жления сформировались в реа нескольких минеральных ассонним относятся магнетитовая и представлена кварц-биотитовызыми прожилками с магнетитом магнетита в пределах развития матитов. Пиритовая ассоциация ые выделения пирита неправильотина и халькопирита и сущестс пирротином (так называемый

бденитовая, пирит-халькопиритоаллическая) несут основной объно связаны с проявлениями гидний кислотного типа. Наиболее ляется кварц-молибденовая, кочасти месторождения и нескольтела. Объем ее уменьшается с дена сравнительно низкие. Мочешуек в кварцевых прожилках нсивного окварцевания. Пиритна флангах рудных тел и за их с кварц-(серицит)-эпидот-хлориэит и халькопирит образуют тонительно равномерно распредеиных кристаллов пирита и хальассоциация слагает ценвая ных тел, где халькопирит и бори структуры типа взаимных грапроявлена слабо. Она представі с гнездами карбоната и нерави рудных минералов: сфалерита, юпирита, редко — блеклых руд. полагается в зоне карбонатиза-ения (рисунок, б). Незначительпоявляется вместе с поздним ых метасоматитов. Образования ются маломощными кварц-кар-

й в пиритах и халькопиритах, 2], показали, что набор элеменх минералов, изменяется с той аругих медно-порфировых местоей рудных тел к их флангам поэля в пиритах. Пириты полимеюй степени обогащены цинком, борнит-халькопиритовой ассоциасеребра. По распределению котом и халькопиритом были опреэтих минералов [1] (рисунок, в). р кристаллизации совпадает с :ральных ассоциаций — от более я) к более низкотемпературным

Таким образом, совокупность приведенных данных говорит о том, что Михеевское месторождение является типичным представителем месторождений медно-порфирового типа, имеющим относительно глубокий эрозионный срез, но сохранившим общие черты рудно-метасоматической зональности, характерные для месторождений данного типа.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безман Н. И. и др. Пирит-халькопиритовый геотермометр: распределение кобальта//Геохимия. 1978. № 3.

2. Бородаев Ю. С., Еремин Н. И., Мельников Ф. П., Старостин В. И.

Лабораторные методы исследования минералов руд и пород. М., 1988. 3. Грабежев А. И., Белгородский Е. А., Чащухина В. А. Медно-пор-фировая минерализация Урала/ИГГ УНЦ АН СССР. Препринт. Свердловск, 1986. 4. Кравцов А. И., Мигачев И. Ф., Шишаков В. Б. Морфология и геомет-

ризация рудных тел медно-порфировых месторождений и критерии их поисков//Раз-зедка и охрана недр. 1980. № 7.

Поступила в редакцию 05.09.90

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 4, ГЕОЛОГИЯ. 1991. № 5

УДК 548.736

, Second Second

А. П. Хомяков, Е. А. Победимская, Т. Н. Надежина, Л. Е. Терентьева, Р. К. Расцветаева

### СТРУКТУРНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ВЫСОКОКРЕМНИСТОГО КАНКРИНИТА

Объектом настоящего исследования явился природный алюмосиликат группы канкринита, существенно отличающийся от других ее представителей высоким отношением Si/Al<sup>1</sup>. Минерал найден в северо-западной части Ловозерского щелочного массива (Аллуайв) в пегматитах ультраагпаитового типа [4, 6], где он образует гнездообразные обособления неправильной формы размером до 10-15 мм. Минерал ярко-сиреневый, водяно-прозрачный, с сильным стеклянным блеском, раковистым изломом. Плотность, определенная методом гидростатического взвешивания, равна 2,40 г/см<sup>3</sup>. Оптически одноосный, отрицательный, ne=1,490, no=1,509. Характерно яркое, желтое свечение в ультрафиолетовых лучах. Рентгенодифракционный и инфракрасный спектры сопоставимы с аналогичными спектрами обычного Na, Ca-канкринита.

