

МИНЕРАЛОГИЯ ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТОВ И ГИДРОТЕРМАЛИТОВ КОВДОРСКОГО ФЛОГОПИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М.М. Моисеев

ФГУ «Музей Самоцветы», Москва, kovdor05@mail.ru

Н.В. Чуканов

Институт проблем химической физики РАН, chukanov@icp.ac.ru

Дано минералогическое описание агпаитовых пегматитов, приуроченных к зоне развития мелилитовых пород Ковдорского флогопитового месторождения, а также связанных с ними щелочных гидротермалитов. Изученные объекты характеризуются ярко выраженной кальциевой спецификой, проявляющейся уже на ранней ультраагпаитовой стадии их формирования, причём активность Са возрастает в ходе процесса, тогда как общая щёлочность падает; активность бария и калия проходит через максимум. Стадийность пегматитообразования проявляется в отчётливой зональности строения жил. В частности, можно выделить стадию, индикаторами которой являются весьма специфические титаносиликаты бария: фосфоиннелит, батисит, щербаковит, набалампрофиллит. Многие минералы, как ранние, так и поздние, характеризуются присутствием дополнительных ионов CO_3^{2-} : члены групп эвдиалита, апатита, канкринита, тоберморит и ряд других демонстрируют высокую активность CO_2 на всех стадиях. Характерны каймы дорастания ранних бескальциевых или низкокальциевых минералов поздними высококальциевыми. Некоторые минералы пегматитов, описанных в статье, относятся к числу эндемичных, новых или потенциально новых минеральных видов.

В статье 8 рисунков, 4 таблицы, список литературы из 25 названий

Введение

Ковдорский массив ультраосновных и щелочных пород с карбонатитами (УЩК), расположенный на Кольском полуострове, представляет собой крупный полнодифференцированный интрузив с концентрически-зональным строением (Римская-Корсакова, Краснова, 2002; Kogarko *et al.*, 1995). Наиболее сложным составом характеризуется зона, занимающая промежуточное положение между оливинитовым ядром и щелочными породами мельтейгит-ийолитового комплекса кольцевой интрузии. Участок этой зоны, вскрытый в северном борту Флогопитового карьера, в основном сложен пироксенитами, мелилитовыми породами с клинопироксеном, оливином, флогопитом, монтичеллитом (Соколов, 1989) и содержит блоки размером от первых сантиметров до десятков метров оливин-слюдяно-клинопироксеновых и слюдяно-клинопироксеновых пород. Мелилитовые породы, как правило, сильно изменены: по ним развиты гастингсит-кальцит-диопсидовые, флогопит-кальцит-диопсидовые и «гидромелилитовые» породы. Кроме этого здесь широко распространены жилы ранних кальцитовых карбонатитов, дайки мелкозернистых ийолитов, метасоматиты с везувианом, андрадитом, пектолитом и флогопитом — «скарноиды» и многочисленные тела щелочных пегматитов. Изучению последних и посвящена настоящая работа.

Методы исследования

Локальные составы минералов определялись методом рентгеноспектрального анализа с использованием микроанализатора САМЕВАХ-MBX, оснащённого энергодисперсионным спектрометром Link AN 10000 с полупроводниковым (Si-Li) детектором; угол отбора 40° ; ускоряющее напряжение 15.7 кВ; ток электронного зонда 1–1.5 нА. Диаметр пучка варьировался от 2 до 18 мкм. Аналитик — А.Н. Некрасов (ИЭМ РАН).

Анализ, включающий получение изображения исследуемого объекта во вторичных и отраженных электронах и характеристическом рентгеновском излучении отдельных химических элементов, выполнялся на цифровом сканирующем электронном микроскопе CamScan MV2300, оснащённом YAG-детектором вторичных и отражённых электронов и энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором с полупроводниковым (Si-Li) детектором Link INCA Energy. Исследования выполнялись при ускоряющем напряжении 20 кВ; ток поглощенных электронов на эталонном образце кобальта составлял 510–560 нА. Диаметр электронного зонда на поверхности образца составлял 0.157 мкм.

ИК-спектры образцов минералов, запресованных в виде таблеток с бромистым калием, регистрировались на двухлучевом спектрофотометре Specord 75 IR в диапазоне волновых чисел 400–4000 cm^{-1} ; при этом в пучок сравнения помещалась аналогичная таблетка

из чистого КВг. В качестве эталонов использовались газообразный аммиак и полистирол.

Описание жильных тел

Несмотря на относительно широкую распространённость щелочных пегматитов в данном комплексе пород, их изученность до настоящего времени остается весьма низкой. Как правило, это жильные тела незначительной мощности — до 20–25 см. Мощность приконтактной зоны редко превышает 1 см. В зоне эндоконтакта развит мелкозернистый агрегат пироксена, переходящий в экзоконтакте в агрегат флогопита, часто железистого.

Следующая зона, мощность которой может достигать 10–15 см с каждой стороны, темно-зеленая, мелкозернистая, состоит преимущественно из пироксена, канкринита и полевого шпата; из акцессорных минералов в некоторых жилах отмечены набалампрофилит, лоренценит, пирротин, апатит. Изредка здесь встречаются мелкие полости.

Наибольшим минеральным разнообразием отличаются центральные части жил, где в виде отдельных линз развит крупнокристаллический агрегат цеолитов и пектолита с подчиненным развитием других минералов. Можно выделить комплекс ранних минералов, наиболее распространенные из которых — пектолит, канкринит, пироксены, минералы группы эвдиалита, и комплекс поздних, гидротермальных минералов, кристаллизовавшихся в полостях или замещающих ранее образовавшиеся минералы. Акцессорная минерализация, развитая в этой зоне, крайне разнообразна и индивидуальна для каждой жилы. В дальнейшем мы будем давать описание зональности жилы, если в нем есть какие-то существенные отличия от вышеприведенной типичной схемы.

1. Жила в монтichelлит-флогопит-пироксеновых породах, вскрытая на верхних уступах северного борта Флогопитового карьера, имеет мощность 3–4 см и залегает практически вертикально, простирание — С-Ю. Центральная зона сложена агрегатом томсонита, образующего псевдоморфозы по призматическим кристаллам гексагонального габитуса, возможно, канкринита или нефелина и заполняющего интерстиции между ними; неизменный канкринит или нефелин в жиле не обнаружен. Акцессорная минерализация представлена кристаллами высококальциевого эвдиалита, луешитом (кристаллы до 1 см), отмечен торит (толстотаблитчатые плохообразованные кристаллы до 1 см) с каймами рентгеноаморфного Са, Th-силиката (рис. 1),

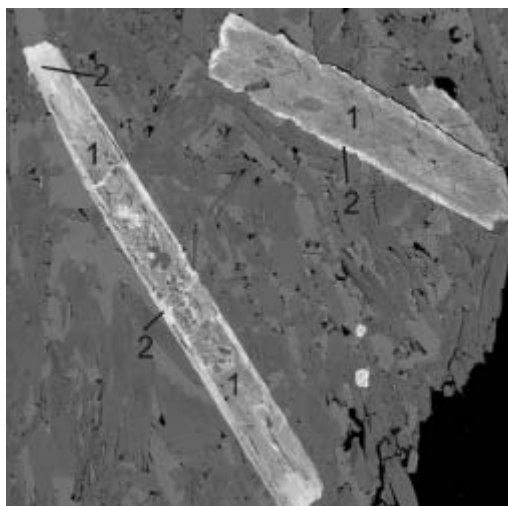


Рис. 1. Каймы замещения беталомоносовита (1) Са-аналогом мурманита (2). Изображение в обратно-рассеянных электронах. Длина кристалла 1.5 мм

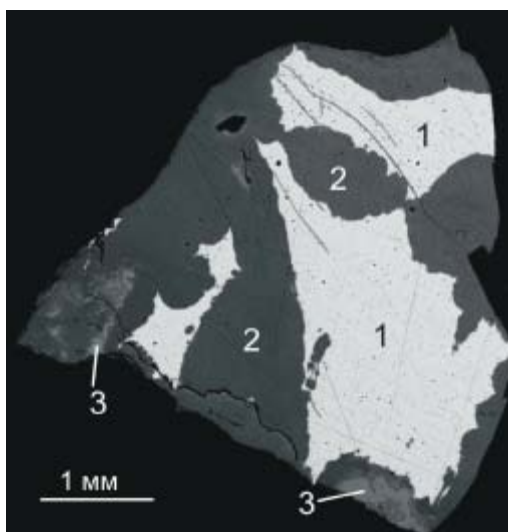


Рис. 2. Каймы замещения (доращение?) торита (1) водным Са, Th-силикатом (2) и Ва, Са, Th-силикатом (3). Изображение в обратно-рассеянных электронах

нецентросимметричный баритолампрофилит образует редкие розетки до 2 мм. В центральной зоне отмечены также мелкие полости, инкрустированные гребенчатыми кристаллами томсонита.

