

А.В.Волошин, В.В.Субботин, Я.А.Пахомовский, Ю.П.Меньшиков

НАТРИЕВЫЕ ЦИРКОНОСИЛИКАТЫ ИЗ КАРБОНАТИТОВ ВУОРИЯРВИ  
(Кольский полуостров)

При изучении минеральных ассоциаций карбонатитов Вуориярви впервые в пределах массива щелочно-ультраосновной карбонатитовой формации были установлены катаплеит, гейдоннеит, джорджчаоит и илерит. Натрий-калиевый цирконосиликат джорджчаоит представляет собой первую находку в геологических образованиях СССР. Катаплеит ранее описывался в карбонатитах Салланлатвы и Ковдора [1].

Результаты исследования химического состава, свойств и условий нахождения редких натриевых цирконосиликатов в поздних ассоциациях доломитовых карбонатитов явились предметом настоящей статьи.

Цирконосиликаты обнаружены в доломитовых карбонатитах, главным образом в минерализованных пустотах растворения. Во всех случаях находки этих минералов представляются редкими, а для илерита - единичными. Доломитовые карбонатиты образуют жильные крутопадающие зоны в центральной части массива и пересекают пироксениты, ийолиты и более ранние кальцитовые карбонатиты. Они представляют собой наиболее поздние дифференциаты карбонатитового этапа формирования массива, гидротермальной минерализацией в которых завершился эндогенный период развития полистадийного карбонатитового комплекса Вуориярви.

Наиболее ранний из цирконосиликатов катаплеит ассоциирует с кальцитом, анкилитом, бербанкитом, стронцианитом, эвальдитом, карбонат-апатитом и баритом. Часто в этой ассоциации присутствуют брукит, пирохлор, сульфиды, представленные пиритом, марказитом и сфалеритом, а также хлориты и серпентин. Нередко отмечается и микроклин. В приконтактных зонах карбонатитовых прожилков среди зернистого доломита катаплеит слагает агрегаты гнездообразной формы размером до нескольких сантиметров. Он представлен тонкопластинчатыми, листоватыми индивидами, и общий вид образований напоминает скопления слюдяного минерала. В осевых частях жил в пустотах катаплеит образует параллельные сростки мелких тонкопластинчатых дисковидных кристаллов (рис. 1, а). Реже наблюдаются отдельные в значительной степени уплощенные кристаллы гексагонального облика.

Цвет катаплеита меняется от красно-коричневого до бледно-розового, в тонких пластинках он бесцветен. Минерал одноосный, отрицательный. Для густо окрашенных разностей катаплеита показатели преломления  $n_e = 1,593$ ,  $n_o = 1,624$ . Прозрачные разности проявляют аномальную двуосность. Аналогичные двуосные катаплеиты описаны Е.И.Семеновым и др. [5] в Ловозерском массиве.

Гейдоннеит - ромбический аналог катаплеита - впервые описан С.Гордоном в 1925 г. под названием "альфа-катаплеит из Нарсарсука", Гренландия. Его идентичность гейдоннеиту как самостоятельному минеральному виду, описанному из Сент-Илер, Квебек, Канада [7], была доказана позднее Дж. Мандарино и др. [11]. В СССР гейдоннеит установлен А.П.Хомяковым в по-