Результаты химического анализа Si-канкринита (Na<sub>2</sub>O — 21,30, K<sub>2</sub>O — 0,10, CaO — 0,68, MgO — 0,11, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,33, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 24,42, SiO<sub>2</sub> — 43,11, CO<sub>2</sub> — 4,82, SO<sub>3</sub> — 0,36, H<sub>2</sub>O — 5,01) пересчитываются при Al+Si=12 на эмпирическую формулу (Na<sub>6,89</sub>K<sub>0,02</sub>Ca<sub>0,12</sub>Mg<sub>0,03</sub>). (Al<sub>4,80</sub>Si<sub>7,20</sub>) О<sub>24,02</sub> (CO<sub>3</sub>)<sub>1,10</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>0,04</sub> 2,79H<sub>2</sub>O, соответствующую идеализированной  $Na_7Al_5Si_7O_{24}(CO_3) \cdot 3H_2O_2$ .

Выявленная нестехиометричность Si и Al в изученном минерале казалась парадоксальной, поскольку до недавнего времени считалось твердо установленным, что в минералах группы канкринита с общей формулой A<sub>6-8</sub>[AlSiO<sub>4</sub>]<sub>6</sub>X<sub>1-4</sub>·1—5H<sub>2</sub>O, где А=Na+, K+, Ca<sup>2+</sup> и Х= =CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, OH<sup>-</sup> существенные вариации состава затрагивают

<sup>1</sup> Условно он назван нами высококремнистым и обозначен далее в статье Si-канкринитом.

лишь внекаркасные катионы, анионы и молекулы воды, тогда как содержание тетраэдрических катионов структуры не испытывает значительных колебаний<sup>2</sup>. При этом отношение Si/Al=1 в обычном канкрините соответствует упорядоченному распределению атомов Si и Al по двум разнообъемным тетраэдрам [9] структуры. Поскольку качество изученного нами образца, тщательность его отборки и анализа исключали возможность существенных ошибок, то нестандартность химического состава Si-канкринита обусловила повышенный интерес к нему как к особой разновидности или возможно новому минеральному виду и явилась причиной его детального рентгеноструктурного исследования.

Экспериментальной основой для уточнения химического состава и симметрии Si-канкринита, а также выявления особенностей его кристаллической структуры явился трехмерный набор интенсивностей, полученный с монокристалла на автодифрактометре P1 «Синтекс» (2 в: :θ-метод, Мо-излучение, 867 независимых ненулевых *I*≥2σ*I* отражений). Параметры гексагональной ячейки a=12,575(3), c=5,105(2) Å. Расчеты выполнены на вычислительной системе E-XTL и по системе программ AREN [1]. Закономерные погасания в массиве интенсивностей однозначно установили более высокую симметрию кристаллов Siканкринита (пр. гр. Р 63mc) по сравнению с ранее изученными (пр. гр. Р 63). Уточнение методом МНК позиционных и тепловых параметров атомов структуры, а также коэффициентов заселенности атомных позиций в пр. гр. Р 63mc позволило достигнуть фактора расходимости *R<sub>hkl</sub>*=0,048 в изотропном и *R<sub>hkl</sub>*=0,029 в анизотропном приближении. Координаты базисных атомов и изотропные тепловые поправки сведены в табл. 1, а межатомные расстояния в табл. 2.

