

А. Г. ЖАБИН, Г. Н. МУХИТДИНОВ,
М. Е. КАЗАКОВА

ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ
АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ЭКЗОКОНТАКТОВЫХ ФЕНИТИЗИРОВАННЫХ ПОРОДАХ
ИНТРУЗИИ МИАСКИТОВ ВИШНЕВЫХ ГОР

ВВЕДЕНИЕ

Инtruзия нефелиновых сиенитов (миаскитов) Вишневых — Ильменских гор вытянута в меридиональном направлении и пережата в средней части. Вишневогорский (северный) и Ильменогорский (южный) массивы имеют форму каплеобразных тел, узкие концы которых обращены друг к другу. Между этими массивами расположена Увильдинская полоса щелочных пород. Протяженность инtruзии — около 135 км, ширина — от 0,3—0,5 км в средней части до 3,5—4 км на северном и южном концах.

Инtruзия миаскитов залегает в ядре антиклинальной складки, сложенной породами Ильменогорской свиты и являющейся структурной частью Сысертско-Ильменогорского антиклинория. Ильменогорская свита состоит из метаморфических парапород: гнейсов, кристаллических сланцев и амфиболитов, предположительно относимых к докембрию — нижнему палеозою (Роненсон, 1959). Возраст инtruзии по А. Н. Заварицкому (1939) определяется как посленижнекарбоновый.

Известны две фазы внедрения щелочных пород. К первой относится внедрение щелочных пород — миаскитов, ко второй — миаскит-аплитов (микромиаскитов) и нефелин-полевошпатовых пегматитов. Эндоконтактные разновидности миаскитов силифицированы при взаимодействии с вмещающими породами и представлены биотитовыми безнефелиновыми сиенитами. Экзоконтактный метасоматический ореол миаскитов сложен эгирин-авгито-микроклиновыми фенитами¹.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ФЕНИТОВ И ИХ СРЕДНИИ МИНЕРАЛЬНИИ
И ХИМИЧЕСКИИ СОСТАВЫ

По А. Н. Заварицкому (1939) и Д. С. Белянкину (1926), щелочные эгирин-авгито-микроклиновые сиениты, широко проявленные в экзоконтакте Ильменогорской инtruзии миаскитов, представляют собой сложные по генезису метасоматические породы. А. Н. Заварицкий считал

¹ Впервые для Вишневых гор термин «фенит» был употреблен Б. М. Роненсоном в 1958 г.

щелочные эгирин-авгито-макроклиновые снениты «своего рода реакционной каймой между мнаскитами и породами гранито-гнейсовой толщи». Он также отмечал, что эгирин-авгито-микроклиновые снениты имеют сходство с фенитами, изученными В. Брэггером (Brögger, 1921).

Исследования Б. М. Роненсона (1959) в Вишневых горах показали, что эгирин-авгито-микроклиновые снениты по своему геологическому положению и составу являются фенитами, слагающими экзоконтактный метасоматический ореол вокруг массивов мнаскитов. Мощность фенитового ореола различна в разных участках, но он присутствует на всем протяжении контакта мнаскитов с вмещающей гранито-гнейсовой свитой. Оторочки эгирин-авгито-микроклиновых фенитов отмечаются также у жил нефелин-полевошпатовых пегматитов, пересекающих гнейсы и кристаллические сланцы.

Макроскопически эгирин-авгито-микроклиновые фениты представляют собой лейкократовые или мезократовые породы, мелко- и — реже — среднезернистой структуры и полосчатой реликтовой текстуры.

Средний минералогический состав фенитов следующий: микроклин-пертит — 58,04%, альбит — 18,82%, эгирин-авгит — 17,31%, роговая обманка — 1,42%, ильменит — 0,21%, сфен — 1,54%, апатит — 0,7%, циркон — 0,01%, пироксид — 0,01%, кальцит — 0,36% и кварц — 1,59% (Еськова и др., 1959).