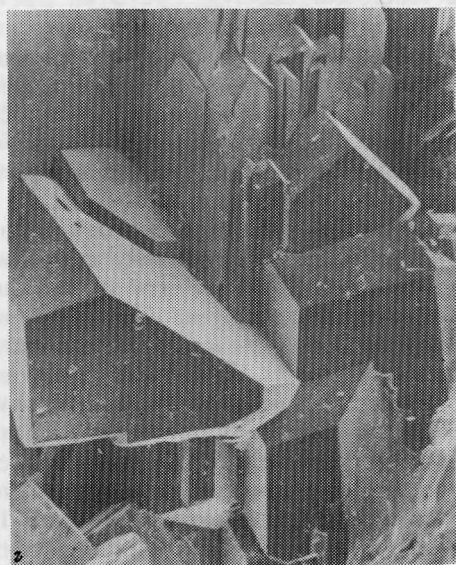
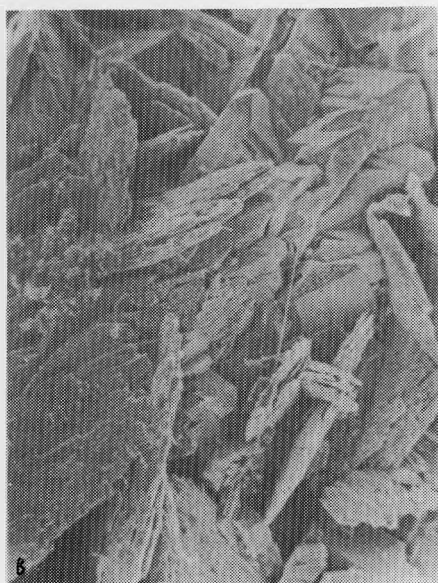
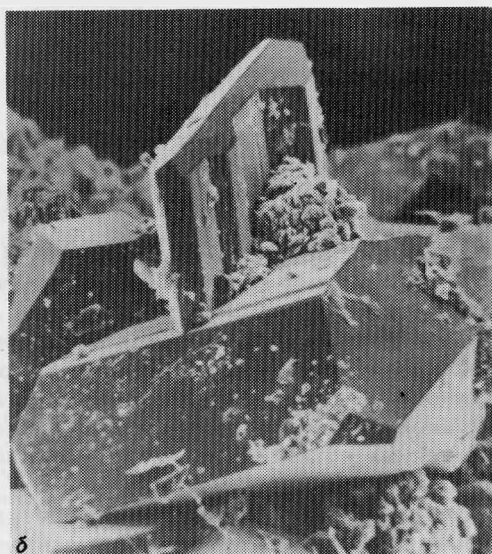


Рис. I. Морфология кристаллов цирконосиликатов, РЗМ  
а - катаплеит, увел. 130; б - гейдоннеит, увел. 100; в - джорджчаоит,  
увел. 120; г - илерит, увел. 40

родах Хибинского и Ловозерского массивов [3]. Нами гейдоннеит обнаружен в доломитовых жилах в ассоциации с катаплеитом, по отношению к которому он является более поздним. В большинстве образцов удается наблюдать либо нарастание гейдоннеита на катаплеит, либо образование гейдоннеита на месте растворенных кристаллов катаплеита. Морфология кристаллов гейдоннеита показана на рис. 1,б. Размер отдельных кристаллов и сростков колеблется от долей миллиметра до 5 мм. Во всех изученных образцах гейдоннеит бесцветный, водяно-прозрачный с сильным алмазным блеском. Оптические свойства, судя по данным изучения минерала в иммерсионных препаратах, идентичны приводимым в работах [3, 7].

Высококалиевый аналог гейдоннеита джорджчаоит описан как самостоятельный минеральный вид в 1985 г. [6]. Он обнаружен в миароловых пустотах нефелиновых сиенитов Уинд Маунтин, Нью-Мехико, США, где образует мелкие бесцветные или белые изометричные кристаллы в ассоциации с минералами, типичными для агпаитовых комплексов щелочных пород.

В Vuoriaarvi джорджчаоит обнаружен в виде псевдоморфоз по призматическим кристаллам гейдоннеита. Псевдоморфозы представляют собой агрегаты разноориентированных индивидуальных джорджчаоита. Характерным для минерала является тонкопластинчатое строение, выявляемое в растворе микроскопе (рис. 1,в), и перламутровый блеск, по которому джорджчаоит хорошо диагностируется среди кристаллов доломита. Выделения джорджчаоита часто ассоциируют с желтым баритом, который нередко отмечается и в виде включений внутри его агрегатов (рис. 2).

По оптическим свойствам джорджчаоит из Vuoriaarvi несколько отличается от приводимых данных [6] более высокими значениями показателей преломления и более низким двупреломлением:  $n_o = 1,591$ ,  $n_g = 1,611$ . К сожалению, характер выделений минералов не позволил измерить все три показателя преломления и получить ответ о величине угла оптических осей.

Находка илерита в Vuoriaarvi представляет собой третью в мире после Сент-Илер [8], где он описан впервые, и Ловозерского массива [4]. В Vuoriaarvi илерит образует сростки призматических кристаллов размером до 5 мм в пустотках растворения (рис. 1,г), располагаясь на агрегате таблитчатых кристаллов карбонат-апатита. По внешнему виду илерит очень схож с кристаллами гейдоннеита из Vuoriaarvi, но отличается от него более слабым блеском и низкой твердостью, а также сильно выраженной спайностью. Оптические свойства илерита идентичны ранее опубликованным [4, 8]. В ассоциации с илеритом, кроме карбонат-апатита и пирита, другие минералы не отмечаются, а поэтому определить его место в последовательности образования цирконосиликатов пока не представляется возможным.