2. Щербаковитовая жила. Крупное пегматитовое тело было обнаружено нами в слабоизмененных мелилитовых породах. Мощность контактовой зоны 1–2 см, редко до 4 см. В эндоконтакте развит мелкозернистый агрегат пироксена, канкринита и натролита, присутствуют редкие желтые пластинчатые агре-

Таблица 1. Химический состав титаносиликатов

Компонент	Химический состав титаносиликатов							
	Бегсит 1	Бегсит 2	Щербосит 3	Набалам- профиллит 4	Беляжян осит 5	Са-титан- силкат 6	Са-титан- силкат 7	Са-титан- силкат 8
Na ₂ O	8.14	7.15	8.89	9.34	18.69	2.88	1.85	0.76
K ₂ O	4.48	8.88	7.40	2.59	0.13	0.80	1.13	0.47
CaO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.50	1.71	25.05	14.77	16.61
SrO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.25	н.п.о.	н.п.о.	4.78	н.п.о.
BaO	18.87	13.49	12.41	23.12	н.п.о.	н.п.о.	4.71	н.п.о.
PbO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
MgO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.57	н.п.о.	н.п.о.	0.62	0.35
MnO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.63	0.59	0.54	1.14	1.08
FeO	0.44	0.58	0.58	3.69	2.52	1.77	2.51	1.89
Al ₂ O ₃	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.58	1.29	1.50
Ce ₂ O ₃	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.76	н.п.о.	2.23
ThO ₂	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	2.42
TiO ₂	23.77	21.13	20.94	29.13	24.58	16.68	21.67	16.30
Nb ₂ O ₅	3.30	8.93	8.82	0.66	10.74	9.86	14.39	14.75
SiO ₂	39.06	39.43	41.37	27.76	24.61	15.73	22.74	20.80
P ₂ O ₅	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	15.24	11.63	4.46	2.09
Сумма	98.06	99.59	100.41	99.24	98.73	86.28	96.09	81.15
Формульные коэффициенты								
Na	1.62	1.41	1.67	2.61	2.93	0.68	0.29	0.13
K	0.58	1.15	0.91	0.48	0.02	0.12	0.12	0.06
Ca	—	—	—	0.08	0.15	3.28	2.30	1.58
Sr	—	—	—	0.11	—	—	0.23	—
Ba	0.76	0.54	0.47	1.30	—	—	0.15	—
Mg	—	—	—	0.12	—	—	0.08	0.05
Mn	—	—	—	0.08	0.04	0.06	0.08	0.08
Fe	0.04	0.05	0.05	0.45	0.17	0.18	0.17	0.14
Al	—	—	—	—	—	0.08	0.12	0.16
Ce	—	—	—	—	—	0.04	—	0.07
Th	—	—	—	—	—	—	—	0.05
Ti	1.83	1.61	1.52	3.16	1.50	1.53	1.34	1.08
Nb	0.15	0.41	0.39	0.05	0.40	0.55	0.54	0.59
Si	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1.92	1.88	1.84
P	—	—	—	—	1.05	1.41	0.31	0.16
Способ расчёта	Si ₄	Si ₄	Si ₄	Si ₄	Si ₂	(Si,Al) ₂	(Si,Al) ₂	(Si,Al) ₂

гаты набалампрофиллита (ан. 4, табл. 1) и отдельные зерна пирротина. В осевой части жилы размер кристаллов канкринита и пироксена увеличивается, главным минералом становится пектолит, образующий кавернозные кристаллы длиной до 10 см и радиально-лучистые агрегаты диаметром до 2 см, иногда встречаются «графические» срастания кальцита и пектолита. На некоторых участках развит агрегат таблитчатых кристаллов микроклина. Кристаллы канкринита зональны, их внутренняя часть желтая полупрозрачная, а внешняя — переполнена включениями пироксена. Местами канкринит частично замещен томсонитом. Из темноцветных минералов, кроме эгирин-диопсида, присутствует амфибол ряда магнезиоарфведсонит-калиевый магнезиоарфведсонит (ан. 2, табл. 2), образующий радиально-лучистые сростки и отдельные кристаллы черного цвета. Из акцессорных минералов в этой зоне распространены эвдиалит, минерал ряда батисит-щербосит (ан. 2, 3, табл. 1), образующий красно-коричневые агрегаты длинно-призматических кристаллов в полостях и отдельные кавернозные зерна до 2 см в пектолите. Рентгеноаморфный Са, Th-титаносиликат (ан. 12, табл. 3) встречается в виде красно-коричневых зерен со смоляным блеском; отмечены также отдельные зерна галенита, мелкие двойники луешита и агрегаты пластинчатых кристаллов, по ИКС близкие к белянкиниту с примесью кафетита (по-видимому, эти минералы развиваются по агрегатам беталомоносовита и кальциевого мурманита, см. также описание жилы № 5). Эвдиалит образует крупные коричнево-сиреневые ксеноморфные зерна между кристаллами канкринита или идиоморфные кристаллы в пектолите. С поверхности эвдиалит замещается агрегатом джорджчаюита, кальцита и глинистых минералов. В полостях встречены желтовато-коричневые радиально-лучистые агрегаты джорджчаюита (ан. 9, табл. 3) размером до 5 мм, заместившие мелкие кристаллы эвдиалита. Кроме джорджчаюита в мелких кавернах кристаллизуются натролит, кальцит и пектолит.

3. Жила с цирконом и луешитом. Фрагменты жилы существенно полевошпатового состава найдены в отвалах Флогопитового карьера. В осевой части жилы в крупнозернистом микроклиновом агрегате находятся пластинчатые кавернозные зерна пектолита и призматические кристаллы пироксена, на который нарастают кубические кристаллы луешита до 0.5 см и дипирамидальные кристаллы циркона (ан. 7, табл. 3) размером до 1 см, об-

Таблица 2. Химический состав темноцветных минералов пегматитов и силикатов гидротермальной стадии

Компонент	Эгирин 1	Кальциевый магнезио- арфведсонит 2	Анцит 3	Нафрит 4	Томсонит-Са 5	Богитий Sr томсонит-Са 6	Баритом 7	Фималитит-Са 8	Сколарит 9	Кларит 10	Стеллитит* 11	Тоберморит** 12	Тахеранит** 13
Na ₂ O	13.01	7.25	н.п.о.	14.86	3.85	3.31	н.п.о.	н.п.о.	0.80	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.24
K ₂ O	н.п.о.	3.69	9.32	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	2.23	1.45	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.07	2.40
CaO	1.35	3.77	0.19	0.20	12.69	6.65	1.55	6.24	12.70	н.п.о.	1.54	38.33	29.88
SiO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.17	10.06	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.78	н.п.о.
BaO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.62	20.08	4.98	н.п.о.	39.96	н.п.о.	1.50	н.п.о.
MgO	1.87	13.61	10.83	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.42	н.п.о.	н.п.о.	29.92	н.п.о.	н.п.о.
FeO	25.92	13.22	26.84	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Al ₂ O ₃	0.71	0.81	10.47	25.49	29.44	27.87	17.60	16.89	23.71	26.19	н.п.о.	3.46	4.36
TiO ₂	3.02	0.80	0.33	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
SiO ₂	25.92	55.04	38.21	46.37	36.59	34.47	42.43	46.13	45.63	30.90	н.п.о.	50.12	45.41
Cl	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.15	н.п.о.
-O=Cl2												-0.03	
Сумма	98.80	98.19	96.19	86.92	83.44	83.98	83.89	76.11	82.84	97.05	92.43	94.03	82.26
Формульные коэффициенты													
Na	0.94	2.05		1.88	1.05	0.95	—	—	0.17	—	—	—	0.18
K	—	0.69	0.93	—	—	—	0.71	0.44	—	—	—	0.15	1.21
Ca	0.05	0.58	0.01	0.01	1.91	1.05	0.42	1.62	0.93	—	0.11	4.55	12.67
Sr	—	—	—	—	0.09	0.86	—	—	—	—	—	0.05	—
Ba	—	—	—	—	—	0.09	2.00	0.47	—	3.04	—	0.07	—
Mg	0.11	2.94	1.26	—	—	—	—	0.15	—	—	2.94	—	—
Fe	0.81	1.61	1.76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Al	0.03	0.13	0.97	1.97	4.89	4.88	5.26	4.82	1.92	5.99	0.01	0.45	2.03
Ti	0.08	0.09	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Si	1.98	8.00	2.99	3.03	5.11	5.12	10.74	11.18	3.08	6.00	4.00	5.55	17.97
Cl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—
Способ расчёта	4 катиона	Si ₈	7 окт. и тер. катионов	(Si, Al) ₅	(Si, Al) ₁₀	(Si, Al) ₁₀	(Si, Al) ₁₆	(Si, Al) ₁₆	(Si, Al) ₅	Si ₆	Si ₄	(Si, Al) ₆	(Si, Al) ₂₀

Примечание: *главные линии гебаграммы [d, A (I)]: 12.63(8); 4.53(10); 2.55(10); 2.28(3); 1.253(10); 1.311(6).
**Данные А.Е. Задова

растающие луешит. В цирконе отмечены включения катаплеита (ан. 8, табл. 3), торита (ан. 10, табл. 3), и Са, Th-титанониобата (ан. 11, табл. 3). В породе встречены отдельные кристаллы титанита и пирротина. По имеющимся образцам судить о вмещающих породах и условиях залегания жилы нельзя.