Сравнение химического состава фенитов, мнаскитов и гнейсов (табл. 1) показывает, что фениты занимают промежуточное положение

Таблица 1
Химический состав мнаскитов, эгирин-авгито-микроклиновых фенитов и гнейсов Вишневых гор (в весовых процентах)¹

Компоненты	Мнаскиты (средняя проба)	Эгирин-авгито-микроклиновые фениты (средняя проба)	Гнейсы	Компоненты	Мнаскиты (средняя проба)	Эгирин-авгито-микроклиновые фениты (средняя проба)	Гнейсы
SiO ₂	53,20	65,00	69,54	P ₂ O ₅	Не обн.	Не обн.	3,73
TiO ₂	0,49	0,60	0,80	CO ₂	0,44	0,06	—
Al ₂ O ₃	26,00	15,00	14,17	F	Не обн.	Не обн.	—
Fe ₂ O ₃	1,94	5,32	2,17	Cl	Следы	Следы	—
FeO	2,11	1,12	2,82	Nb ₂ O ₅	0,036	0,023	—
MnO	0,10	0,19	0,14	ZrO ₂	0,06	0,05	—
MgO	0,26	0,24	0,92	TR ₂ O ₃	0,03	0,04	—
CaO	1,50	1,40	2,40	П.п.п.	—	0,13	0,34
SrO	0,15	0,05	—	H ₂ O ⁺	—	—	0,68
BaO	0,13	0,07	—	H ₂ O ⁻	0,80	0,20	—
Na ₂ O	7,00	5,80	2,51	Сумма	100,24	100,10	100,22
K ₂ O	6,00	4,80	3,73	Аналитик	А. В. Быкова, 1955 г.		
Li ₂ O	Не обн.	Не обн.	—				

¹ Литературный источник: Е. М. Еськова и др. (1959).

между щелочными и кислыми породами, приближаясь по содержаниям SiO₂ и Al₂O₃ к гнейсам, а по содержанию Na₂O, K₂O и CaO — к мнаскитам.

Содержание окисного и закисного железа достигает в фенитах максимальной величины; содержания MgO почти равны его содержаниям в мнаскитах, а содержания MnO по всем трем анализам пород колеблется в незначительных пределах. Различия в содержаниях редких элементов рассматриваются ниже.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В ЭКЗОКОНТАКТОВОМ ФЕНИТОВОМ ОРЕОЛЕ

При изучении минералогии зоны фенитов Вишневых гор был обнаружен ряд своеобразных, до сих пор не изученных типов парагенетических ассоциаций минералов редких элементов², что обусловлено следующими причинами:

1. Проявлением в зоне фенитов различных процессов минералообразования, генетически связанных с мнаскитами. Фениты по своему минералогическому и химическому составу существенно отличаются от мнаскитов, поэтому процессы минералообразования, протекавшие в них, привели к формированию особых типов парагенетических ассоциаций породообразующих и акцессорных минералов.

2. Ход процессов минералообразования совпал с общей тенденцией к выносу редких элементов минералообразующими растворами в экзоконтактные части массива, что привело к формированию вокруг интрузии гипогенного ореола выноса редких элементов (Жабин и Мухитдинов, 1959). В процессе фенитизации во вмещающие породы приносилось значительное количество редких элементов, таких, как редкие земли, ниобий и цирконий. В табл. 2 видно, что фениты по средним содержаниям

Таблица 2

Среднее содержание редких элементов в щелочных породах Вишневых гор
(в процентах)¹

Породы	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	ZrO ₂	TiO ₂	Be	Ga	BaO	ZrO	TR ₂ O ₃
Мнаскиты . . .	0,036	0,0026	0,07	0,49	0,00043	0,0036— 0,004	0,13	0,15	0,03
Биотитовые си- ениты	0,026	0,002	0,06	0,58	0,00082	0,003	0,09	0,20	0,03
Эгирин-авгито- микроклино- вые фениты	0,019	0,0015	0,05	0,60	0,00066	0,003	0,07	0,05	0,04
Гранито-гнейсы	0,006	0,001	0,04	0,82	0,0006	0,003	0,005	0,005— 0,05	He опр.
Амфиболиты.	0,001	0,001	He обн.	He опр.	0,00033	0,003	0,005— 0,05	He опр.	То же
Серпентиниты.	0,001	0,001	То же	То же	0,00033	0,001	He обн.	То же	» »

¹ По данным Е. М. Еськовой и др. (1959).