Координаты базисных атомов в структуре высококремнистого канкринита

Таблица 1

				•	
Атом	Кратность позиции и коэффициент заселенности позиции *	x/a	y <sub>l</sub> b	z/c	<i>В<sub>ј</sub></i> изотр.
Si Na <sub>1</sub> Na <sub>2</sub> Na <sub>3</sub> Na <sub>4</sub> C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> O <sub>1</sub> O <sub>2</sub> O <sub>3</sub> O <sub>4</sub> O <sub>5</sub> O <sub>6</sub> —(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> O <sub>7</sub> —(H <sub>2</sub> O) <sub>1</sub> O <sub>8</sub> —(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> O <sub>9</sub> —(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} 12(1)\\ 2(0,55)\\ 6(0,85)\\ 2(0,24)\\ 6(0,10)\\ 2(31)\\ 2(30)\\ 6(1)\\ 6(1)\\ 12(1)\\ 6(0,31)\\ 6(0,37)\\ 6(0,17)**\\ 2(0,54)**\\ 2(0,29)\\ 2(0,16) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,0793(1)\\ 1/3\\ 0,1225(1)\\ 2/3\\ 0,280(2)\\ 0\\ 0\\ 0\\ 0,2022(1)\\ 0,4421(1)\\ 0,0356(2)\\ 0,0598(7)\\ 0,120(1)\\ 0,058(2)\\ 0,648(2)\\ 2/3\\ 0\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,4122(1)\\ 2/3\\ -0,1225(1)\\ 1/3\\ 0,140(2)\\ 0\\ -0,2022(1)\\ -0,4421(1)\\ 0,3566(2)\\ -0,0598(7)\\ 0,060(1)\\ 0,115(2)\\ 0,296(3)\\ 1/3\\ 0\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,7512(1)\\ 0,659(2)\\ 0,2852(6)\\ 0,083(4)\\ 0,792(5)\\ 0,192(4)\\ -0,109(6)\\ 0,6646(6)\\ 0,7249(8)\\ 0,0522(4)\\ 0,880(4)\\ 0,188(3)\\ 0,962(7)\\ 0,70(1)\\ 0,66(1)\\ 0,04(1,6) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,55(1)\\ 2,1(1)\\ 1,97(4)\\ 1,5(2)\\ 1,98(3)\\ 1,4(2)\\ 1,6(3)\\ 1,52(4)\\ 1,76(4)\\ 1,46(3)\\ 2,2\\ 2,7(2)\\ 3,0(4)\\ 4,9(1,0)\\ 5,0(1,5)\\ 2,50(3) \end{array}$

\* Коэффициент заселенности-отношение числа атомов в данной позиции к кратности этой позиции.

\*\* Положение молекулы H<sub>2</sub>O не подчиняется симметрии правильной системы точек.

<sup>2</sup> По этой причине обнаруженный в образце натриевого канкринита из пегма-тита долины р. Чинглусуай (Ловозеро) (Na<sub>6,70</sub> K<sub>0,08</sub> Ca<sub>0,09</sub> Fe<sub>0,05</sub> Mg<sub>0,03</sub>) (Al<sub>4,79</sub> Si<sub>7,81</sub>) О24,26 (CO<sub>8</sub>)0,91·3,20 H<sub>2</sub>O избыток кремния первоначально был объяснен Е. И. Семеновым возможной примесью уссингита, при этом не исключалась возможность и образования твердого раствора кремнезема в нефелиновой компоненте канкринита [3].

 $2,69(3) \times 2$ 2,73(3) 2, 34(3)2,67(3)  $Na_4 - O_1$  $Na_4 - O_4$  $Na_4 - O_4$ Na4-O5 Na4-O5 Na4-O6 2,472(2) imes 32,36(1) imes 22,48(2)  $2,36(1) \times 2$ 2,602(4)Межатомные расстояния в структуре высококремнистого канкринита, Å 2,47(1) 2,17(3)  $Na_2 - O_3$  $Na_2 - O_4$ Na<sub>2</sub>—O<sub>1</sub> Na2-O Na2-On  $2,394(1) \times 3$  $2,856(2) \times 3$ 2,478(6)×3 2,53(7)2,58(9)2, 37(7)2,80(7) $\begin{array}{c} \mathrm{Na_1-O_2}\\ \mathrm{Na_1-O_1}\\ \mathrm{Na_1-O_8}\\ \mathrm{Na_1-O_8}\\ \mathrm{Na_1-O_8}\end{array}$ Na<sub>1</sub>-0, Na<sub>1</sub>--0, ,667(2) 656(2) ,657(2) ,664(2)2,664(1)2,690(2) 2,721(2) 1,661 (Si--0)<sub>cp</sub> Si-O2 Si-O<sub>3</sub> Si-03 Si-O1 0

3

Таблица

 $2, 33(2) \times 2$ 

 $,70(3) \times 2$ 

47(4)