4. Батиситовая жила в коренном залегании не обнаружена; представляет собой тонкий прожилок пектолит-пироксен-канкринитового состава в пироксените. Акцессорные минералы представлены батиситом (ан. 1, табл. 1), титанитом и пирротинном. Батисит образует длиннопризматические расщепленные кристаллы длиной до 1 см и зернистые агрегаты красно-коричневого цвета. В полостях

отмечены мелкие кристаллы кальцита, пироксена и канкринита.

5. Жила с беталомоносовитом расположена в мелилитовых породах в нескольких метрах от Щербаковитовой (2), но проследить, связаны ли эти жилы, к сожалению, невозможно. Падение жилы вертикальное, простирание на З-С-З, мощность до 7 см. Наиболее интересной особенностью этой жилы является находка беталомоносовита (ан. 5, табл. 1), образующего пластинчатые кристаллы размером до 2 мм в мелкозернистом пироксеновом агрегате, расположенном в осевой части жилы, и более крупные пластинки размером до 1 см в натролите. В первом случае внешние зоны кристаллов характеризуются

Таблица 3. Химический состав минералов циркония и тория

Компонент	Минералы группы эвдиалита						Циркон	Катапалит	Ажурж-тсит	5Торит	Са.Пт-титанолюбит	ТсСаПт-сизимкат	ВаСаПт-сизимкат	СаПт-сизимкат
	1	2	3	4	5	6								
Na ₂ O	4.93	9.47	12.39	11.73	9.19	10.16	н.п.о.	6.62	4.48	н.п.о.	2.36	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
K ₂ O	2.76	0.39	1.05	0.50	0.46	0.58	н.п.о.	0.64	6.79	н.п.о.	н.п.о.	0.24	н.п.о.	н.п.о.
CaO	11.82	12.57	13.60	15.40	17.24	18.13	н.п.о.	4.77	4.72	н.п.о.	9.98	7.66	1.87	7.75
SrO	1.16	0.85	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.43	0.86	н.п.о.
BaO	2.71	2.42	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	6.69	0.24
PbO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.62	0.98	1.09	1.74	2.19
MnO	0.60	0.49	0.36	1.06	0.69	0.57	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	3.00	0.51	н.п.о.	н.п.о.
FeO	н.п.о.	2.51	4.11	5.29	5.18	4.53	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.79	1.38	н.п.о.	н.п.о.
Al ₂ O ₃	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.14	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.57	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.57
Y ₂ O ₃	н.п.о.	н.п.о.	0.66	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.78	1.12	н.п.о.	0.77	1.91	н.п.о.	н.п.о.	0.55
La ₂ O ₃	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.15	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.25
Ce ₂ O ₃	0.61	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.29	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.81	1.03	н.п.о.	н.п.о.
ThO ₂	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	6.12	78.58	н.п.о.	39.03	59.60	57.01
TiO ₂	1.10	н.п.о.	н.п.о.	0.33	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	2.71	н.п.о.	15.87	14.38	н.п.о.	н.п.о.
ZrO ₂	12.15	13.65	12.26	11.99	12.03	11.74	67.87	31.50	24.87	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Nb ₂ O ₅	1.12	1.20	1.23	2.43	2.63	1.70	н.п.о.	0.44	1.98	н.п.о.	34.60	4.74	н.п.о.	н.п.о.
SiO ₂	55.36	54.47	52.75	49.63	48.74	49.63	32.35	45.13	42.99	19.40	н.п.о.	14.07	16.66	19.63
SO ₃	н.п.о.	0.63	0.39	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Cl	0.79	1.03	0.63	0.53	0.24	0.31	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
O=Cl ₂	-0.18	-0.23	-0.14	-0.12	-0.05	-0.07	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Сумма	94.93	98.45	99.26	98.77	99.75*	97.28	102.00	90.22	95.23	100.37	99.77	84.81**	87.02	88.30***
Формульные коэффициенты														
Na	4.33	8.42	11.39	11.46	9.02	9.94	—	0.85	0.60	—	0.16	—	—	—
K	1.58	0.24	0.62	0.32	0.30	0.38	—	0.06	0.60	—	—	0.07	—	—
Ca	5.72	6.18	6.90	8.31	9.35	9.78	—	0.34	0.35	—	0.38	1.76	1.36	4.91
Sr	0.31	0.24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.18	—
Ba	0.48	0.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.89	0.06
Mn	0.23	0.18	0.14	0.45	0.29	0.24	—	—	—	—	0.09	0.09	—	—
Fe	—	0.97	1.63	2.23	2.19	1.91	—	—	—	—	0.02	0.25	—	—
Al	—	—	—	—	0.08	—	—	—	0.05	—	—	—	—	0.47
Y	—	—	0.17	—	—	—	0.03	—	—	0.02	—	—	—	0.17
La	—	—	—	—	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06
Ce	0.11	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—	0.02	0.08	—	—
Th	—	—	—	—	—	—	—	—	0.09	0.92	0.23	1.79	9.76	7.67
Ti	0.37	—	—	0.13	—	—	—	—	0.14	—	0.42	2.31	—	—
Zr	2.69	3.06	2.83	2.95	2.97	2.89	1.02	1.02	0.83	—	—	—	—	—
Nb	0.23	0.24	0.26	0.55	0.60	0.39	—	0.01	0.06	—	0.56	0.45	—	—
Si	25.00	25.00	25.00	25.00	24.66	25.00	1.00	3.00	2.95	1.00	—	3.00	12	11.60
S	—	0.21	0.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl	0.59	0.79	0.51	0.45	0.21	0.26	—	—	—	—	—	—	—	—
Способ расчёта	Si ₂₅	Si ₂₅	Si ₂₅	Si ₂₅	Si _{24.66}	Si ₂₅	Si ₁	Si ₃	(Si,Al) ₃	Si ₁	(Nb,Ti,Fe) ₁	Si ₃	Si ₁₂	(Si,Al) ₁₂

Примечания: 1 - аквацит; 2 - Fe-дефицитный аналог эвдиалита; 3 - эвдиалит; 4 - фекличевит; 5 - голышевит; 6 - Nb-дефицитный аналог фекличевита. В сумму включены: *1.52% CO₂, 1.3% H₂O; **0.25% MgO; *** 0.11% Nd₂O₃. Для обр. 5 способ расчёта выбран исходя из структурных данных

Таблица 4. Минералы, обнаруженные при изучении щелочных пегматитов и гидротермалитов Ковдорского флогопитового месторождения