Проведенные ИК-спектроскопические исследования натриевых цирконосиликатов показали, что этот метод высокоэффективен для их экспрессной диагностики (рис. 3). ИК-спектр катаплеита полностью соответствует таковому, приведенному в работе [2] для неизмененного катаплеита из массива Бурпала. ИК-спектры гейдоннеита и джорджчаоита при общей близости содержат некоторые детали, которые подчеркивают проявление структурных особенностей джорджчаоита, обусловленных, возможно, участием калия в валентных связях, и правомерность выделения его в самостоятельный минеральный вид. В области 400-1100 см<sup>-1</sup> полосы поглощения в ИК-спектре джорджчаоита характеризуются большей степенью диффузности и меньшей интенсивностью поглощения по сравнению с гейдоннеитом. Для ИК-спектра джорджчаоита характерно проявление дублета в области деформационных колебаний H<sub>2</sub>O, где по сравнению с гейдоннеитом вместо одной полосы 1690 проявляются две - 1675 и 1645 см<sup>-1</sup>. ИК-спектр илерита индивидуальный и четко от-

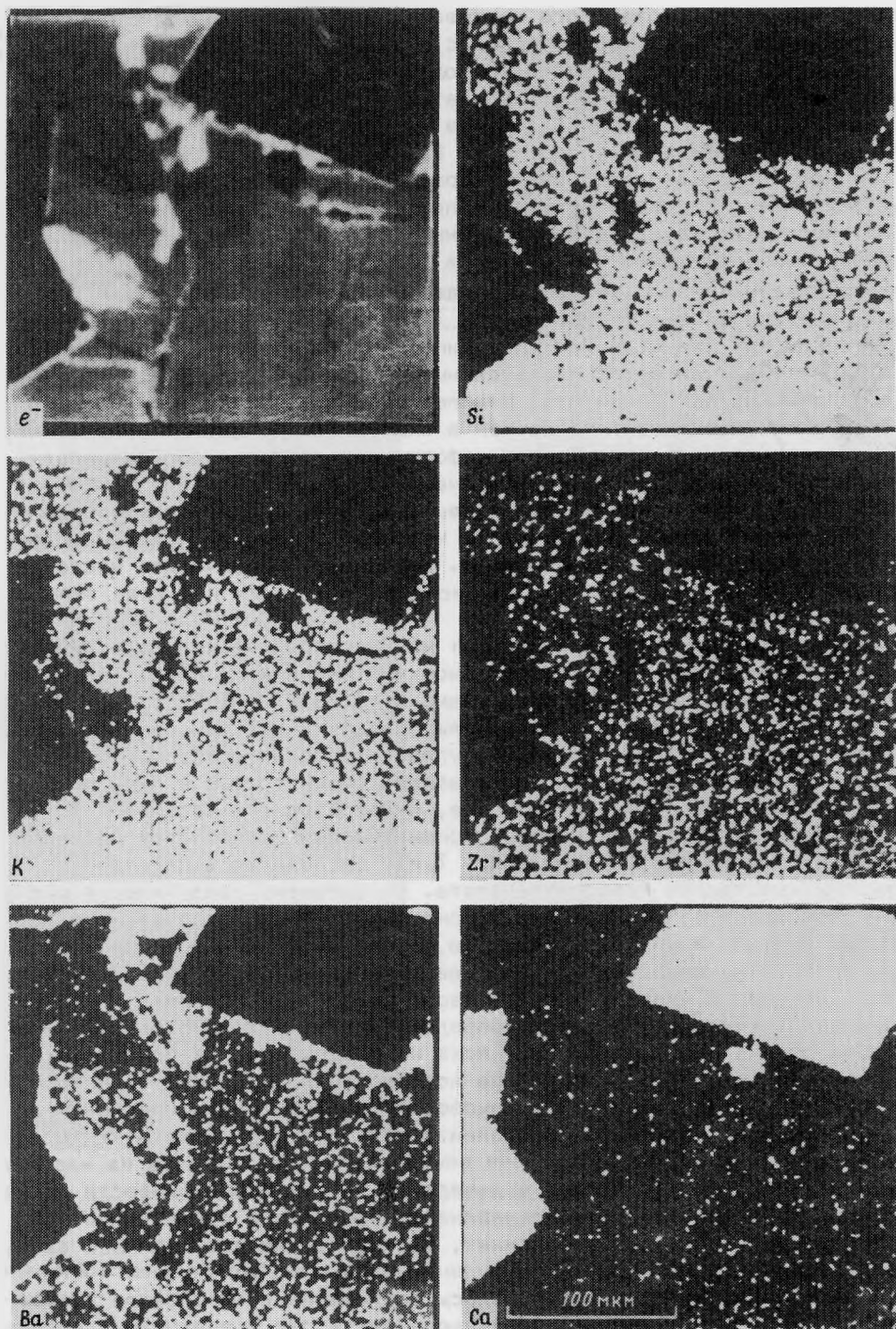


Рис. 2. Растровые картины участка аншлифа с выделением джорджчаюита в отраженных электронах ( $e^-$ ) и характеристическом излучении указанных элементов

