

© Д. чл. А. А. ЗОЛОТАРЕВ

## ЕЩЕ РАЗ О СХЕМАХ И РЯДАХ ИЗОМОРФИЗМА В ГРУППЕ СКАПОЛИТА

A. A. ZOLOTAREV. ONCE MORE ABOUT SCHEMES AND ROWS OF ISOMORPHISM WITHIN  
THE SCAPOLITE GROUP

On the base of generalization of crystallo-chemical peculiarities of the scapolite group minerals and taking into consideration dependence between their composition and crystal lattice metrics, it was shown that their structural features, as well as the real composition don't correspond to an uninterrupted isomorphic row between two components: marialite and meionite. On the contrary, there are no less than three discrete ranges of isomorphism for scapolites.

Согласно принятым в настоящее время рекомендациям (Bayliss, 1987), состав скаполита обычно представляют как изоморфную смесь двух компонентов – мариалита и мейонита. Однако при исследовании структуры скаполитов разного состава (Párike, Zoltai, 1965; Levien, Párike, 1976; Hassan, Buseck, 1988; Белоконева и др., 1991, 1993; Кабалов Ю. Ф. и др., 1995, и др.) установлены различные пространственные группы симметрии, причем считаются наиболее вероятными две из них –  $I4/m$  и  $P4_2/n$ . Для крайних членов ряда (мариалита и мейонита) характерна пространственная группа  $I4/m$ , в то время как для промежуточных составов типична пространственная группа  $P4_2/n$ . Отметим, что более высокосимметричная пространственная группа  $I4/m$  отличается слиянием двух тетраэдрических позиций  $T_2$  и  $T_3$  пространственной группы  $P4_2/n$  в одну  $T_2$ , занятую совместно Si и Al в пространственной группе  $I4/m$ .

Подчеркнем, что на основании обобщения особенностей химического состава, метрики решетки и свойств скаполитов и исследования их структуры с помощью высокоразрешающего электронного микроскопа предлагалось (Evans e. a., 1969; Ulbrich, 1973; Hassan, Buseck, 1988) выделить в традиционно единой изоморфной серии скаполитов два самостоятельных изоморфных ряда:  $\text{Na}_4(\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24})\text{Cl}$  (мариалит) –  $\text{NaCa}_3(\text{Al}_5\text{Si}_7\text{O}_{24})\text{CO}_3$  и  $\text{NaCa}_3(\text{Al}_5\text{Si}_7\text{O}_{24})\text{CO}_3$ – $\text{Ca}_4(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{CO}_3$  (мейонит).

Выполненное нами изучение состава ювелирного скаполита с Восточного Памира показало, что они отличаются по составу от всех описанных в литературе скаполитов и не укладываются в рамки существующих представлений о составе минералов этой

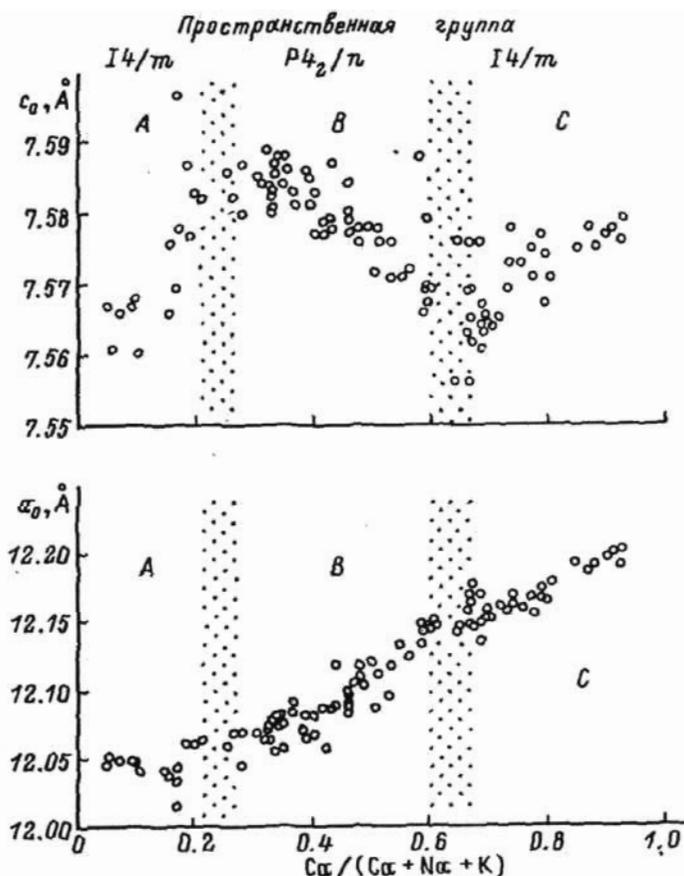


Рис. 1. Зависимость параметров элементарной ячейки скаполитов от состава.