Минерал	Жила	Метод диагностики
Аквацит	12	м/з, ИКС
Альбит	13	м/з, ИКС
Аннит	6	м/з, ИКС
Апатит	6,10	м/з
Апофиллит	11	м/з
Барит	11	м/з
Баритолампрофиллит (нецентросимметричный)	2,6	м/з, ИКС
Батисит	2,4	м/з, ИКС
Беталомоносовит	5	м/з, ИКС
Вишневит	По данным (Иванюк и др., 2002)	м/з
Волластонит	По данным (Иванюк и др., 2002)	м/з
Галенит	2,6	м/з
Гармотом	14,15	м/з
Геденбергит	6	м/з
Гольшевит	10	м/з, ИКС,
Джорджчаоит	2	м/з, ИКС
Диопсид	6,7,16	м/з
Калиевый магнезиоарфведсонит	2	м/з
Кальцит	2,6 и другие	ИКС
Канкринит	2,4,5,6,10,12,14,16	м/з, ИКС
Катапалит	3	м/з
Кафетит	5,6,7	ИКС
Квинтинит	15	ИКС
Кимрит	9	ИКС
Лоренценит	6,7	м/з, ИКС
Луешит	2,3,6,12	м/з, ИКС
Магнезиоарфведсонит	2	м/з
Мезолит	6,15	ИКС
Микроклин	3,8,13,16	ИКС
Моговидит	16	м/з, ИКС
Набалампрофиллит	2,6,7	м/з, ИКС
Натролит	2,6,7,8,15	ИКС
Нефелин	7	ИКС
Ортоклаз	6,8	ИКС
Пектолит	1,2,4,5,6,7,8,10,12,16	м/з, ИКС
Пирротин	2,6,14	м/з
Рихтерит	7,12	ИКС
Сапонит	9	ИКС
Сколецит	6,7,12	ИКС
Стевенсит	12	ИКС
Сфалерит	6	м/з
Тахеренит	6,11	м/з, ИКС, опт
Титанит	6,7,8,13	м/з
Тоберморит	6	м/з, ИКС, опт
Томсонит	1,2,6,7,8,9,11,12,14,15,16	м/з, ИКС
Торит	1,3,6	м/з
Фекличевит	2,6,10	м/з, ИКС
Филлипсит-Са	11,15	м/з
Флогопит	1,6,7,10,12	м/з
Фосфоиннелит	10	ИКС, м/з
Циркон	3	м/з
Шабазит-К	6	м/з
Щербаковит	2	м/з (зоны в батисите)
Эвдиалит	1,6,7,8	м/з, ИКС
Эгирин	6,8,16	м/з
Эгирин-авгит	6 и другие	м/з
Недостаточно изученные минералы и минералы неопределённого статуса		
Аморфный Са, Th-силикат	1,6	м/з, ИКС
Аморфный Са, Th-титаносиликат	2	м/з
Са, Th-титаноноиобат	3	м/з
(Са, Ва), Th-силикат	6	м/з
Fe, Mn-дефицитный эвдиалит	6	м/з, ИКС
Белянкинитоподобный минерал	2	ИКС
Са-аналог мурманита	5	м/з, ИКС, опт
Канкринитоподобный минерал	14	м/з, ИКС

Примечание: жирным шрифтом выделены минералы, открытые в щелочных пегматитах Ковдорского массива

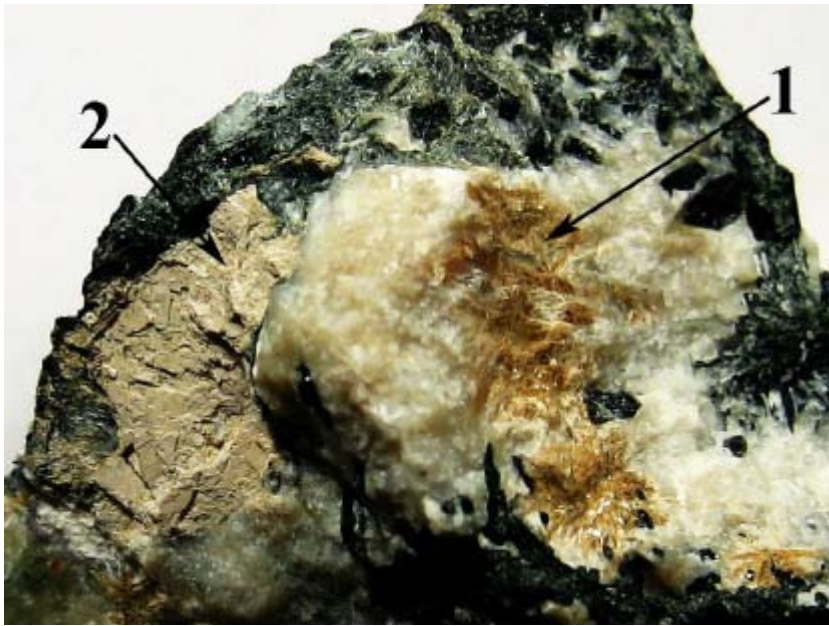


Рис. 3. Псевдоморфоза кафетита (1) по беталомоносовиту в ассоциации с набалампрофиллитом (2). Размер образца 5 см

ются повышенным содержанием кальция и ниобия и по составу отвечают кальциевому аналогу мурманита (ан. 6–8, табл. 1); в последнем случае в ИК-спектре минерала появляются слабовыраженные пики кафетита. Более мелкие кристаллы, расположенные в натролите, замещаются кафетитом полностью.

6. Жила с набалампрофиллитом была обнаружена нами в северном борту Флогопитового карьера. Падение жилы в сторону центра массива, на юг, под углом около 45°. Мощность довольно постоянна на протяжении жилы и составляет 7–10 см. По падению жила прослежена на 2.5 м. Средняя часть жилы характеризуется типичным строением, выделяясь большим разнообразием акцессорных минералов (см. табл. 4), что дает возможность на примере этой жилы проследить эволюцию минералообразования от самых ранних, ультраагпаитовых парагенезисов, до поздних водных кальциевых силикатов: тоберморита (ан. 12, табл. 2) и тахеренита (ан. 13, табл. 2). Акцессорные минералы представлены набалампрофиллитом, лоренцитом, луешитом, торитом, фекличевитом, эвдиалитом, кафетитом, галенитом, сфалеритом, пирротином, тахеренитом, тоберморитом. Интересно отметить замещение торита по краям зерен и трещинам Са, Th-силикатом (рис. 2; ан. 14, табл. 3), в котором присутствуют участки Ва, Са, Th-силиката (ан. 13, табл. 3). В нижней части эта жила пересекает поло- го залегающую зону «скарноидов», а в верх-

ней части контактирует с ранним кальцитовым карбонатитом. В месте пересечения со «скарноидами» в осевой части жилы исчезают канкринит и натролит, а главным породообразующим минералом становится томсонит, скопления которого содержат редкие крупные кристаллы сильно измененного пектолита. Из акцессорных минералов преобладает низкожелезистый аналог эвдиалита (ан. 2, табл. 3) темно-бурого до черного цвета. Кристаллы флогопита скарноидов сильно деформированы и частично замещены волокнистым рихтеритом.

В верхней части жилы на контакте с карбонатитом находится зона, сложенная таблитчатыми кристаллами ортоклаза, канкринита, эвдиалита и эгирина, а в 10–15 см над ней расположены будинообразные блоки пегматоидной породы с друзовой оторочкой эгирин-авгита, целиком погруженные в массу карбонатита. В друзовых корках пироксена четко проявлена зона геометрического отбора. Внутренняя часть этих блоков сложена таблитчатыми кристаллами сероватого ортоклаза (35–40%), призматическими кристаллами желто-зеленого канкринита (35–40%) и дощатыми — пектолита (~20%). Размер кристаллов до 5–6 см. В резко подчиненных количествах находятся эгирин-авгит в виде длиннопризматических кристаллов, фекличевит (ан. 4, табл. 3), образующий коричневые изометричные и толстотаблитчатые кристаллы и зёрна до 3 см. Из акцессорных минералов присутствуют в виде желтых клиновидных



Рис. 4. Псевдоморфозы томсонита-Са по канкриниту (бурые) в агрегате лектолита. Размер образца 8 см

кристаллов титанит, мелкие зерна пирротина, торита и аннита (ан. 3, табл. 2). В похожей по составу породе, найденной в отвалах карьера в 1990 г., был впервые установлен фекличевит (Пеков и др., 2001).

7. Жила в крупнозернистом слюдистом пироксените мощностью 3–4 см обнаружена в отвалах Флогопитового карьера. Основным породообразующим фельдшпатоидом в ней является нефелин, а не канкринит, как в большинстве других жил. Контакты резкие, краевые части жилы сложены агрегатом серо-зеленых зерен нефелина с редкими кристаллами и сростками пироксена; местами развит мелкозернистый флогопит. Центральная часть жилы образована крупными зернами пектолита с включениями кристаллов нефелина и пироксена. Из аксессуарных минералов отмечены набалампрофиллит, лоренценит, титанит, эвдиалит. В нефелине, на контакте со спутанно-волокнистым агрегатом рихтерита, была обнаружена крупная, около 1 см, псевдоморфоза кафетита по минералу пластинчатого габитуса, предположительно беталомоносовиту (рис. 3).

Более подробное описание жил 6 и 7 приведено в статье Чуканова и соавторов (2004).

8. Полевошпатовый прожилок в дайке ийолита. В крупной дайке мелкозернистых ийолитов была обнаружена жила щелочных пород существенно полевошпатового состава. Контакт жилы с ийолитами резкий. В отличие от остальных жил элементы залегания и мощность данной жилы не постоянны, хотя за пределы дайки она не выходит. Вдоль контакта развит мелкозернистый агрегат эгирина. В незначительном количестве присутству-

ют эвдиалит и титанит, а в интерстициях развиты радиально-лучистые агрегаты натролита, томсонит и пектолит. По результатам ИКС полевой шпат представлен микроклином.