Белое - барит в виде включений в джорджчаюите в отраженных электронах ( $e^-$ )

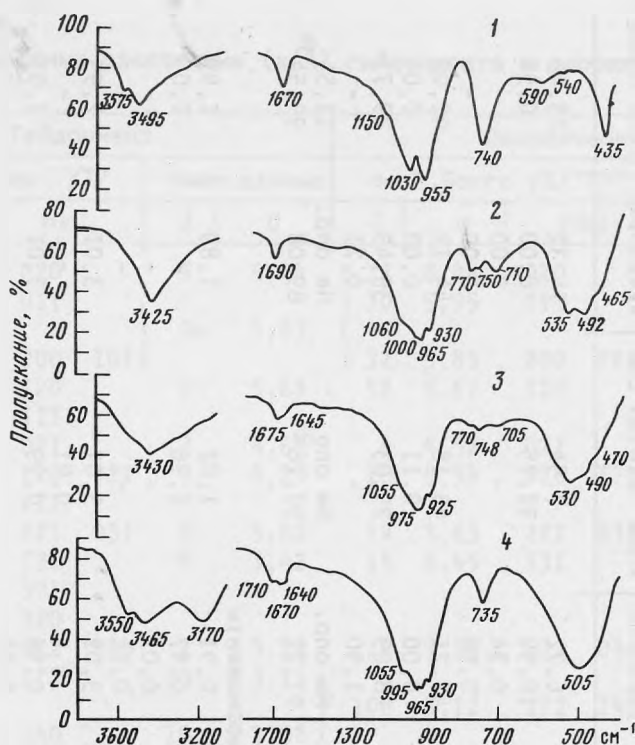


Рис. 3. ИК-спектры натриевых цирконосиликатов  
 1 - катаплеита; 2 - гейдоннеита; 3 - джорджчаюита; 4 - илерита

личается от спектров других натриевых цирконосиликатов, особенно по серии полос поглощения, связанных с валентными и деформационными колебаниями  $H_2O$ .

Изучение химического состава цирконосиликатов выполнено на рентгеновском микроанализаторе МС-46 "Самеса" в полированных препаратах кристаллов и аншлифах. В качестве стандартов использовались вадеит (для К, Zr, Si), лоренценит (Na и Ti), синтетический  $BaSO_4$  (Ba), целестин (Sr) и металлический гафний (Hf).

Для химических составов всех изученных образцов цирконосиликатов свойственна довольно высокая степень "чистоты" материала, прежде всего в отношении примесных элементов (табл. I). Так, катаплеит из карбонатитов Ковдора и Салланлатвы содержит в своем составе кальций в существенных количествах (3,3-4,2 мас.%) [ I ]. Для образцов гейдоннеита и илерита из массива Сент-Илер [ 7, 8 ] и джорджчаюита из Уинд Маунтин [ 6 ] установлены примеси ниобия, кальция и железа (см. табл. I). В образцах из Вуориярви цирконосиликаты практически не содержат этих примесных элементов. Составы минералов однозначно рассчитываются на типовые формулы.

Повышение потенциала калия в постмагматическом гидротермальном процессе фиксируется появлением в поздних карбонатитах микроклина. Отражается оно также и в химическом составе цирконосиликатов. Так, ранний катаплеит не содержит калия, в то время как в более позднем гейдоннеите существенная примесь калия постоянна. Необходимо отметить, что это свойственно не только гейдоннеиту из Вуориярви, но и всем известным образцам. Содержание  $K_2O$  в минерале из Нарсарсука [ II ] колеблется от