и молекулы воды, тогда как сотруктуры не испытывает значиение Si/Al=1 в обычном канкрииспределению атомов Si и Al по структуры. Поскольку качество ть его отборки и анализа исклюбок, то нестандартность химичеила повышенный интерес к нему ожно новому минеральному виду рентгеноструктурного исследова-

уточнения химического состава и яявления особенностей его криерный набор интенсивностей, пофрактометре  $\overline{P1}$  «Синтекс» (2  $\theta$ : имых ненулевых  $I \gg 2\sigma I$  отражеейки a=12,575(3), c=5,105(2) Å. ой системе E-XTL и по системе согасания в массиве интенсивносокую симметрию кристаллов Siнию с ранее изученными (пр. гр. ционных и тепловых параметров ентов заселенности атомных постигнуть фактора расходимости в анизотропном приближении. опные тепловые поправки сведеи в табл. 2.

Таблица 1

ре высококремнистого канкринита

y <sub>1</sub> b	z/c	В, изотр.
an a		· · · ·
,4122(1) /3 ,1225(1) /3 ,140(2) ,2022(1) ,4421(1) ,3566(2) ,0598(7) ,060(1) ,115(2) ,296(3) /3	$\begin{array}{c} 0,7512(1)\\ 0,659(2)\\ 0,2852(6)\\ 0,083(4)\\ 0,792(5)\\ 0,192(4)\\ -0,109(6)\\ 0,6646(6)\\ 0,7249(8)\\ 0,0522(4)\\ 0,880(4)\\ 0,188(3)\\ 0,962(7)\\ 0,70(1)\\ 0,66(1)\\ 0,04(1,6) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,55(1)\\ 2,1(1)\\ 1,97(4)\\ 1,5(2)\\ 1,98(3)\\ 1,4(2)\\ 1,6(3)\\ 1,52(4)\\ 1,76(4)\\ 1,76(4)\\ 1,46(3)\\ 2,2\\ 2,7(2)\\ 3,0(4)\\ 4,9(1,0)\\ 5,0(1,5)\\ 2,50(3) \end{array}$
исла атомо	в в данной поз	иции к крат-
я симметри	и правильной сис	темы точек.
азце натри К <sub>0,08</sub> Са <sub>0</sub> , оначально	евого канкринит <sub>09</sub> Fe <sub>0,05</sub> Mg <sub>0,03</sub> ) был объяснен	та из пегма- (Al <sub>4,79</sub> Si <sub>7,21</sub> ) Е. И. Семе-

ом не исключалась возможность и обфелиновой компоненте канкринита [3].

		Межатомные	расстояния в структуре	высококремнистого	санкринита, Å		
Si-01	1,656(2)	$Na_1 - O_2$	$2,394(1) \times 3$	Na,O.	2.472(2)  imes 3	Na,0.	9 33(9) ~ 9
$Si-O_2$	1,657(2)	$Na_1 - O_1$	$2,856(2) \times 3$	Na,0,	2.602(4)	Na,—O,	-2, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -2,
Si-O <sub>3</sub>	1,664(2)	$Na_1 - O_8$	2,53(7)	$Na_2 - O_4$	$2.36(1) \times 2$	Na,O,	2,01(0) 9 69(3) ~9
$Si-O_3$	1,667(2)	Na <sub>1</sub> —O <sub>8</sub>	2,58(9)	$Na_2 - O_4$	2,48(2)	$Na_4 - O_4$	2,73(3)
(Si0) <sub>cp</sub>	1,661	Na <sub>1</sub> —0,	2,37(7)	$Na_{3}-O_{k}$	$2,36(1) \times 2$	Na,—O.	9 67(3)
$O_1 - O_2$	2,664(1)	Na <sub>1</sub> —O,	2,80(7)	Na <sub>2</sub> —0,	2,47(1)	Na,0,	$2, 70(3) \times 2$
$0_1 - 0_3$	2,690(2)	$Na_3 - O_2$	2,478(6) imes 3	Na <sub>2</sub> —O	2, 17(3)	Na,—Oa	2.47(4)
$0_1 - 0_3$	2,721(2)	Na <sub>3</sub> —O <sub>1</sub>	$2,886(3) \times 3$	Na <sub>2</sub> —O <sup>°</sup>	$2,48(3) \times 2$	Na,O.	$2.79(3) \times 2$
$O_2 - O_3$	2,758(1)	Na <sub>3</sub> —O <sub>8</sub>	2, 14(9)	Na <sub>2</sub> —O,	2.94(2)	Nat-O.	$2.48(2) \times 2$
$O_2 - O_3$	2,768(2)	Na <sub>3</sub> —O <sub>8</sub>	2,96(9)	0 1		0 }	よう
$0_3 - 0_3$	2,668(1)	Na <sub>3</sub> —O <sub>7</sub>	2,07(3)				
(00) <sub>cp</sub>	2,708						
C105	$1,31(1)\times 3$	Na <sub>1</sub> —Na <sub>3</sub>	0, 39(2)				
0,-0,	2,11(2)	0,0,	0,46(6)				
C <sub>2</sub> 04	$1,30(1) \times 3$						
0-0	$2.26(1) \times 3$						