редких элементов приближаются к мнаскитам и резко отличаются от вмещающих пород Ильменогорской свиты, не подвергшихся процессу фенитизации. Накопление редких элементов в фенитах продолжается и в последующие стадии минералообразования.

² Описываемые минералы являются акцессорными; однако это не было препятствием для их изучения, а, напротив, помогало выяснению типоморфного характера этих минералов для отдельных стадий минералообразования и для зоны фенитов в целом.

3. Состав возникающих ассоциаций породообразующих и аксессуарных редкометальных минералов тесно связан с составом вмещающих фенитизированных пород. Поэтому характерно появление различных фациальных разновидностей парагенетических ассоциаций одной и той же стадии минералообразования. В результате в фенитовом ореоле возникают аксессуарные редкометальные минералы, которые во внутренних частях массива миаскитов не встречаются, — чевкиннит, бастнезит, катаплект, строцианнит, барит, барилит, торнианит, торит и др. Отличительной чертой этих парагенезисов являются преобладание минералов редких земель и появление самостоятельных минералов стронция, бария, бериллия, тория, молибдена, свинца и цинка.

Схема последовательности этапов минералообразования и соответствующих им парагенетических ассоциаций минералов представлена в табл. 3.

Выяснено, что отдельные парагенетические ассоциации являются типоморфными для соответствующих стадий минералообразования. Уже в процессе формирования метасоматического ореола эгирин-авгито-микроклиновых фенитов в него приносятся, наряду со щелочами и глиноземом, такие редкие элементы, как ниобий и тантал (фиксирующиеся в пирохлоре, ильмените и сфене), цирконий (в эгирин-авгите), редкие земли (в апатите, ортите и бастнезите). Типоморфными для парагенезиса минералов редких элементов в фенитах являются ортит и бастнезит. Весьма характерно почти полное отсутствие циркона в результате рассеяния циркония в породообразующем эгирин-авгите.

После возникновения зоны фенитов в них образуются своеобразные согласные или секущие эгирин-авгитовые и эгирин-авгито-микроклиновые жилы, являющиеся жильной разновидностью фенитов. Призальбандовые участки этих жил сложены эгирин-авгитом, содержащим 0,1—0,12% ZrO_2 , апатитом и аксессуарным пирохлором, а центральные части — микроклином. Ошибочно эти жилы иногда называются «пегматитами».

В процессе фенитизации вмещающих пород щелочному метасоматозу подвергались также тела гранитных пегматитов, заключенные в породах ильменогорской свиты. В них уменьшалось количество кварца (до полного его исчезновения и превращения жил в полевошпатовые), появлялись альбит, эгирин-авгит и аксессуарные минералы — сфен, чевкиннит и бетафит, отсутствующие в неизмененных гранитных пегматитах.

Нефелин-полевошпатовые (миаскитовые) пегматиты, пересекающие фениты и гнейсы, взаимодействуют с вмещающими породами, и в них возникают силицифицированные безнефелиновые эпидоконтактовые оторочки с типоморфным парагенезисом мусковита, корунда и эцинита. При более интенсивной силицификации миаскитовых пегматитов возникают полевошпатовые «сиенитовые» жилы с корундом, мусковитом и эцинитом.