Таблица I

Химический состав (в мас.%) натриевых цирконосиликатов из различных месторождений

| Компоненты              | Катаплеит | Гейдоннеит |               |           | Джорджчаоит      |                     | Илерит        |                     |
|-------------------------|-----------|------------|---------------|-----------|------------------|---------------------|---------------|---------------------|
|                         | Вуориярви | Вуориярви  | Сент-Илер [7] | Вуориярви | Уинд Маунтин [6] | Вуориярви           | Сент-Илер [8] |                     |
| Na <sub>2</sub> O       | 15,04     | 14,64      | 12,88         | 13,11     | 6,72             | 7,54                | 14,32         | 13,43               |
| K <sub>2</sub> O        | 0,00      | 3,25       | 4,32          | 2,20      | 10,90            | 10,75               | 0,00          | 0,52                |
| SrO                     | 0,00      | 0,00       | 0,00          | -         | 0,34             | -                   | 0,00          | -                   |
| BaO                     | 0,00      | 0,00       | 0,00          | -         | 0,56             | -                   | 0,00          | -                   |
| SiO <sub>2</sub>        | 44,98     | 46,92      | 45,23         | 42,51     | 43,21            | 43,18               | 44,12         | 42,08               |
| TiO <sub>2</sub>        | 0,00      | 0,10       | 0,00          | 0,42      | 0,00             | 0,11                | 0,00          | 0,04                |
| ZrO <sub>2</sub>        | 28,50     | 25,73      | 27,07         | 30,21     | 28,09            | 29,03               | 30,43         | 29,72               |
| HfO <sub>2</sub>        | 0,00      | 0,00       | 0,00          | -         | 1,90             | -                   | 0,21          | -                   |
| H <sub>2</sub> O        | Не опр.   | Не опр.    | Не опр.       | 9,25      | Не опр.          | Не опр.             | Не опр.       | 13,54               |
| Сумма                   | 88,52     | 90,64      | 89,50         | 100,70*   | 91,72            | 90,76 <sup>2*</sup> | 89,08         | 99,54 <sup>3*</sup> |
| Формульные коэффициенты |           |            |               |           |                  |                     |               |                     |
| Na                      | 1,98      | 1,89       | 1,70          | 1,72      | 0,91             | 1,02                | 1,89          | 1,85                |
| K                       | -         | 0,28       | 0,38          | 0,19      | 0,97             | 0,96                | -             | 0,05                |
| Sr                      | -         | -          | -             | -         | 0,01             | -                   | -             | -                   |
| Ba                      | -         | -          | -             | -         | 0,02             | -                   | -             | -                   |
| Si                      | 3,06      | 3,12       | 3,08          | 2,88      | 3,02             | 3,01                | 3,01          | 2,99                |
| Ti                      | -         | 0,01       | -             | 0,02      | -                | 0,01                | -             | -                   |
| Zr                      | 0,94      | 0,83       | 0,90          | 1,00      | 0,96             | 0,99                | 1,01          | 1,03                |
| Hf                      | -         | -          | -             | -         | 0,04             | -                   | -             | -                   |

\* Включая 3,00% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.<sup>2\*</sup> Включая 0,15% FeO.<sup>3\*</sup> Включая 0,01% MgO, 0,02 MnO, 0,20 CaO и 0,03 FeO%.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния (в Å) гвйдоннеита и джорджчаюита