9. Жила с кимритом. Кимрит в Ковдорском массиве обнаружен нами в небольшой глыбе на верхних горизонтах флогопитового месторождения, в полостях томсонитового агрегата. По-видимому, этот агрегат происходит из осевой части какой-то жилы щелочных пород. Кимрит (ан. 10, табл. 2), образует бледно-желтые сферолиты до 3 мм в диаметре в мелких пустотах и в свою очередь обрастает скаленоэдрическими кристаллами кальцита. В томсоните-Са, который представлен высокостроичевой разностью (ан. 6, табл. 2), наблюдаются коричневые агрегаты сапонитоподобного минерала, вероятно, заместившего пироксен.

10. Жила с голышевитом и фосфоиннелитом, пересекающая ранний кальцитовый карбонатит, была обнаружена в северном борту карьера. В отличие от жилы 6, контакт между карбонатитом и пегматитом здесь не резкий. Можно выделить осевую часть жилы мощностью до 5 см, сложенную крупными, до 4 см, таблитчатыми кристаллами ортоклаза, агрегатами длиннопризматических кристаллов пектолита, кальцитом, псевдоморфозами томсонита по канкриниту (рис. 4) и отдельными кристаллами голышевита — минерала группы эвдиалита, содержащего дополнительный анион CO_3^{2-} (ан. 5, табл. 3; ИК-спектр приведен на рис. 5; см. также Чуканов и др., 2005_a). Отмечены призматические кристаллы пироксена. На расстоянии до 7–8 см от осевой части жилы встречаются

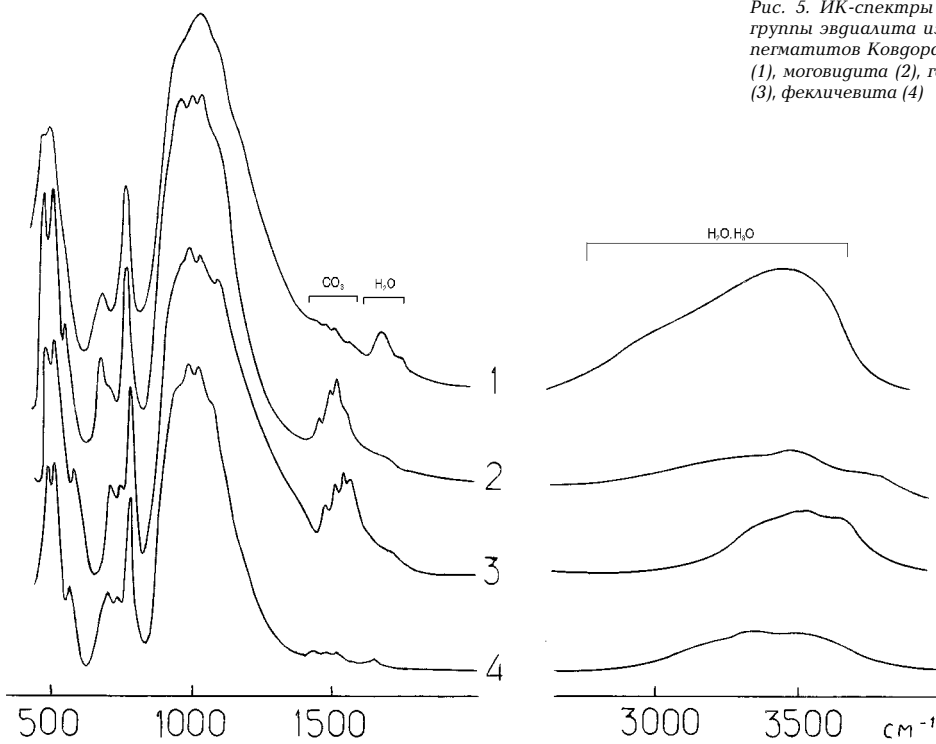


Рис. 5. ИК-спектры минералов группы эвдиалита из щелочных пегматитов Ковгора: аквалита (1), моговидита (2), голышевита (3), фекличевита (4)

отдельные кристаллы канкринита, полностью замещенные томсонитом, и агрегаты пектолита. Местами в жиле наблюдаются участки, сложенные идиоморфными кристаллами голышевита, содержание которого достигает 70%. Кристаллы этого минерала темно-коричневые, по морфологии аналогичны фекличевиту (Пеков и др., 2001). Кроме голышевита в этой жиле встречен фосфатный аналог иннелита — фосфоиннелит (Пеков и др., 2005), образующий желтовато-коричневые, уплощенно-призматические досковидные расщепленные кристаллы в томсонитовом агрегате, заместившем канкринит.

11. Тахеренит-томсонитовый прожилок небольшой мощности отмечен в зальбанде не крупной дайки ийолитов, секущих слабоизмененные меллитовые породы северного борта Флогопитового карьера. Прожилок мощностью около 2 см сложен радиально-лучистыми агрегатами высокостронциевого томсонита, в полостях которого развиты почковидные агрегаты тахеренита, кристаллы кальцита и апофиллита. При большом разрешении в электронном микроскопе видно, что в почках тахеренита присутствуют призматические кристаллы барита. На кальцит и тахеренит нарастают агрегаты филлипсита-Са.

12. Сколецитовая жила была обнаружена нами в северном борту Флогопитового карьера в монтчеллит-диопсид-флогопитовых породах. Эта жила представляет определенный интерес, так как основным породообразующим цеолитом в ней служит сколецит (ан. 9, табл. 2), образующий белые агрегаты с шелковистым блеском. Минералы группы эвдиалита представлены аквалитом (ан. 1, табл. 3), образующим мелкие розово-сиреневые зерна и крупные (до 3 см) коричнево-красные зерна с яркой сиреневой каймой. Аквалит приурочен к осевой части жилы и часто сростается с поздним кальцитом. По пектолитовому агрегату развивается серовато-белый фарфоровидный стевенсит (ан. 11, табл. 2). В зальбандах жилы наблюдается ритмическая зональность, маркируемая кристаллами эгирин-авгита. Из акцессорных высокотемпературных минералов присутствует луешит.

13. Жила с альбит-антипертитом. В отвалах карьера нами были обнаружены участки жилы, сложенной преимущественно полевым шпатом. Мощность жилы около 7 см, по зальбандам развит мелкозернистый агрегат полевого шпата и пироксена. В осевой части жилы находятся призматические кристаллы канкринита и пироксена. Из акцессорных

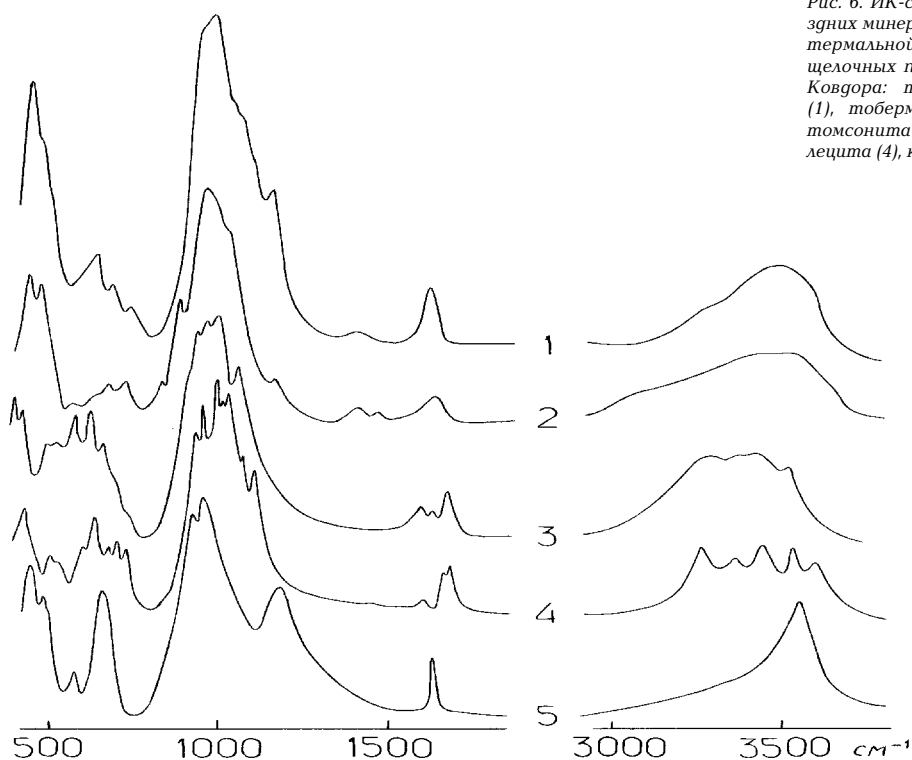


Рис. 6. ИК-спектры поздних минералов гидротермальной стадии из щелочных пегматитов Ковдора: тахеринита (1), тоберморита (2), томсонита-Са (3), сколецита (4), кимрита (5)

минералов присутствует в виде отдельных кристаллов титанит. По результатам ИКС полевой шпат определен как альбит-ортоклазовый антипертит.