Fig. 1. Dependence of unit cell parameters of scapolites on their composition.

группы. Оказалось, что скаполит из месторождения Кукурт относится к разновидности минерала, наиболее богатым Na и Cl из всех описанных в литературе. Количество двухвалентных добавочных анионов ( $\text{CO}_3$  и  $\text{SO}_4$ ) в составе изученных образцов скаполитов при этом оказалось очень незначительным, что не позволяет связать весь Ca в виде мейонитового минала.

Составы всех изученных нами образцов скаполитов с месторождения Кукурт можно представить как изоморфную смесь двух миналов (Золотарев, 1993): мариалита  $\text{Na}_4(\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24})\text{Cl}$  и минала с формулой  $\text{CaNa}_3(\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24})\text{Cl}$ . Изменение состава в этом ряду происходит по „палиоклазовой” схеме изоморфизма  $\text{Na} + \text{Si} = \text{Ca} + \text{Al}$  без участия добавочных анионов. Выделение этого нового для группы скаполитов изоморфного ряда подтверждается рентгенометрически. Для этого мы использовали 117 определений параметров элементарной ячейки скаполитов, из них 13 – наши собственные результаты, остальные данные взяты из литературных источников (Gibbs, Bloss, 1961; Papike, 1964; Mykura, Young, 1969; Haughton, 1971; Lin, Burley, 1973; Ulbrich, 1973; Orville, 1975; Levien, Papike, 1976; Smetzer e. a., 1976; Struns, Wilk, 1976; Llambas e. a., 1977; Peterson e. a., 1979; Zwann, 1979; Boivin, Camus, 1981; Oterdoon, Wenk, 1983; Aitken, 1984; Hazen, Sharp, 1988; Comodi e. a., 1990; Белоконева и др., 1991; Shannon e. a., 1992; Baker, 1994; Teertstra, Sherriff, 1996) (рис. 1). Из рисунка видно, что

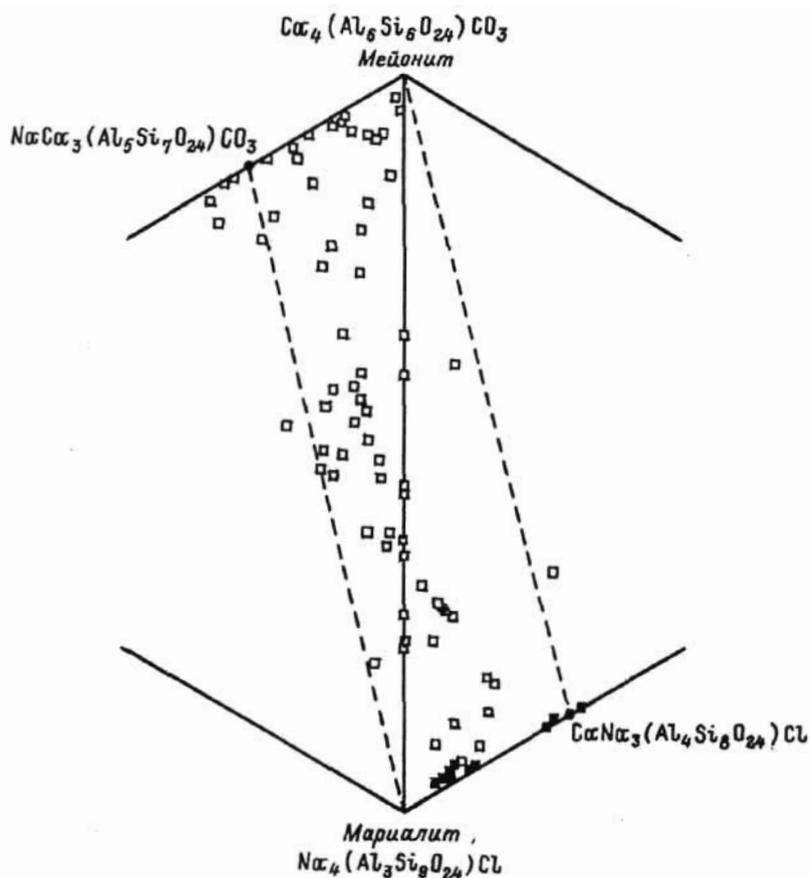


Рис. 2. Точки составов скаполита (затитые значки — образцы из месторождения Кукурт).  
 Fig. 2. Composition points of scapolites. (Shaded marks represent samples from Kukurt deposit).

