

ОСОБЕННОСТИ ТИПОХИМИЗМА И СТРУКТУРНОГО  
ТИПОМОРФИЗМА МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ АНКЛИТАБеловицкая Ю.В.<sup>1</sup> ([yubelovitskaya@yandex.ru](mailto:yubelovitskaya@yandex.ru)), Пеков И.В.<sup>2</sup>  
([igorpekov@mail.ru](mailto:igorpekov@mail.ru)), Чуканов Н.В.<sup>3</sup> ([chukanov@icp.a.ru](mailto:chukanov@icp.a.ru))Московское отделение.<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; <sup>2</sup> Московский  
государственный университет им. М.В. Ломоносова; <sup>3</sup> Институт проблем химической  
физики РАНFEATURES OF TYPOCHEMISM AND STRUCTURAL TYPOMORPHISM OF  
THE ANCYLITE GROUP MINERALSBelovitskaya Yu.V.<sup>1</sup>, Pekov I.V.<sup>2</sup>, Chukanov N.V.<sup>3</sup>Moscow branch.<sup>1</sup> Shirshov Institute of Oceanology; <sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University;  
<sup>3</sup> Institute of Problems of Chemical Physics

В группу анкилита входят семь ромбических и моноклинных карбонатов с общей формулой  $(REE_xM^{2+}_{1-x})(CO_3)[(OH)_x(H_2O)_{1-x}]$ , где  $x = 0,4-1,0$ : анкилит-(Ce) и анкилит-(La) ( $M^{2+} = Sr$ ); кальциоанкилит-(Ce) и кальциоанкилит-(Nd) ( $M^{2+} = Ca$ ); гисинит-(Nd) ( $M^{2+} = Pb$ ); козоит-(La) и козоит-(Nd) (содержание  $M^{2+} \leq 0,25$  атома на формулу: а.ф.). Структуры этих карбонатов являются производными от структуры арагонита.

Кристаллические структуры анкилита-(Ce) (Dal Negro et al., 1975; Беловицкая и др., 2002), анкилита-(La) (Petersen et al., 2001), кальциоанкилита-(Ce) (Беловицкая и др., 2012), гисинита-(Nd) (Chabot, Sarp, 1985) и козоита-(Nd) (Miyawaki et al., 2000) расшифрованы в пространственной группе *Pm3n*. Для козоита-(La) также предложена пр. гр. *Pm3n* по аналогии с козоитом-(Nd) (Miyawaki et al., 2003). В структурах этих минералов двухвалентные катионы и REE совместно заполняют единственную катионную позицию с КЧ=10. Образованные атомами кислорода катионные десятивершинники соединены в цепочки, вытянутые вдоль оси *c*. Цепочки образуют трехмерный каркас, соединяясь друг с другом через треугольные группы (CO<sub>3</sub>). Каждый CO<sub>3</sub>-треугольник соединен по общим ребрам с тремя катионными полиэдрами.

Все минералы группы анкилита с пр. гр. *Pm3n* содержат значительное количество REE (не менее 0,57 а.ф.):

$(REE_{0.57}Sr_{0.40}Ca_{0.02}Ba_{0.01})(CO_3)[(H_2O)_{0.54}(OH)_{0.49}F_{0.08}]$  (Беловицкая и др., 2002);

$(REE_{0.63}Sr_{0.32}Ca_{0.05})(CO_3)[(OH)_{0.55}(H_2O)_{0.37}F_{0.08}]$  (Petersen et al., 2001);

$(REE_{0.67}Pb_{0.33})(CO_3)[(OH)_{0.67}(H_2O)_{0.33}]$  (Chabot, Sarp, 1985);

$(REE_{0.69}Sr_{0.20}Ca_{0.11})(CO_3)[(OH)_{0.69}(H_2O)_{0.31}]$  (Dal Negro et al., 1975);

$(REE_{0.74}Ca_{0.15}Sr_{0.11})(CO_3)[(OH)_{0.60}(H_2O)_{0.26}F_{0.14}]$  (Беловицкая и др., 2012);

$(REE_{0.98}Ca_{0.02})(CO_3)[(OH)_{0.98}(H_2O)_{0.02}]$  (Miyawaki et al., 2000).