Схема расположения внекаркасных атомов Na, молекул H<sub>2</sub>O и (CO<sub>3</sub>)-групп в структуре высококремнистого канкринита в проекции (001) (a), вдоль осей 6<sub>3</sub> (б) и 3 (в). Черные кружочки — атомы Na, незаштрихованные кружочки — молекулы H<sub>2</sub>O

Остов структуры исследованного канкринита составляет алюмосиликатный каркас (рисунок), в котором по 12-кратной позиции Si-атомов изоморфно распределяются 4,8 атомов A1, о чем свидетельствует и увеличенное среднее Si—O расстояние (табл. 2).

В центре каналов на осях третьего порядка (рисунок) размещаются атомы Na<sub>1</sub>, которые окружены анионами каркаса, а вдоль оси переложены молекулами H<sub>2</sub>O. Позиция Na<sub>1</sub> заселена на 55% и дополняется Na<sub>3</sub> с заселенностью на 24% (табл. 1). Аналогично позиция

O<sub>8</sub>(H<sub>2</sub>O) на тройной оси дополи вокруг этой оси. Расстояния O<sub>7</sub>может только поочередно заним ций. Суммарная заселенность N ленности H<sub>2</sub>O и свидетельствует этого типа, а подвижность атомо с окружающими анионами карка

Еще бо́льшая разупорядочен каналах структуры вокруг осн Na<sub>2</sub> и Na<sub>4</sub> также статистически зиции. Суммарно эти позиции за динационная сфера Na атомов с стически атомами O, которые об круг атомов C. Детальное уточно оси  $6_3$  атомов углерода на C<sub>1</sub> и с стоянии 1,5 Å. Эти позиции засел Треугольные основания уплощен круг  $6_3$  на  $60^\circ$ . Кроме CO<sub>3</sub>-групп статистически 1,2 молекулы вод как и (H<sub>2</sub>O)<sub>1</sub>, может нарушать с лентные точки отстоят друг от ди

Найденная в Si-канкрините атомов Na групп (CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> и моле изученными ранее [2, 5, 7—10].

Результаты рентгеноструктур данными химического анализа и мическую формулу Si-канкринита

Na7,2 [Si7,2Al4,8C

 $= [Si_{7,2}Al_{4,8}O_{24}] [Na_{1,6}]$ 

Убедительная локализация а рамках нестандартной для канки зательством открытия новой высс нита. Использование методики ра ния обрыва ряда привело к фикс нового минерала.

Пегматитовые породы района минерал, представляют собой вес лочными, летучими и редкими эл для которых, как и для ультра чрезвычайное разнообразие минер гаются калиевым полевым шпато кринитом, арфведсонитом, призма В подчиненных количествах прис бит, уссингит, макатит, грумантит серандит, лоренценит, нептунит, лит, паракелдышит, терскит, цире тин, молибденит, клейофан, вилли рит, стенструпин. Из перечисленн служивают макатит NaHSi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.2H сутствие которых в данной ассоци ности пегматитообразующего раси та натрия. Это в сочетании с резк дифференциатах агпаитовых магм благоприятные для образования Si



4 (001) (a), вдоль осей 63 (б) и 3 (я). ванные кружочки — молекулы H<sub>2</sub>O

канкринита составляет алюмоом по 12-кратной позиции Si-атоомов Al, о чем свидетельствует и (табл. 2).