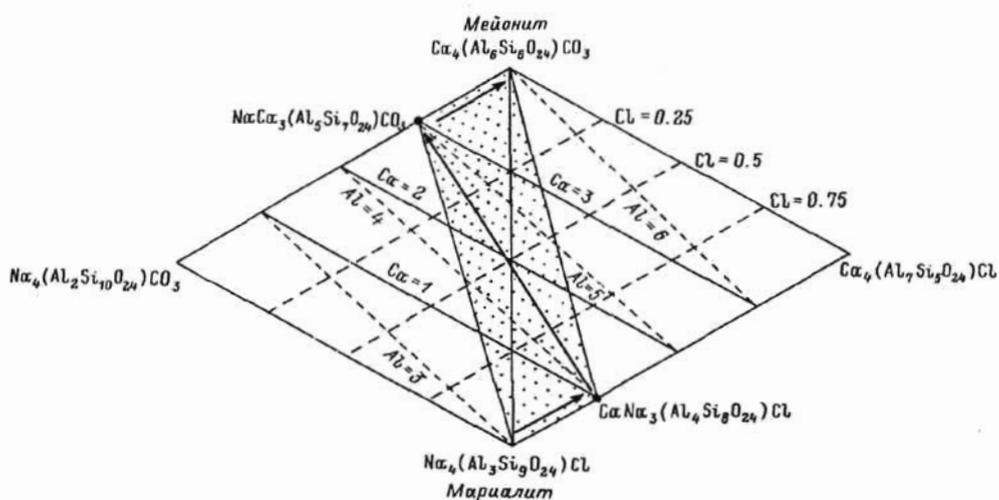


Рис. 3. Схематизированная диаграмма состава скаполитов.  
 Fig. 3. Schematic diagram of composition of scapolite group minerals.

имеются три области составов скаполитов (А, В, С) с двумя разрывами – при 0.20–0.25 и 0.60–0.67 Ca/(Ca + Na + K). Области В и С точно соответствуют выделенным ранее (Ulbrich, 1973), тогда как первая область А, к которой относятся скаполиты из месторождения Кукурт, является новой. D. Teertstra и B. Sherriff (1996), используя наши и собственные результаты по скаполитам из месторождения Кукурт, повторили наш вывод о существовании трех серий составов в группе скаполитов. На их графике точки для скаполитов месторождения Кукурт также образуют самостоятельную серию.

Для наиболее полного учета особенностей состава минералов этой группы были отобраны из литературных источников результаты 83 полных химических анализов скаполитов. Были рассчитаны коэффициенты в формулах на основе теоретической суммы катионов в позиции  $T(\text{Si} + \text{Al} = 12)$  и состав каждого образца скаполита был представлен как смесь минералов (рис. 2). На диаграмме составов (рис. 3) короткие лучи соответствуют наиболее простому изоморфизму по схеме  $\text{Na} + \text{Si} = \text{Ca} + \text{Al}$ . Составы в поле между этими двумя лучами как бы отвечают смесям четырех компонентов, указанных в вершинах параллелограмма. Было предложено (Золотарев, 1993) использовать следующие три ряда для описания составов скаполита: А –  $\text{Na}_4(\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24})\text{Cl}$  (мариалит) –  $\text{CaNa}_3(\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24})\text{Cl}$ ; В –  $\text{CaNa}_3(\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24})\text{Cl} - \text{NaCa}_3(\text{Al}_5\text{Si}_7\text{O}_{24})\text{CO}_3$ ; С –  $\text{NaCa}_3(\text{Al}_5\text{Si}_7\text{O}_{24})\text{CO}_3 - \text{Ca}_4(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{CO}_3$  (мейонит). Но даже при этом допущении восемь точек на диаграмме (рис. 2) оказываются за пределами поля, указывая на реальность существования иных и не учтенных нами схем изоморфизма. В любом случае реальные составы скаполитов и их структурные особенности не отвечают простому и непрерывному ряду изоморфизма мейонит–мариалит. Учет К и других элементов еще более усложнит эти схемы.

Автор благодарен профессору А. Г. Булаху за обсуждение и помощь в написании этой работы.