В этих структурах катионные позиции возглавляются редкоземельными элементами, тогда как двухвалентные катионы играют роль примеси, составляя 2–43% от их общей заселенности. В анионной части этих минералов OH-группы (иногда в сочетании с F<sup>-</sup>) количественно преобладают над H<sub>2</sub>O. В ИК-спектрах анкилита-(Ce) с пр. гр. *Pm3n* присутствует узкая интенсивная полоса при 3540–

3545  $\text{cm}^{-1}$ , соответствующая валентным колебаниям ОН-групп, не образующих водородных связей.

Для анкилита-(Ce) известна также низкосимметричная модификация с пр. гр.  $Pmc2_1$  (Беловицкая и др., 2002), у которой двухвалентные катионы преобладают над REE, а  $\text{H}_2\text{O}$  – над суммой ОН и F:  $(\text{Sr}_{0.50}\text{REE}_{0.48}\text{Ca}_{0.01}\text{Ba}_{0.01})(\text{CO}_3)[(\text{H}_2\text{O})_{0.52}(\text{OH})_{0.42}\text{F}_{0.06}]$ . Понижение симметрии связано со смещением атомов из частных положений в общие и упорядоченным распределением  $(\text{H}_2\text{O})^0$  и  $(\text{OH})^-$ . В ИК-спектрах низкоредкоземельного анкилита полоса валентных колебаний ОН-групп уширена и смещена в область 3480–3490  $\text{cm}^{-1}$ , что свидетельствует об образовании ими относительно сильных водородных связей. Плечо при 3530–3540  $\text{cm}^{-1}$  относится к ОН-группам, не образующим сильных водородных связей, количество которых значительно меньше.

Среди 202 литературных и наших анализов минералов группы анкилита из 28 местонахождений всего мира в 14 анализах анкилита-(Ce) и анкилита-(La) наблюдается преобладание  $M^{2+}$  над  $\Sigma\text{REE}^{3+}$  и, соответственно,  $\text{H}_2\text{O}$  над  $(\text{OH}+\text{F})$ . В четырех образцах анкилита-(Ce) из Хибинского и Ловозерского щелочных комплексов (Кольский п-ов) катионная позиция возглавляется Sr, а не REE.

Таким образом, в большинстве образцов минералов группы анкилита  $\text{REE}^{3+}$  преобладают над суммой двухвалентных катионов. Для фаз с содержанием  $\text{REE}^{3+} > 0.55\text{--}0.57$  а.ф. типичны пр. гр.  $Pm\bar{c}n$ , ИК-спектры с узкими интенсивными полосами валентных колебаний ОН-групп и, как правило, длиннопризматические или дипирамидально-призматические кристаллы с относительно ровными гранями. Снижение содержания  $\text{REE}^{3+}$ , вплоть до преобладания над ними суммы  $M^{2+}$ , приводит к понижению симметрии до  $Pmc2_1$ . Для этих образцов характерны уширенные полосы валентных колебаний ОН-групп в ИК-спектрах и обычны расщепленные таблитчатые или несовершенные изометричные кристаллы с выпуклыми гранями.

Беловицкая Ю.В., Пеков И.В., Гобечия Е.Р., Ямнова Н.А., Кабалов Ю.К., Чуканов Н.В., Шнайдер Ю. // Кристаллография. 2002. Т. 47. № 2. С. 259–264.

Беловицкая Ю.В., Пеков И.В., Гобечия Е.Р., Кабалов Ю.К. Определение кристаллической структуры кальциоанкилита-(Ce) методом Ритвельда. // Кристаллография. 2012. (в печати).

Chabot B., Sarp H. // Am. Min. 1975. V. 60. P. 280–284.

Dal Negro A., Rossi G., Tazzoli V. // Am. Min. 1975. V. 60. P. 280–284.

Miyawaki R., Matsubara S., Yokoyama K., Iwano Sh., K., Yukinori I. // J. Min. Petr. Sc. 2003. V. 98. N. 4. P. 137–141.

Miyawaki R., Matsubara S., Yokoyama K., Takeuchi K., Terada Y., Nakai I. // Am. Min. 2000. V. 85. P. 1076–1081.

Petersen O.V., Niedermayr G., Gault R.A., Brandstätter F., Micheelsen H.I., Giester G. // N. J. Min. Mon. 2001. H. 11. S. 493–504.