Метасоматическая пневматолито-гидротермальная альбитизация накладывается и на различные фенитизированные породы, и на тела фенитизированных гранитных пегматитов и силицифицированных (полевошпатовых) щелочных пегматитов. При развитии альбитизации в разных типах породы в альбититах возникают соответственно различные парагенезисы минералов редких элементов. Так, при альбитизации фенитов для образующихся альбититов характерны пирохлор, циркон и ильменит. При наложении альбитизации на тела гранитных пегматитов в них появляются такие аксессуарные минералы, как монацит, торнианит, торогуммит, циркон и пирохлор; при этом монацит и торнианит встречены лишь в связи с этой ассоциацией. При наложении альбитизации

Парагенетические ассоциации минералов в пределах экзоконтактового фенитового ореола мнаскитовой интрузии Вишневых гор

Этапы, стадии и фазы минералообразования		Вмещающие породы	Типоморфные парагенетические ассоциации минералов ¹
I. Этап внедрения интрузии мнаскитов и возникновения вокруг нее фенитового ореола	Стадия образования эгирин-авгито-микроклиновых фенитов	Породы Ильменогорской свиты	Микроклин-пертит + эгирин-авгит + альбит + сфен + ильменит + апатит + [бастнезит] + титаномагнетит + кварц Альбит + [эгирин-авгит] + кварц
		Жилы гранитных пегматитов	Эгирин-авгит + сфен + чевкинит + торит + [эгирин-авгит] + бетафит-менделеевит + эцинит
	Стадия образования эгирин-авгитовых и эгирин-авгито-микроклиновых жил	Фениты	1. Эгирин-авгит + апатит + сфен + пирохлор 2. Микроклин + ильменит + [пирохлор]
II. Пегматитовый этап. Внедрение нефелин-полевошпатовых пегматитов	—	Фениты	1. Микроклин + нефелин + биотит + пирохлор + циркон + ильменит 2. Альбит + биотит + пирохлор + циркон 3. Канкринит + вишневит + содалит + сульфиды 4. Цеолиты + гидроксиды Al + кальцит + гипс В силицифицированных эндоконтактах жил — мусковит + биотит + корунд + эцинит + магнетит
		Гнейсы	1. Микроклин + альбит + нефелин + пирохлор 2. Мусковит + [биотит] + корунд + эцинит
	Стадия альбитизации	Эгирин-авгито-микроклиновые фениты	Альбит + [микроклины] + циркон + пирохлор + [биотит] + ильменит + скаполит* + кальцит + сульфиды Fe Альбит + циркон + сфен Альбит + эцинит + ферсмит (?)
		Фенитизированные амфиболиты	Альбит + биотит + амфибол + сфен

Этапы, стадии и фазы минералообразования		Вещающие породы	Типоморфные парагенетические ассоциации минералов ¹	
III. Постмагматический (пневматолито-гидротермальный) этап	Стадия альбитизации	Эгирин-авгито-микроклиновые жилы	Альбит + эгирин-авгит + микроклин (реликт) + пирохлор + биотит + циркон	
		Фенитизированные гранитные пегматиты	Альбит + пирохлор + циркон + монацит (← ториацит) + торит Альбит + пирохлор (← ферсмит-колумбит) + ортит + апатит + кальцит Альбит + ильменорутил + пирохлор + циркон	
		Миаскитовые пегматиты	Альбит + пирохлор + циркон + биотит	
	Стадия карбонатизации	А. Главная фаза карбонатизации	Миаскиты эндоконтакта интрузии	Кальцит + биотит + апатит + пирохлор + циркон Кальцит + арфведсонит (или гастингсит) + апатит + сфен
			Эгирин-авгито-микроклиновые фениты	Кальцит + эгирин-авгит + апатит + пирохлор* + сульфиды Fe + [молибденит] Кальцит + [биотит] + апатит + ильменит + сульфиды Fe + [молибденит]
			Фенитизированные амфиболиты	Кальцит + биотит + апатит + сфен + ортит * сульфиды Fe + [молибденит]
		Б. Фаза кальцитовых прожилков с минералами редких элементов	Миаскиты эндоконтакта интрузии	Кальцит + [apatit] + ильменит Кальцит + флюорит + эгирин + ортит + бетафит + торит
			Миаскиты и фениты контактной зоны	Кальцит + манганофиалит + катафорит + [apatit] + сульфиды Fe Анкерит + кальцит + рутил + брукит + сфалерит
			Эгирин-авгито-микроклиновые фениты	1. Альбит + [микроклин] + эгирин-авгит + анкерит + [мусковит] + торит + бастнезит + рутил-брукит + апатаз Альбит + микроклин + сфен + кварц + ринидолит