о порядка (рисунок) размещаанионами каркаса, а вдоль оси н Na<sub>1</sub> заселена на 55% и дополтабл. 1). Аналогично позиция  $O_8(H_2O)$  на тройной оси дополняется  $O_7$ — $(H_2O)$ , которая ондулирует вокруг этой оси. Расстояния  $O_7$ — $O_7$  столь малы (0,7 Å), что атом  $O_7$ может только поочередно занимать одну из трех эквивалентных позиций. Суммарная заселенность Na-позиций (80%) соответствует заселенности  $H_2O$  и свидетельствует о возможных вакансиях в каналах этого типа, а подвижность атомов и молекул  $H_2O$ — о слабой связи их с окружающими анионами каркаса.

Еще бо́льшая разупорядоченность атомов наблюдается в широких каналах структуры вокруг оси шестого порядка (рисунок). Атомы Na<sub>2</sub> и Na<sub>4</sub> также статистически занимают близко расположенные позиции. Суммарно эти позиции заселены почти полностью (95%). Координационная сфера Na атомов со стороны оси 6<sub>3</sub> дополняется статистически атомами O, которые образуют треугольные группировки вокруг атомов C. Детальное уточнение выявило расщепление позиций на оси 6<sub>3</sub> атомов углерода на C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub>, отстоящих друг от друга на расстоянии 1,5 Å. Эти позиции заселены примерно одинаково на 33 и 35%. Треугольные основания уплощенных пирамид C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> повернуты вокруг 6<sub>3</sub> на 60°. Кроме CO<sub>3</sub>-групп на оси 6<sub>3</sub> и около нее расположены статистически 1,2 молекулы воды (H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub> и (H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>. Причем (H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>, как и (H<sub>2</sub>O)<sub>1</sub>, может нарушать симметрию позиций, так как эквивалентные точки отстоят друг от друга на расстояниях, меньших 2,2 Å.

Найденная в Si-канкрините разупорядоченность внекаркасных атомов Na групп (CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> и молекул H<sub>2</sub>O максимальна по сравнению с изученными ранее [2, 5, 7—10].

Результаты рентгеноструктурного анализа хорошо согласуются с данными химического анализа и позволяют представить кристаллохимическую формулу Si-канкринита в следующем виде:

 $Na_{7,2}[Si_{7,2}Al_{4,8}O_{24}](CO_3)_{1,2} \cdot 3H_2O =$ 

 $= [Si_{7,2}Al_{4,8}O_{24}] [Na_{1,6} (H_2O)_{1,7}] [Na_{5,6} (CO_3)_{1,2} (H_2O)_{1,3}].$ 

Убедительная локализация атомов алюмосиликатного каркаса в рамках нестандартной для канкринитов группы Р6<sub>3</sub>mc служит доказательством открытия новой высококремнистой разновидности канкринита. Использование методики разностных синтезов с расчетом влияния обрыва ряда привело к фиксации подвижных атомов в структуре нового минерала.

