в начале процесса дегидратации. С этой целью выбрана оптимальная температура – 645°C , при которой антигорит не подвергается структурному переходу в форстерит. Термическая обработка образцов антигорита при 645°C проводилась в течение 5-60 часов. Дифрактограммы этих образцов представлены на рис. 1, III-VI.

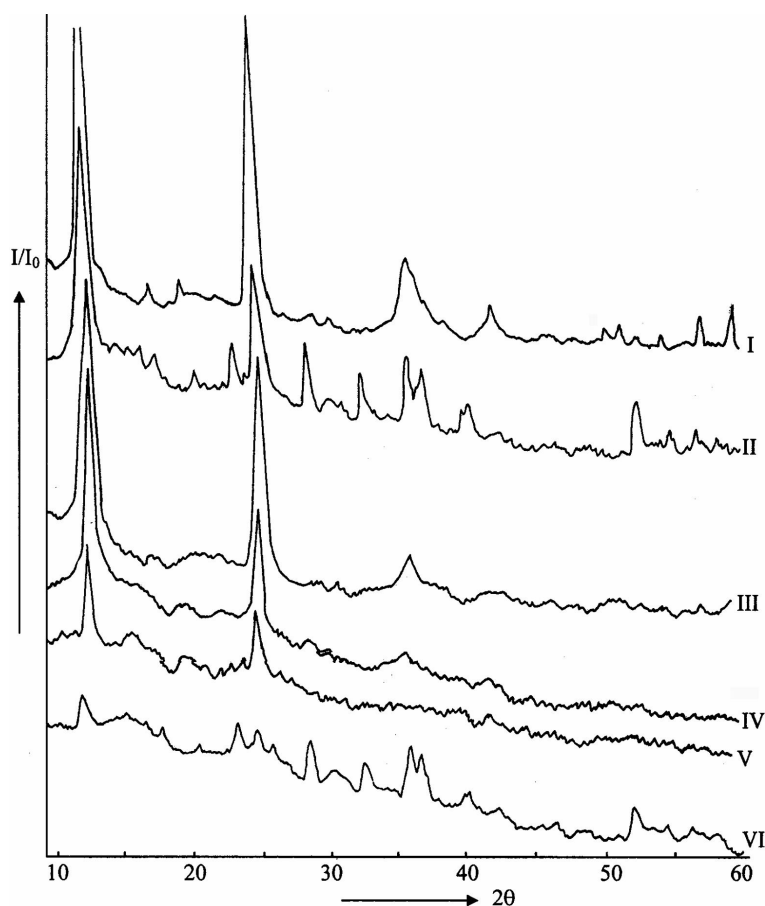


Рис. 1. Дифрактограммы антигорита и продуктов его термического превращения.

I – первичный природный антигорит, II – после нагревания до 690°C , III – после 5-ти минутного нагрева при 645°C , IV – после 30-ти минутного нагрева при 645°C , V – после 50-ти минутного нагрева при 645°C , VI – после 60-ти минутного нагрева при 645°C .

Рентгенографические исследования образцов антигорита показывают, что с увеличением продолжительности термической обработки, кристалличность антигоритовой фазы ослабляется, частично разрушается и, наконец, доходит до границы кристаллическо-аморфного состояния. Термическая обработка образца антигорита при 645°C в течение 60 минут приводит к переходу антигорит → форстерит (рис. 1, VI). Эти и другие подобные исследования процессов термической обработки антигорита свидетельствуют о том, что между дегидратацией образца и переходом антигорит → форстерит отсутствует граница, т.е. между этими явлениями не существуют структурные барьеры. Именно отсутствие структурного барьера значительно затрудняет достижения метасостояния антигорита. Рентгенодифрактограмма образца антигорита, нагретого до 690°C (рис. 1, II) показывает, что структура его разрушается на 65-70%, по сравнению с исходной структурой. При этом вместо исходной структуры образуется форстеритовая фаза.

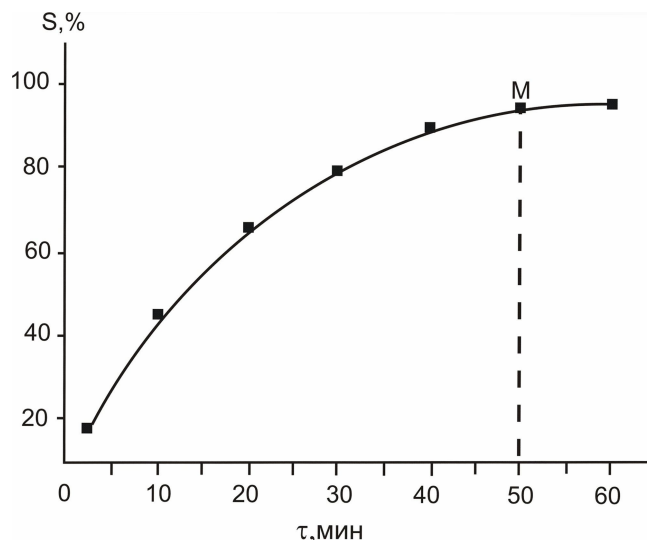


Рис. 2. Кинетика процесса деструкции антигорита при 645°C.

Степень деструкции образцов, подвергающихся термической обработке с различной продолжительностью, оценивалась методом сравнения относительных интенсивностей дифракционных линий. При этом степень кристалличности исходного антигорита принималась за 100%. А все остальные дифракционные подтипы оценивались относительно исходной структуры.

Для установления точной границы между стабильным и метастабильным состояниями, изучена кинетика процесса деструкции минерала антигорита. Построенная графическая зависимость степени деструкции (S, %) антигорита от времени обработки (τ, мин) представлена на рис. 2.

Установленная на кинетической кривой точка М названа нами точкой метастабильного состояния, при которой, действительно, структура находится в метастабильном состоянии, о чем свидетельствует дифракционная картина образца (рис. 1, VI) от точки М. Отметим, что в этой точке структура антигорита достигла метастабильного состояния путем обработки его в течение 50 мин. при температуре 645°C. Как видно из дифрактограммы, представленной на рис. 1, VI, после этой точки процесс сопровождается кристаллизацией форстерита на основе метаантигорита. Эта область процесса на кинетической кривой показана пунктирной линией.

Таким образом, в результате установления оптимального режима термической обработки образцов антигорита, впервые получено метастабильное состояние этого минерала – метаантигорита, который, в отличие от своих структурных аналогов – каолинита и галлуазита, пока еще не имеет природного аналога.

Следует особо подчеркнуть, что в процессах синтеза цеолитов до сих пор применялись только метастабильные формы вышеуказанных слоистых алюмосиликатов. А что касается применения антигорита в качестве исходного сырья, то он в настоящей работе используется впервые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев З.Б., Ганбаров Д.М., Гусейнова С.Ф. Серпентиниты, их химическое и термическое превращение. Баку: Препринт Института геологии, 1992. 33 с.
2. Абдуллаев З.Б., Ганбаров Д.М., Мирзаи Дж.И. ИК-спектроскопическое исследование минералов группы серпентина (Малый Кавказ) // Доклады НАН Аз-на. Сер. Наук о земле. 2002. Т. 58. № 5-6. С. 193-197.
3. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. М.: Мир, 1966. Т. 3. 331 с.
4. Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Родинова Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. Л.: Недра, 1994. С. 148-161.