Таблица 3 (окончание)

Этапы, стадии и фазы минералообразования		Вмещающие породы	Типоморфные парагенетические ассоциации минералов ¹	
III. Постмагматический (пневматолито-гидротермальный) этап	Стадия карбонатизации	Б. Фаза кальцитовых прожилков с минералами редких элементов	Эгирин-авгито-микроклиновые фениты	2. Кварц + кальцит + флюорит + барит + пирит + молибденит Кварц + кальцит + ильменит + барилит * 3. Стильбит + гармотом + стронцианит Кварц + кальцит + серебряно-висмутовый галенит + тетрадимит * + сфалерит + халькопирит * + пирит
			Фенитизированные амфиболиты	1. Биотит + [амфибол] + ортит Биотит (← клинохлор) + шорломит + магнетит + сфен + ортит Биотит + [амфибол] + чевкинит + титаномагнетит Эпидот + амфибол + [биотит] + флюорит 2. Кальцит + сульфиды Fe + [молибденит]
			Кальцито-скаполито-диопсидовые породы	1. Микроклин + ортит Диопсид + ортит + [скаполит] + чевкинит Амфибол + ортит + [кварц] 2. Кальцит + барит + сульфиды Fe + флюорит 3. Гейландит + шабазит + [стильбит]
	Стадия арфведсонито-кварцевых прожилков		Эгирин-авгито-микроклиновые фениты	Арфведсонит (← крокидолит) + сфен + пиробо-эшинит + кварц + [кальцит] Кварц + [чевкинит]
			Эгирин-авгитовые жилы	Арфведсонит + кварц + чевкинит + бритоцит + катапленит * + циркон + флюорит (вокруг прожилков — ферментизация пирохлора ранних парагенезисов)
			Гнейсы	Крокидолит-асбест + кварц + сульфиды Fe

¹ Полужирным шрифтом выделены жильные или породообразующие минералы. В квадратных скобках — характерные, но не обязательные минералы парагенезиса. Стрелкой показано направление замещения, звездочкой — редкие минералы, цифрами — последовательные ассоциации в данном парагенезисе

на щелочные пегматиты в последних возникает особая генерация циркона и пирохлора.

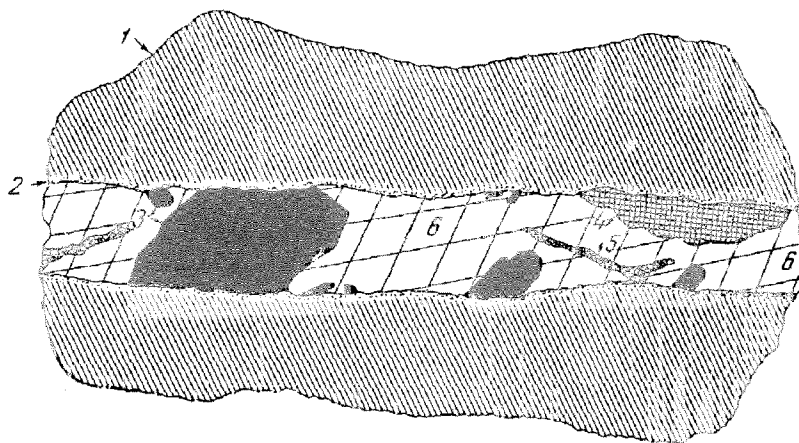
Гидротермальный этап минералообразования начинается с формирования метасоматических силикатно-карбонатных пород главной фазы



Фиг. 1. Замещение эгирин-авгито-микроклиновой жилы карбонатной породой. (Уменьшение 20).

1 — эгирин-авгито-микроклиновый фенит; 2 — эгирин-авгит с включениями апатита;
3 — кальцитовая порода; 4 — реликты микроклина.