| Гейдоннеит      |       |         |             | Джорджчаюит |                 |       |         |             |       |
|-----------------|-------|---------|-------------|-------------|-----------------|-------|---------|-------------|-------|
| по Дж. Чао [77] |       |         | наши данные |             | по Р.Боггс [67] |       |         | наши данные |       |
| I               | d     | hkl     | I           | d           | I               | d     | hkl     | I           | d     |
| 30              | 6,42  | 020     | 5           | 6,44        | 73              | 6,46  | 020     | 6           | 6,48  |
| 80              | 5,93  | 011     | 9ш          | 5,87        | 70              | 5,95  | 011     | 8ш          | 5,93  |
| 80              | 5,84  | 200 101 |             |             | 32              | 5,83  | 200 101 |             |       |
| 50              | 5,63  | 120     | 3           | 5,63        | 52              | 5,67  | 120     | 4           | 5,63  |
| 10              | 5,28  | 111     | 2           | 4,68        | 6               | 4,52  | 021     | 1           | 4,62  |
| 10              | 4,64  | 021     |             |             | 16              | 4,34  | 220 121 |             |       |
| 30              | 4,31  | 220 121 | 5           | 4,29        | 14              | 3,63  | 221 031 | 3           | 3,61  |
| 15              | 4,17  | 211     | 3           | 3,62        | 14              | 3,45  | 131     | 3           | 3,43  |
| 20              | 3,618 | 221 031 |             |             | 4               | 3,42  | 5       |             |       |
| 30              | 3,441 | 131     | 1           | 3,24        | 16              | 3,24  | 012 040 | 1           | 3,25  |
| 5               | 3,376 | 301     |             |             | 10              | 3,14  | 100     |             |       |
| 5               | 3,337 | 320     | 10          | 3,08        | 14              | 2,950 | 400     | 4ш          | 2,96  |
| 5               | 3,224 | 012 040 |             |             |                 |       |         |             |       |
| 100             | 3,124 | 112     | 6           | 2,94        | 22              | 2,829 | 240 141 | 5ш          | 2,825 |
| 80              | 3,094 | 140     |             |             |                 |       |         |             |       |
| 5               | 2,990 | 321     | 4           | 2,586       | 8               | 2,604 | 241     | 2           | 2,586 |
| 40              | 2,931 | 400     |             |             |                 |       |         |             |       |
| 20              | 2,873 | 122     | 4           | 2,489       | 10              | 2,417 | 232 051 | 3           | 2,489 |
| 30              | 2,831 | 212     |             |             |                 |       |         |             |       |
| 30              | 2,806 | 240 141 | 7ш          | 2,819       | 21              | 2,201 | 103 332 | 5ш          | 2,182 |
| 20              | 2,647 | 331 222 |             |             |                 |       |         |             |       |
| 20              | 2,594 | 241     | 5           | 2,141       | 16              | 2,151 | 060     | 1           | 2,108 |
| 5               | 2,564 | 132     |             |             |                 |       |         |             |       |
| 10              | 2,488 | 312 340 | 4ш          | 2,036       | 8               | 2,089 | 123     | 2           | 2,108 |
| 10              | 2,403 | 232     |             |             |                 |       |         |             |       |
| 5               | 2,269 | 431     | 3           | 1,958       | 19              | 2,049 | 061 052 | 5ш          | 2,050 |
| 5               | 2,217 | 251 501 |             |             |                 |       |         |             |       |
| 20              | 2,195 | 013 103 | 3           | 1,958       | 8               | 1,951 | 133 261 | 1           | 1,970 |
| 5               | 2,161 | 440 113 |             |             |                 |       |         |             |       |
| 5               | 2,135 | 060     | 4           | 1,892       | 10              | 1,866 | 451 323 | 1           | 1,846 |
| 10              | 2,102 | 160     |             |             |                 |       |         |             |       |
| 5               | 2,056 | 441 213 | 4ш          | 2,036       | 19              | 2,049 | 061 052 | 5ш          | 2,050 |
| 20              | 2,037 | 061 052 |             |             |                 |       |         |             |       |
| 10              | 2,005 | 260 152 | 3           | 1,958       | 8               | 1,951 | 133 261 | 1           | 1,970 |
| 10              | 1,950 | 600 133 |             |             |                 |       |         |             |       |
| 30              | 1,921 | 261 252 | 4           | 1,892       | 10              | 1,866 | 451 323 | 1           | 1,846 |
| 10              | 1,897 | 521     |             |             |                 |       |         |             |       |
| 10              | 1,875 | 360 233 | 1           | 1,843       | 10              | 1,866 | 451 323 | 1           | 1,846 |
| 5               | 1,854 | 451 323 |             |             |                 |       |         |             |       |

Таблица 2 (окончание)

| Гейдоннеит     |       |         |             |       | Джорджчаоит    |       |         |             |       |
|----------------|-------|---------|-------------|-------|----------------|-------|---------|-------------|-------|
| по Дж. Чао [7] |       |         | наши данные |       | по Р.Боггс [6] |       |         | наши данные |       |
| I              | d     | hkl     | I           | d     | I              | d     | hkl     | I           | d     |
| 5              | 1,804 | 361 352 | 1           | 1,803 |                |       |         | 1           | 1,808 |
| 10             | 1,758 | 413     | 7           | 1,762 |                |       |         | 5ш          | 1,767 |
| 5              | 1,725 | 460     | 1           | 1,728 |                |       |         |             |       |
| 30             | 1,670 | 004 153 | 9           | 1,670 | 16             | 1,675 | 004 153 | 5р          | 1,673 |
| 40             | 1,637 |         |             |       |                |       |         | 1           | 1,634 |
| 5              | 1,617 |         | 3           | 1,617 |                |       |         |             |       |
| 5              | 1,606 |         |             |       |                |       |         | 2р          | 1,611 |
| 5              | 1,591 |         | 3           | 1,595 |                |       |         | 2р          | 1,598 |
| 20             | 1,545 |         | 5           | 1,546 |                |       |         | 3ш          | 1,551 |
| 5              | 1,512 |         | 3           | 1,516 |                |       |         | 1           | 1,524 |
| 5              | 1,488 |         | 1           | 1,493 |                |       |         | 1           | 1,496 |
| 5              | 1,471 |         | 2           | 1,474 |                |       |         | 2           | 1,474 |
| 5              | 1,450 |         | 2           | 1,452 |                |       |         | 1           | 1,448 |
| 10             | 1,409 |         | 7           | 1,410 |                |       |         | 5ш          | 1,418 |
| 5              | 1,376 |         | 3           | 1,387 |                |       |         | 2           | 1,383 |
|                |       |         | 2           | 1,371 |                |       |         |             |       |
|                |       |         | 3           | 1,333 |                |       |         | 2           | 1,336 |
|                |       |         | 4           | 1,299 |                |       |         | 2           | 1,303 |
| 5              | 1,287 |         | 3           | 1,277 |                |       |         | 1р          | 1,283 |
|                |       |         | 4           | 1,254 |                |       |         | 1р          | 1,259 |