14. Жила с канкринитоподобным минералом была обнаружена нами в виде отдельных небольших глыб на северном борту Флогопитового карьера. Большую часть объема жилы составляет агрегат призматических кристаллов желтовато-зеленого канкринита размером до 1,5–2 см и призматических кристаллов пироксена длиной 1–2 мм. Отмечены отдельные изометричные зерна пектолита, минерала группы эвдиалита, пирротина. Из цеолитов встречается томсонит в виде мелких радиально-лучистых агрегатов с шелковистым блеском, замещающих канкринит. Канкринитоподобный минерал (см. ниже) образует каймы шириной до 1–2 мм вокруг кристаллов канкринита или отдельные полупрозрачные изометричные синие зерна в белом томсоните.

15. Кальцит-цеолитовые прожилки в дайках. В крупных ийолитовых дайках обычны прожилки цеолитового и кальцит-цеолитового состава. Наиболее распространенным минералом прожилков является томсонит-Са, образующий пластинчатые кристаллы до

5 мм, иногда встречаются характерные крестообразные двойники. Кальцит образует острые скаленоэдрические кристаллы, часто покрытые тонкой корочкой филлипсита-Са или гармотома (ан. 7, табл. 2); иногда кристаллы кальцита полностью замещаются мелкозернистым агрегатом этих минералов. На некоторых участках трещины заполнены коллоидным квинтинитом, на который нарастают цеолиты и кальцит.

16. Моговидитовая жила. Фрагмент пегматита, содержащего моговидит, найден в отвалах флогопитового карьера. Жила мощностью 5–6 см имеет хорошо выраженное зональное строение. Зальбанды её сложены средnezернистым агрегатом бесцветного канкринита без признаков изменения и темно-зеленого диопсида. В приосевой части жилы мощностью до 3–4 см преобладают шестоватые агрегаты пектолита и бежевые криптокристаллические агрегаты томсонита-Са (возможно, псевдоморфозы по канкриниту). В основную массу этой зоны вкраплены идиоморфные кристаллы моговидита, темного малиново-бурого цвета, размером до 4 мм, и отдельные мелкие кристаллы черного пироксена, по ИКС близкого к эгирин-геденбергиту. В этой же зоне встречаются гнезда микро-

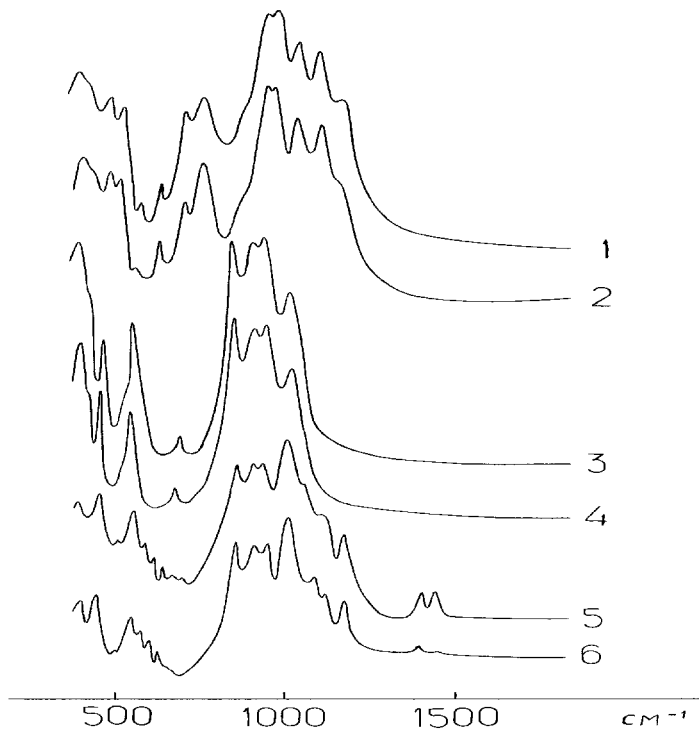


Рис. 7. ИК-спектры бариевых титаносиликатов: батисита из Ковгора (1) и Инагли (2); набалампрофиллита из Ковгора (3) и Инагли (4); фосфоинелита из Ковгора (5) и иннэлита из Инагли (6)

клина, слагающего белые рыхлые агрегаты. В последних отмечается примесь кальцита. По-видимому, микроклин образовался на гидротермальной стадии. Характер вмещающих пород установить не удалось.

Типоморфные минералы щелочных пегматитов и гидротермалитов Ковдорского флогопитового месторождения

Описанные выше пегматиты представляют собой достаточно редкий тип жильных пород. Наиболее наглядным проявлением их специфики является почти повсеместное присутствие первичного канкринита в качестве главного породообразующего фельдшпатоида в ранних парагенезисах, а также обилие высококальциевых цеолитов — томсонита-Са, сколецита — в гидротермальных зонах. Однако наиболее необычной является акцессорная минерализация, нередко развивающаяся не равномерно, а в виде отдельных гнезд и представленная в основном редкими минералами Ва, Ti, Zr, Nb, Th. Для каждой жилы характерен весьма специфический комплекс акцессорных минералов.

В жилах можно выделить парагенезис минералов, восходящих к раннему высокощелочному или даже ультраагпаитовому флюиду,

минералы с низкими содержаниями щелочноземельных элементов, $Si > Al$ и отношением $(Na + K):(Si + Ti + Nb + Zr) > 1/3$: низкокальциевый титанистый эгирин (ан. 1, табл. 2), магнезиоарфведсонит, калиевый магнезиоарфведсонит (ан. 2, табл. 2), беталомоносонит (ан. 6, табл. 1), лоренценит, ядра индивидов эвдиалита с наиболее высокими Na:Ca отношениями. В дальнейшей эволюции флюида можно отметить две линии минералообразования: первая линия связана с нарастанием активности кальция в ходе кристаллизации, а вторая — находит отражение в поведении бария, калия и титана.

Наиболее полно в пегматитах представлена первая линия. Она, в частности, проявляется в замещении и обрастании ранних минералов с высоким содержанием натрия их высококальциевыми аналогами или разновидностями: беталомоносонит замещается кальциевым титаносиликатом, по составу близким к мурманиту (рис. 1); микрозондовый анализ этого минерала хорошо согласуется с идеализированной формулой $Ca_2(Ti, Nb)_2(Si_2O_7)(O, OH)_4 \cdot nH_2O$, соответствующей кальциевому аналогу мурманита. На низкотемпературной стадии этот минерал замещается в свою очередь кафетитом (рис. 4). Эгирин обрастает каймой эгирин-диопсида,

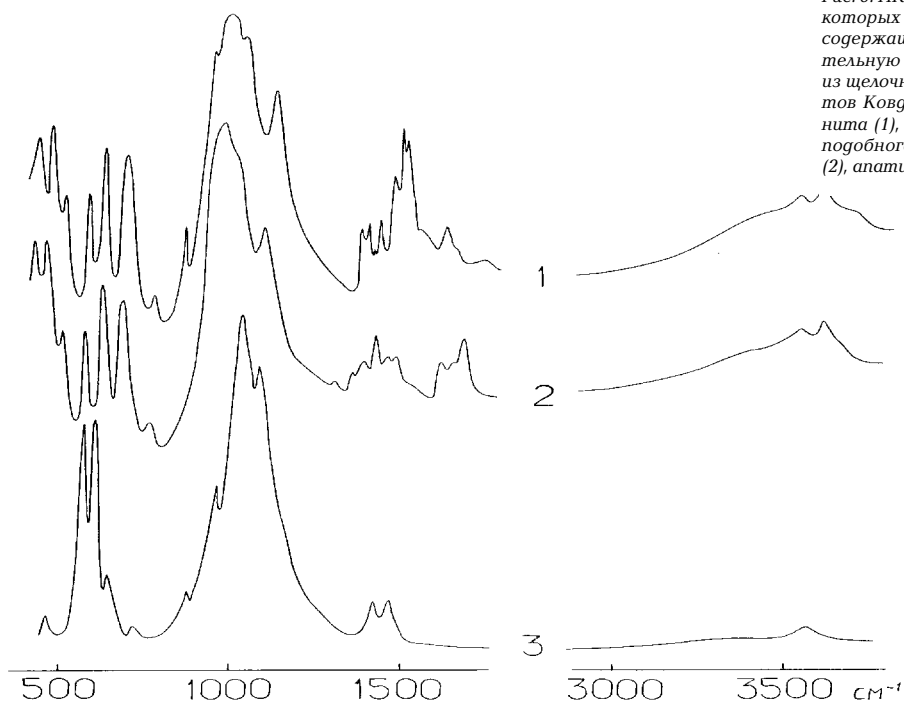


Рис. 8. ИК-спектры некоторых минералов, содержащих дополнительную группу CO_3^{2-} из щелочных пегматитов Ковдора: канкринита (1), канкринитоподобного минерала (2), апатита (3)

вокруг зерен эвдиалита формируются зоны фекличевита (скорее всего это дорастание, а не замещение, хотя при повышенных температурах ионообмен в эвдиалите возможен). Обычными породообразующими минералами являются пектолит и канкринит.