стадии карбонатизации, развивающихся обычно вдоль эгирин-авгито-микроклиновых жил (фиг. 1) либо вдоль контактов различных фенитизированных пород. Широко проявлены процессы метасоматической



Фиг. 2. Кальцитовый прожилок второй фазы стадии карбонатизации в фенитизированных (биотитизированных) амфиболитах. (Нат. вел.).

1 — амфиболит; 2 — альбит; 3 — чевкинит; 4 — титаномагнетит; 5 — пирохлор;
6 — кальцит.

переработки фенитов, эгирин-авгито-микроклиновых и альбититовых жил. Акцессорными минералами силикатно-карбонатных пород являются сфен, ильменит и пирохлор.

Кальцитовые и кварцево-кальцитовые прожилки второй фазы стадии карбонатизации выполняют сколовые и разрывные трещины и пересекают различные фенитизированные породы, альбититы и тела силикатно-карбонатных пород главной фазы. Для этих прожилков характерны друзовые структуры минеральных агрегатов, четкая последовательность кристаллизации отдельных ассоциаций (фиг. 2) и зависимость состава прожилков от состава вмещающих пород. Типичными акцессорными минералами являются чевкинит, ортит, бастнезит; редко встречаются торневые, стронцевые и бериллиево-бариевые минералы.

Таким образом, для главной фазы стадии карбонатизации характерны акцессорные титановые и ниобиевые минералы, а для второй фазы — редкоземельные, стронцевые, торневые, бериллиево-бариевые и др.

В заключительную стадию гидротермального этапа образуется сеть арфведсонито-кварцевых прожилков, с которыми связаны акцессорные силикаты редких земель — чевкинит и бритоцит, а также катапент, циркон и первично анизотропный эшинит.

Сложность изучения относительной последовательности образования различных парагенезисов связана с большим числом фацциальных разновидностей парагенезисов, относящихся к одной стадии минералообразования. Поэтому одним из основных методических приемов изучения парагенезисов было прослеживание характера изменения состава жильного выполнения и соответствующих акцессорных минералов в зависимости от состава вмещающих пород.

ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ортит — один из наиболее типичных акцессорных минералов экзоконтактового фенитового ореола. Обнаружены следующие парагенетические ассоциации ортита.

1. В фенитах, фенитизированных гнейсах и кальцито-скаполито-диопсидовых породах ортит встречен в виде вкрапленности. Эти породы залегают в виде выдержанных по простиранию и по мощности горизонтов среди пород Ильменогорской свиты, подвергшихся воздействию интрузии мнаскитов. Вне этого ореола породы с акцессорным ортитом не встречены. Региональное распространение фенитизированных гнейсовых пород с акцессорным ортитом подтверждается также данными В. А. Зильберминца (1930), который упоминает для района Увильдинской щелочной полосы распространение «чевкинитовых и ортитовых гнейсов», и Н. В. Свяжина (1956).

2. В полевошпатовых жилах, представляющих собой силицифицированные щелочные пегматиты, а частично — фенитизированные гранитные пегматиты, ортит ассоциирует с эшинитом и бетафитом и является более поздним, чем полевошпатовые агрегаты жил. В последующие стадии минералообразования происходят дробление кристаллов ортита, цементация и замещение его альбитом, биотитом и кальцитом. Характерны плоско-параллельные, цепочковидные и прожилковидные агрегаты ортита. В гранитных пегматитах, удаленных от контактовой зоны интрузии, он не встречен. К этому типу парагенетических ассоциаций относится замечательное местонахождение акцессорных редкоземельных минералов в Мочалином Логу — церита, тернеболита, ортита, лессингита и бастнезита (Зильберминц, 1930; Свяжин, 1956).

3. В ортитовых и ортито-диопсидовых жилках, пересекающих прослойки ортитсодержащих фенитизированных пород, ортит ассоциирует с более поздними шабазитом, гейландитом и стильбитом.

4. В кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации ортит ассоциирует с биотитом и амфиболами.

5. В арфведсонито-кварцевых прожилках ортит ассоциирует с чевкинитом и бриолитом.