#### Список литературы

- Белоконева Е. Л., Соколова Н. В., Дорохова Г. И. Кристаллическая структура природного Na, Са-скаполита – промежуточного члена ряда мариалит–мейонит // Кристаллография. 1991. Т. 36. Вып. 6. С. 1459–1464.
- Белоконева Е. Л., Соколова Н. В., Урусов В. С. Скаполиты: кристаллические структуры мариалита ( $\text{Me}_{11}$ ) и мейонита ( $\text{Me}_{8\text{B}}$ ), пространственная группа как функция состава // Кристаллография. 1993. Т. 38. Вып. 1. С. 52–57.
- Золотарев А. А. Ювелирный скаполит с Восточного Памира и некоторые общие особенности конституции скаполитов // ЗВМО. 1993. Вып. 2. С. 90–102.
- Кабалов Ю. К., Соколова Е. В., Урусов В. С. Уточнение кристаллических структур скаполитов методом Ритвельда: мариалит (4.7 % Me) // Кристаллография. 1995. Т. 40. Вып. 5. С. 829–832.
- Aitken B. G. T–X $\text{CO}_2$  stability relations and phase equilibria of a calcic carbonate scapolite // Geochim. Cosmochim. Acta. 1983. N 47. P. 351–362.
- Alexander C. M. O., Hutchinson R., Graham A. L., Yabuki H. Discovery of scapolite in the Bishunpur (LL3) chondritic meteorite // Miner. Mag. 1987. N 51. P. 733–735.
- Baker J. Thermal expansion of scapolite // Amer. Miner. 1994. N 79. P. 878–884.
- Bayliss P. Mineral nomenclature: Scapolite // Miner. Mag. 1987. N 51. P. 176.
- Boivin P., Camus G. Igneous scapolite-bearing association in the Chain des Puys, Massif Central (France) and Atokar (Hoggar, Algeria) // Contrib. Miner. Petrol. 1981. N 77. P. 365–375.
- Comodi P., Mellini M., Zanazzi P. F. Scapolites: Variation of structure with pressure and possible role in the storage of fluids // Europ. J. of Miner. 1990. N 2. P. 195–202.
- Hassan I., Buseck P. R. HRTEM characterization of scapolite solid solution // Amer. Miner. 1988. N 73. P. 119–134.
- Haughton D. R. Plagioclase–scapolite equilibrium // Canad. Miner. 1971. N 10. P. 854–870.
- Hazen R. M., Sharp Z. D. Compressibility of sodalite and scapolite // Amer. Miner. 1988. N 73. P. 1120–1122.
- Evans B. W., Shaw D. M., Haughton D. R. Scapolite stoichiometry // Contrib. Miner. Petrol. 1969. N 24. P. 293–305.
- Levien I., Papike J. J. Scapolite crystal chemistry: aluminum-silicon distributions, carbonate group disorder and thermal expansion // Amer. Miner. 1976. N 61. P. 864–877.

- Lin S. B., Burley B. J. Crystal structure of a sodium and chlorine-rich scapolite // *Acta Crystallographica*. 1973. B 29. P. 1272-1278.
- Llambas E. J., Gordillo C. E., Bedlivy D. Scapolite veins in a quartz monzodiorite stock from Los Molles, Mendoza, Argentina // *Amer. Miner.* 1977. N 62. P. 132-135.
- Mykura W., Young B. R. Sodic scapolite (dipyre) in the Shetland Islands // *Report of the Institute of Geological Sciences*. 1969. N 69. P. 1-8.
- Orville P. M. Stability of scapolite in the system Ab-An-NaCl-CaCO<sub>3</sub> at 4 kb and 750°C // *Geoch. Cosmoch. Acta*. 1975. N 39. P. 1091-1095.
- Oterdoom W. H., Wenk H. R. Ordering and composition of scapolite: Field observations and structural interpretations // *Contrib. Miner. Petrol.* 1983. N 83. P. 330-341.
- Papike J. J., Zoltai T. The crystal structure of a marialite scapolite // *Amer. Miner.* 1965. N 50. P. 641-655.
- Peterson R. G., Donnay G., LePage Y. Sulfate disorder in scapolite // *Canad. Miner.* 1979. N 17. P. 53-61.
- Shannon R. D., Oswald R. A., Rossman G. R. Dielectric constants of topaz, orthoclase and scapolite and the oxide additivity rule // *Physics and Chemistry of Minerals*. 1992. N 19. P. 166-170.
- Strunz H., Wilk H. Violet scapolite of gem quality from East Africa // *Aufschluss*. 1976. N 27. P. 389-391.
- Teertstra D. K., Sherriff B. L. Scapolite cell parameters and discontinuities in the solid solution series // *Amer. Miner.* 1996.
- Ulbrich H. H. Crystallographic data and refractive indices of scapolites // *Amer. Miner.* 1973. N 58. P. 81-92.
- Zwaan P. C. More data on violet gem scapolite, probably from eastern Africa // *J. of Gemmology*. 1979. N 16. P. 448-451.

Поступила в редакцию  
27 сентября 1995 г.