Среди минералов группы эвдиалита можно выделить две подгруппы: с «нормальным» содержанием кальция, но с пониженным содержанием натрия и железа и повышенным — бария (см. ан. 1, 2 в табл. 3) и «гиперкальциевые», нередко с повышенными содержаниями групп CO_3^{2-} , очевидно, замещающих Cl^- (ан. 3–6 в табл. 3). К первой подгруппе можно отнести и инаглинские Na,Fe-дефицитные эвдиалиты с аномально высоким содержанием бария (Соколова и др., 1991; Bulakh, Petrov, 2004).

С понижением температуры роль кальция растёт, главным цеолитом становится томсонит-Sa или сколецит; появляется ряд минералов, вообще не содержащих щелочных элементов. Формирование ряда жил завершается кристаллизацией наиболее высококальциевых минералов: тоберморита, тахернита и кальцита. Все поздние кальциевые минералы, кроме кальцита, дают в ИК-спектрах сильные полосы слабосвязанной молекулярной воды в диапазоне $3300 - 3600 \text{ см}^{-1}$ (рис. 6).

Вторая линия минералообразования связана с поведением бария, в меньшей степени — калия и проявляется в характере акцессорной минерализации. Можно выделить стадию пегматитообразования, на которой кристаллизуется большая часть бариевых и барийсодержащих минералов: набалампрофиллит, баритолампрофиллит, члены ряда батисит-щербаковит, фосфоиннезит, барийсодержащие члены группы эвдиалита (ан. 1–4 в табл. 1; ан. 1, 2 в табл. 3; ИК-спектры на рис. 5, 7), которые можно рассматривать как типоморфные минералы канкринитовых и высококальциевых нефелиновых пегматитов Ковдорского флогопитового месторождения. Отметим, что до последнего времени набалампрофиллит, иннэлит и аквацит считались эндемиками щелочных пегматитов Инаглинского массива и не были известны за его пределами, а батисит, также впервые открытый в Инаглинском массиве, относится к числу редких акцессорных минералов. По данным ИКС — расщеплению полосы Si-O-валентных колебаний с образованием дублета в области $920 - 960 \text{ см}^{-1}$ — баритолампрофиллит представлен нецентросимметричной разновидностью, изоструктурной с набалампрофиллитом и ранее не встречавшейся. Фосфоиннезит отличается от

инаглинского иннэлита присутствием в ИК-спектре более сильных полос групп CO_3^{2-} в диапазоне 1400–1500 cm^{-1} .

Вообще присутствие дополнительных анионов CO_3^{2-} , выявляемое по данным ИК-спектроскопии, характерно для разных минералов канкринитовых пегматитов: членов групп эвдиалита (рис. 5), тоберморита, тахеренита (рис. 6), фосфоиннэлита (рис. 7), апатита, канкринита, а также позднего канкринитоподобного минерала (рис. 8). Последний даёт в ИК-спектре иной набор полос валентных колебаний групп CO_3^{2-} , чем собственно канкринит, что подтверждается аномальным положением карбонат-анионов в структуре этого минерала (устное сообщение Р.К. Расцветовой). Высокое содержание групп CO_3^{2-} выявлено методом ИКС в апатите, ассоциирующем с голышевитом (жила № 10).

Минералы тория, за исключением торита, требуют дополнительного изучения. Скорее всего Са,Th-силикат, Са,Th-титаносиликат, (Ba,Ca),Th-силикат, Са,Th-титанониобат являются новыми минеральными видами. Последний минерал, предположительно имеющий идеализированную формулу, близкую к $(\text{Ca,Th})(\text{Nb,Ti})(\text{O,OH})_{3-4}$, может относиться к группе перовскита или пирохлора. В ковдорских щелочных пегматитах, в отличие от пегматитов Хибин и Ловозера (Чуканов и др., 2005), ториевая минерализация не сопровождается скоплениями органического вещества.

Отметим, что торий-доминантный минерал группы пирохлора, образующий участки в бариопирохлоре, был ранее описан в эпигенетически изменённых породах УЩК массива Вуориярви (Субботин, Субботина, 2000). По-видимому, к типоморфным минералам гидротермалитов, связанных с УЩК, можно отнести джорджчаоит, отмеченный в массиве Вуориярви, где он замещает гейдоннеит (Волошин и др., 1989), и кимрит, который был обнаружен Н.В. Сорохтиной с соавторами (Сорохтина и др., 2000) в поздних парагенезисах УЩК массива Себлявр.

Обсуждение

По-видимому, наличие как максимума активности натрия, так и стадии, на которой возрастает активность крупных катионов, в первую очередь, калия и бария (Пеков и др., 2002), вообще характерно для поздних этапов эволюции щелочного флюида, что и проявляется как в характере метасоматических преобразований щелочных пород (Агеева, 2002; Азарова, 2004), так и в процессе формирова-

ния гидротермалитов, связанных с УЩК (Субботин, 1998), и апгаитовых пегматитов (см, например, Пеков, 2001; Пеков и др., 2002, 2004). На поздних стадиях щёлочно-бариевая специфика может сменяться кальциевой (Ловская и др., 2002). С точки зрения основных трендов эволюции щелочных и щелочно-земельных элементов описанные выше щелочные пегматиты Ковдора не являются исключением, хотя и имеют ряд особенностей. Так по сравнению с типичными апгаитовыми пегматитами силикатных щелочных комплексов в ковдорских пегматитах **ультранатриевые** парагенезисы не имеют широкого распространения и представлены реликтами ранних минералов: низкокальциевыми членами групп эвдиалита, амфиболов и пироксенов; беталоомносомитом.

Роль **калия** в жильных канкринитовых пегматитах относительно невелика. В поведении этого элемента прослеживаются два максимума активности, первый из которых может проявляться в кристаллизации калиевых полевых шпатов и слюд, а также в виде обогащённых калием зон в батисите и магнетиоарфведсоните. На гидротермальной стадии концентраторами калия являются минералы с наименее плотными структурами: некоторые цеолиты, а также джорджчаоит, тахеренит, тоберморит, аквацит. Несмотря на то, что для всех перечисленных минералов существуют изоструктурные или близкие по структуре бескальциевые разновидности или аналоги, в определённых условиях имеет место образование именно обогащённых калием фаз, нередко в виде зон в калийдефицитных минералах. Наиболее вероятной причиной обогащения этих минералов калием являются ионообменные процессы, протекавшие на посткристаллизационной стадии (Pekov, Chukanov, 2004).

Пожалуй, наиболее ярко специфика щелочных пегматитов Ковдора проявляется в поведении **щелочноземельных элементов**. Кальций входит в состав большинства породобразующих минералов, причём его роль возрастает на заключительных стадиях минералообразования. Содержание других щелочноземельных элементов в жилах в целом незначительно, причём стронций рассеивается в томсоните, а барий, несмотря на низкое содержание, образует многочисленные собственные фазы: гармотом, батисит, иннэлитоподобный минерал, баритолампрофиллит, набалампрофиллит, кимрит, барит, а также может в значительных количествах входить в состав поздних минералов группы эвдиалита, в том числе аквацита, мурманитоподобного

Са-титаносиликата и других. Концентрирование бария в аксессуарных минералах может объясняться низкой ёмкостью главных породообразующих минералов (канкринита, пектолита, пироксенов) по отношению к Ва. Барийсодержащие минералы маркируют стадию, характеризовавшуюся повышенной активностью этого элемента. Аналогичная стадия прослеживается в карбонатах Вуориярви и проявляется, в частности, в замещении раннего пирохлора его высокобариевой разновидностью или бариопирохлором, а также в кристаллизации бариевых силикатов (Субботин, 2000).

По характеру аксессуарной Ва, Ti, Zr-минерализации ковдорские пегматиты особенно близки к щелочным пегматитам щелочно-ультраосновного комплекса Инагли в Якутии (Ефимов и др., 1963; Глаголев и др., 1974; Корчагин, 1991). В частности, как отмечалось выше, целый ряд барийсодержащих минералов известен только в пределах этих двух массивов. С точки зрения обычных представлений о типоморфизме минералов это совпадение может указывать на сходство тех или иных условий минералообразования.