Пегматитовые породы района Аллуайв, где встречен изученный минерал, представляют собой весьма своеобразные, пересыщенные щелочными, летучими и редкими элементами, пегматоидные образования, для которых, как и для ультраагпаитовых пегматитов, характерно чрезвычайное разнообразие минеральных видов. В основном они слагаются калиевым полевым шпатом, нефелином, гакманитом, Si-канкринитом, арфведсонитом, призматическим и волокнистым эгирином. В подчиненных количествах присутствуют: анальцим, натролит, альбит, уссингит, макатит, грумантит, вуоннемит, ломоносовит, соболевит, серандит, лоренценит, нептунит, лампрофиллит, астрофиллит, эвдиалит, паракелдышит, терскит, цирсиналит, казаковит, беловит, пирротин, молибденит, клейофан, виллиомит, акцессорные лопарит, ловчоррит, стенструпин. Из перечисленных минералов особого внимания заслуживают-макатит NaHSi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·2H<sub>2</sub>O и грумантит NaHSi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·H<sub>2</sub>O, присутствие которых в данной ассоциации свидетельствует о пересыщенности пегматитообразующего расплава-раствора в отношении силиката натрия. Это в сочетании с резким дефицитом алюминия в конечных дифференциатах агпаитовых магм, очевидно, и определяет условия, благоприятные для образования Si-канкринита.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов В.И. AREN-85 — развитие системы кристаллографических про-грамм «Рентген» на ЭВМ NORD, СМ-4 и ЕС//Кристаллогр. 1987. Т. 32, вып. 1. 2. Пущаровский Д.Ю., Ямнова Н.А., Хомяков А. П. Кристаллическая структура высококалиевого вишневита//Кристаллогр. 1989. Т. 34, выл. 1.

3. Семенов Е. И. О канкрините щелочных пегматитов. Минералогия и генетические особенности щелочных массивов. М., 1964.

4. Семенов Е. И. и др. Натриевые канкриниты Ловозерского щелочного массива//Минерал. журн. 1984. Т. 6, № 2

5. Смолин Ю. И. и др. Кристаллическая структура канкринита//Кристаллогр. 1981. Т. 26, вып. 1.

6. Хомяков А. П. Минералогические особенности щелочных пегматитов Хибино-Ловозерской провинции//Развитие минералогии и геохимии и их связь с учением о полезных ископаемых. М., 1983. С. 66—82. 7. Эмиралиев А., Ямзин И. И. Уточнение структуры канкринита по нейтро-

 8. Ваггег R. M., Соle I. F., Viliger H. Chemistry of minerals. Part VII: Synthesis, properties, and crystal structures of saltfilled cancrinites//J. Chem. Soc. A. 1970. N 9. P. 1523-1531.

9. Grundy H. D., Hassan I. The crystal structure of a carbonate-rich cancrini-te//Canad. Min. 1982. Vol. 20, N 2. P. 239-251.
10. Jarchow O. Atomenanordnung und Strukturverfeinerung von Cancrinit//Z. Kristallogr. 1965. Bd. 122, N 5/6. S. 407-422.

Поступила в редакцию 13.11.89

#### ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 4. ГЕОЛОГИЯ. 1991. № 5

УДК 552.11:550.82(470.5)

# Р. И. Костина

# первичноликвационное происхождение хлоритолитов

В рудных полях колчеданных месторождений внимание исследователей неизменно привлекают ассоциирующие с рудой породы, в том числе так называемые хлоритолиты — образования, состоящие (почти на 100%) из хлорита либо смеси преобладающего хлорита с серицитом, хлорита с кварцем и серицитом. Они наблюдаются в виде пластов, линз, тел (объемов) разнообразной формы, нередко с апофизами во вмещающие породы, в непосредственной близости от руды, иногда как бы вместо нее, представляя в последнем случае так называемые прожилково-вкрапленные руды, так как содержат обильную сульфидную вкрапленность, прожилки сульфидов, «сгустки» и т. д. Наиболее распространенное мнение об их происхождении — это рудный метасоматоз рудовмещающих пород, безразлично какого состава и генезиса [1, 2]. Так же распространенной является точка зрения, что - осадочные образования типа илов, гелей, на которых, как на это -«подстилке», формируются осадочные руды [1, 2]. В отличие от существующих нами высказывается мнение о первичной ликвационной природе хлоритолитов. Оно основано прежде всего на геологических наблюдениях в рудных полях, карьерах колчеданных месторождений Урала, петрологии пород, а также на данных теоретических и экспериментальных исследований о возможном формировании рудообразующих растворов-расплавов путем их ликвационного отщепления от скликатных магм [3, 6].

Геологическая практика показывает, что на Урале хлоритолиты наблюдаются исключительно в рудных полях колчеданных месторож-