Примечание. Условия съемки: камера РКД 57,3 мм, неотфильтрованное  $\text{Fe}$ -излучение, ш - широкая линия, р - размытая линия. Кроме приведенных в таблице, на рентгенограммах наших образцов гейдоннеита и джорджчаоита присутствуют дополнительно 35 и 10 линий соответственно.

1,5 до 7,0 мас.%. Калиевый гейдоннеит из щелочного массива Кипава [12] содержит 6,1 мас.%. Такие количества  $\text{K}_2\text{O}$ , как показывают наши и другие данные [11, 12], не оказывают заметного влияния на структуру минерала. В то же время при сравнимых атомных количествах калия и натрия происходит упорядочение этих катионов в структурной постройке, позволяющее выделение самостоятельного вида - джорджчаоита [9, 10].

В карбонатах Вуориярви джорджчаоит развивался по гейдоннеиту, что указывает на заметное повышение потенциала калия в гидротермальных растворах в момент его кристаллизации. Такая роль калия позволяет предполагать возможность существования и конечного калиевого аналога гейдоннеита. При этом возможна реализация всего ряда минералов в направлении повышения роли калия: гейдоннеит-джорджчаоит-калиевый аналог гейдоннеита.

Из особенностей состава джорджчаоита Вуориярви следует особо подчеркнуть постоянное присутствие бария и стронция, что, по-видимому, и является причиной различий в значениях показателей преломления минерала, как указано выше. Барий и стронций, присутствующие в составе джорджчао-



ита, равномерно распределены в минерале и не связаны с фазовой неоднородностью, хотя ассоциирующий с джорджаоитом барит нередко отмечается в виде включений (см. рис. 2).

По рентгенометрическим данным катаплеит и илерит, как и гейдоннеит и джорджаоит, идентичны приводимым в литературных источниках. Однако в связи с установлением различий в ИК-спектрах гейдоннеита и джорджаоита было проведено изучение рентгенограмм порошка этих минералов в сравнительном плане, чтобы выявить различия и, возможно, диагностические признаки. Рентгенограммы порошка в сравнении с литературными данными приведены в табл. 2.

Из сравнения приведенных в табл. 2 расчетов рентгенограмм порошка гейдоннеита и джорджаоита с учетом разных условий съемок видно, что они очень близки. Однако можно отметить и некоторые их отличительные особенности, которые, возможно, могут быть использованы в качестве диагностических признаков. Джорджаоит характеризуется несколько большими значениями межплоскостных расстояний соответствующих линий по сравнению с гейдоннеитом. Для многих его линий, особенно в области больших углов отражения, также характерна диффузность, что проявляется в появлении широких и размытых линий. Следует отметить и постоянное проявление дублета у гейдоннеита против одной линии в рентгенограмме джорджаоита для отражений (112) и (140).

В заключение отметим, что кристаллизация натриевых цирконосиликатов связана с низкотемпературными условиями высокой щелочности, при которых происходит преобразование первичных циркониевых минералов, прежде всего циркона и ранних генераций катаплеита. Развитие натриевых цирконосиликатов в карбонатитах Вуориярви свидетельствует о близости условий постагматического минералообразования в комплексных массивах агпаитового типа и массивах ультраосновных щелочных пород и карбонатитов.