Инаглинский массив является долгоживущей структурой центрального типа; породы гипербазитового ядра, в основном представленные дунитами, окаймлены щелочными породами поздней кольцевой интрузии (Глаголев и др., 1974). Бариевая титаносиликатная аксессуарная минерализация, аналогичная ковдорской, сосредоточена главным образом в «пегматитах III типа» (Корчагин, 1991), рассекающих ультрабазиты и представляющих собой мощные альбитизированные калишпат-амфиболовые жилы с эгирином и натролитом. По сравнению с ковдорскими щелочными пегматитами они резко обеднены кальцием и CO_3^{2-} , что может быть связано с отсутствием в Инаглинском массиве карбонатитов. В то же время «пегматиты III типа» в большей степени обогащены элементами, характерными для апаитовых пегматитов: марганцем, РЗЭ, бором, и главное, стронцием, который образует собственные минералы лампрофиллит и стронциоапатит, а также входит в ощутимых количествах в состав томсонита-Са.

Пониженные концентрации стронция в ковдорских щелочных пегматитах могут быть гипотетически объяснены рассеянием этого элемента в ранних кальцитовых карбонатитах (до 1% SrO). Однако взаимоотношения щелочных пегматитов и кальцитовых карбонатитов остаются неясными: в одном случае наблюдалось пересечение пегматита жилой

ранних кальцитовых карбонатитов, но в других случаях пегматиты — явно более поздние образования (жилы 6 и 10).

В Инагли барий тесно связан с калием, рассеиваясь в породообразующем ортоклазе (до 2.1 вес.% ВаО), а бариевая минерализация широко развита в зонах микроклинизации и альбитизации. Это связано с тем, что в структуре альбита и микроклина барий не входит в сколь-нибудь заметных количествах, образуя многочисленные собственные фазы.

Происхождение позднего щелочного флюида в Ковдорском массиве остается во многом неясным и требует дополнительного исследования.

Авторы благодарят И.В. Пекова, А.Е. Задова, С.В. Соколова, Л.А. Паутова, А.А. Агаханова, В.Ю. Карпенко, Д.И. Белаковского за ценные советы и помощь в диагностике минералов.

Литература

- Агеева О.А. Типоморфизм аксессуарных минералов и эволюция минералообразования в породах комплекса рихторритов (Хибинский массив). Дис. на соиск. уч. ст. к. г.-м. н. М.: ИГЕМ РАН, 2002. 187 с.
- Азарова Ю.В. Типоморфизм минералов и эволюция минералообразования в породах «комплекса» луяврит-малиньитов Хибинского массива. Дис. на соиск. уч. ст. к. г.-м. н. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 177 с.
- Волошин А.В., Субботин В.В., Пахомовский А.Я., Меньшиков Ю.П. Натриевые цирконосиликаты из карбонатитов Вуориярви (Кольский полуостров) // Новые данные о минералах. 1989. Вып. 36. С. 3-12.
- Глаголев А.А., Корчагин А.М., Харченков А.Г. Щелочно-ультраосновные массивы Арбарастах и Инагли. М.: Наука, 1974. 175 с.
- Ефимов А.Ф., Кравченко С.М., Власова Е.В. К минералогии щелочных пегматитов Инаглинского массива // Труды ИМГРЭ. 1963. Вып. 16. С. 141-175.
- Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А. Ковдор. Апатиты: Минералы Лапландии. 2002. 326 с.
- Корчагин А.М. Щелочные пегматиты Инаглинского массива // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1991. № 11. С. 69-76.
- Ловская Е.В., Пеков И.В., Кононкова Н.Н., Турчкова А.Г. Минералогия, геохимия и генезис высококальциевых гидротермалитов Хибинского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. 2002. Т. 131. № 2. С. 17-29.
- Пеков И.В., Екименцова И.А., Расцветаева Р.К., Кононкова Н.Н., Пекова Н.Н., Загов А.Е.

- Фекличевит $\text{Na}_{11}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$ — новый минерал группы эвдиалита из Ковдорского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. **2001**. Т. 130. № 3. С. 55-65.
- Пеков И.В., Чуканов Н.В., Турчкова А.Г. О минералогии и поведении бария в дифференциатах щелочных пород Хибинского массива (Кольский полуостров) // Материалы XIX Всероссийского семинара «Геохимия магматических пород». Тез. докл. М. **2002**. С. 111-112.
- Пеков И.В. О смене натриевого режима щелочности калиевым на поздних стадиях эволюции агапитовых комплексов. Тез. докл. // Труды Научной школы «Щелочной магматизм Земли». М. **2001**. С. 55-56.
- Пеков И.В., Чуканов Н.В., Куликова И.М., Белковский Д.И. Фосфоиннелит — $\text{Ba}_4\text{Na}_3\text{Ti}_3\text{Si}_4\text{O}_{14}(\text{PO}_4, \text{SO}_4)_2(\text{O}, \text{F})_3$ — новый минерал из агапитовых пегматитов Ковдорского массива, Кольский полуостров // ЗРМО. **2005**. (в печати).
- Римская-Корсакова О.М., Краснова Н.И. Геология месторождений Ковдорского массива. СПб.: СПбГУ, **2002**. 144 с.
- Романчев Б.П., Соколов С.В. Роль ликвации в генезисе и геохимии пород карбонатитовых комплексов // Геохимия. **1979**. № 2. С. 229-240.
- Соколов С.В. Мелилитовые породы массивов ультрамафитов, щелочных пород и карбонатитов // Геохимия. **1989**. № 12. С. 1683-1693.
- Соколова М.Н., Боруцкий Б.Е., Архипенко Д.К., Расцветаева Р.К., Власова Е.В. О калиево-оксидном эвдиалите из Хибин, Кольский полуостров // ДАН. **1991**. Т. 318. № 3. С. 712-716.
- Сорохтина Н.В., Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Богданова А.Н. Первая находка кимрита в массивах щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов // Геохимия магматических пород. Тезисы докладов к XIX семинару. М. **2000**. С. 137-138.
- Субботин В.В. Минералогия Zr и Nb в породах карбонатитовой серии щелочно-ультраосновных массивов Кольского полуострова. Дис. на соиск. уч. ст. к. г.-м. н. СПб.: СПбГУ; М.: ИГЕМ РАН, **1998**. С. 193.
- Субботин В.В., Субботина Г.Ф. Минералы группы пирохлора в фоскоритах и карбонатитах Кольского полуострова // Вестник МГТУ (Апатиты). **2000**. Т. 3. № 2. С. 273-284.
- Чуканов Н.В., Моисеев М.М., Пеков И.В., Лазбеник К.А., Расцветаева Р.К., Заякина Н.В., Феррарис Дж., Ивальди Г. Набалампрофиллит $\text{Ba}(\text{Na}, \text{Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH}, \text{F})_2\}$ — новый слоистый титаносиликат группы лампрофиллита из щелочно-ультраосновных массивов Инагли и Ковдор, Россия // ЗВМО. **2004**. Т. 133. № 1. С. 59-71.
- Чуканов Н.В., Моисеев М.М., Расцветаева Р.К., Розенберг К.А., Загов А.Е., Пеков И.В., Коропушкин В.В. Гольшевит $(\text{Na}, \text{Ca})_{10}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{72}(\text{CO}_3)(\text{OH})_3\text{H}_2\text{O}$ и моговидит $\text{Na}_9(\text{Ca}, \text{Na})_6\text{Ca}_6(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Si}_{25}\text{O}_{72}(\text{CO}_3)(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_4$ — новые минералы группы эвдиалита из высококальциевых агапитовых пегматитов Ковдорского массива, Кольский полуостров // ЗРМО. **2005а**. № 6. С. 36-47.
- Чуканов Н.В., Ермолаева В.Н., Пеков И.В., Соколов С.В., Некрасов А.Н., Соколова М.Н. Редкометальная минерализация, связанная с битуминозными веществами в поздних ассоциациях пегматитов Хибинского и Ловозёрского массивов // Новые данные о минералах. М.: ЭКОСТ, **2005б**. Вып. 40. С. 80-95.
- Bulakh A.G., Petrov T.G. Chemical variability of eudialyte-group minerals and their sorting // N. Jb. Miner. Mh. Jg. **2004** (3). P. 127-144.
- Kogarko L.N., Kononova V.A., Orlova M.P., Wooley A.R. Alkaline rocks and carbonatites of the World. Part 2: Former USSR. London: Chapman and Hall, **1995**. 226 p.
- Pekov I.V., Chukanov N.V. Microporous framework silicate minerals with rare and transition elements: Minerogenetic aspects // Micro- and mesoporous mineral phases. Pre-prints of the international symposium, Rome, December 6-7, **2004**. Rome: Accademia Nazionale dei Lincei. P. 45-50.