#### Литература

1. Капустин Ю.Л. Минералогия карбонатитов. М.: Наука, 1971. 288 с.
2. Портнов А.М., Дубинчук В.Г., Солнцева Л.С. Несимметричный изоморфизм и трехмерная политипия в минералах группы катаплеита // Докл. АН СССР. 1972. Т. 202, № 2. С. 430-433.
3. Хомяков А.П., Семенов Е.И. Первые находки гейдоннеита в СССР // Там же. 1979. Т. 248, № 1. С. 219-222.
4. Хомяков А.П., Черницова Н.М. Илерит  $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  - первые находки в СССР // Минерал. журн. 1980. Т.2, № 3. С. 95-96.
5. Семенов Е.И., Тихоненков И.П. О катаплеите и гидрокатаплеите из щелочных пегматитов // Редкие элементы в массивах щелочных пород. М.: Наука, 1962. С. 88-93. (Тр. ИМГРЭ; Вып. 9).
6. Boggs R.C., Ghose S. Georgechaoite,  $\text{NaKZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral species from Wind Mountain, New Mexico // Canad. Miner. 1985. Vol. 23, pt 1. P. 1-4.
7. Chao G.Y., Watkinson D.H. Gaidonnayite,  $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral from Mont St. Hilaire, Quebec // Ibid. 1974. Vol. 12. P. 316-319.
8. Chao G.Y., Watkinson D.H., Chwn T.T. Hilairite,  $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral from Mont St. Hilaire, Qubec // Ibid. Pt 4. P. 237-240.
9. Chao G.Y. The crystal structure of gaidonnayite  $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  // Ibid. 1985, Vol. 23, pt 1. P. 11-15.

10. Ghose S., Thakur P. The crystal structure of georgechaoite  $\text{NaKZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  // Ibid. P. 5-10.
11. Mandarino J.A., Sturman B.D. The identity of  $\alpha$ -catapleiite and gaidonnayite // Ibid. 1978. Vol. 16. P. 195-198.
12. Roberts A.C., Bonardi M. Potassian gaidonnayite from the Kipawa agpaitic syenite complex, Quebec // Pap. Geol. Surv. Canada. 1981. N 83-1A. P. 480-482.

УДК 549.75 (470.21)

А.В.Волошин, Я.А.Пахомовский, Д.Ю.Пущаровский,  
Т.Н.Надежина, А.Ю.Бахчисарайцев, Ю.С.Кобяшев

### СТРОНЦИЕВЫЙ ПИРОХЛОР: СОСТАВ И СТРУКТУРА

Образование стронциевых разновидностей пирохлора обычно приурочено к поздним стадиям карбонатитового процесса [3], где они развиваются по более ранним разновидностям пирохлора. А.В.Лапин [6, 7] связывает кристаллизацию стронциевого (как и бариевого) пирохлора с формированием кор выветривания карбонатитов, отмечая в этих образцах минерала максимальные значения  $\text{SrO}$  - 16,08 мас.%. В карбонатитах Квебека, Канада, по данным [14], содержание  $\text{SrO}$  в пирохлоре обычно не превышает 1 мас.%, в то же время в минерале из карбонатитов Мбеи, Танганьика, Африка, содержание этого оксида достигает 6,40%. В концентратах пирохлора из этих же карбонатитов установлен и собственно стронциевый пирохлор с концентрацией  $\text{SrO}$  до 10-20 мас.%, который находится в сростании с бариевыми разновидностями или бариопирохлором [8].

В СССР, в карбонатитах Сибири, наиболее высокостронциевый пирохлор описан В.С.Гайдуковой [2]. Высокие содержания стронция в пирохлоре отмечались также в щелочных комплексах пород: в щелочных пегматитах Вишневых гор, Урал [4], в гидротермальных образованиях щелочных массивов Кольского полуострова [1, 5]. Необычный по морфологии стронциевый пирохлор, представляющий собой двойниковые образования, подобно лопариту, и, возможно, псевдоморфозы по нему, обнаружен в альбититах Вавнбеда, Ловозерский массив [1, 9]. Эти кристаллы имеют блочную структуру, обусловленную развитием отдельных участков опаловидного облика среди основной массы тонкозернистого строения. Тем не менее рентгенометрическое изучение указывает на кристаллическое состояние разных участков пирохлора. По составу эти отдельные участки характеризуются существенной неоднородностью распределения главных элементов, которое в сочетании с высокой степенью гидратированности образцов, а также с присутствием в их составе фосфора и кремния, ставит вопрос о структурных особенностях этого минерала.

Позднее в альбититах Вавнбеда в ассоциации с цирконом, эгирином и ильменитом были обнаружены необычные по форме, прозрачные кристаллы пирохлора красного цвета в виде включений в альбите, эгирине и цирконе, нередко располагающиеся в мелких пустотах растворения на иглах эгирина (рис. 1). Кристаллы имеют таблитчатый облик вследствие сильного уплощения по тройной оси, когда преимущественное развитие получает только пара противоположных граней октаэдра. Узкий пояс таких кристаллов образо-