Физические и химические свойства ортитов из различных парагенетических ассоциаций близки. Цвет черный, блеск стеклянный, на просвет — грязно-бурый или зеленовато-бурый. Хорошо образованные кристаллы встречаются лишь в кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации. У ортита из фенитизированных гранитных пегматитов $N_g=1,767$, $N_p=1,749$, $N_g-N_p=0,018$; плеохроизм — от бурого до черного, удельный вес 3,88. Состав редких земель различных ортитов весьма близок: La — 41%, Ce — 44,9%, Pr — 3,4%, Nd — 9,6% и Sm — 1% (при $\Sigma TR=100\%$)³.

Чевкинит, титаносиликат редких земель, является одним из типоморфных акцессорных минералов в фенитизированных породах. Обнаружены следующие парагенетические ассоциации чевкинита.

1. В гранитных пегматитах, находящихся в пределах фенитового ореола и подвергшихся фенитизации и альбитизации, чевкинит ассоциирует с эгирин-авгитом, сфеном, монацитом, ториацитом, пироксеном и цирконом. Амазонитовые гранитные пегматиты Ильменского заповедника, находящиеся вблизи контактового ореола интрузии, также постоянно содержат ассоциацию эгирин-авгита, сфена и чевкинита, которая отсутствует в этих же пегматитах, удаленных от мнаскитовой интрузии. Отмеченная ассоциация обусловлена привнесением редких элементов в ранние гранитные пегматиты при их фенитизации.

2. В кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации чевкинит ассоциирует с титаномагнетитом и ортитом. Предпочтительная приуроченность чевкинита к местам пересечения карбонатными прожилками амфиболитов объясняется, по-видимому, необходимостью для его образования среды, богатой титаном, железом и кальцием (см. фиг. 2).

3. В арфведсонито-кварцевых прожилках наиболее обильные выделения чевкинита приурочены к местам пересечения этими прожилками эгирин-авгито-микроклиновых жил, залегающих в фенитах.

Чевкинит образует изометричные или пластинчато-призматические кристаллы. Цвет черный, излом раковистый, блеск смоляной. Состав редких земель в чевкинитах различных парагенетических ассоциаций сходный: La — 34%, Ce — 51,5%, Pr — 4%, Nd — 10%, Sm — 0,1%, Gd — 0,5% и Lu — 0,3% (при $\Sigma TR=100\%$). Чевкинит чаще является рентгеноаморфным и лишь после прокалывания обнаруживает типичную дифракционную картину. Кривые нагревания аналогичны эталонным. При гидротермальном изменении по чевкиниту образуются бурые или белесые корочки, сложенные в основном сфеном.

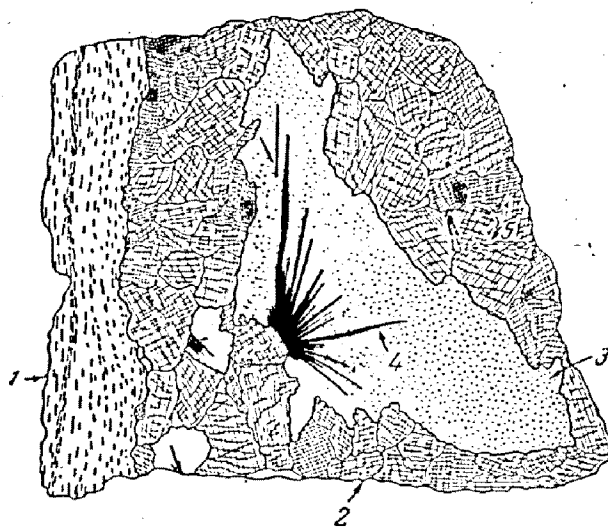
Бриолит, фосфатосиликат редких земель, обнаружен нами в Вишневых горах впервые. Образует длиннопризматические, гексагонального облика, кристаллы или радиально-лучистые пучки, заключенные в кварцевых и арфведсонито-кварцевых прожилках (фиг. 3). Цвет красный или светло-розовый; цвет порошка слабый — розовато-кремовый. Большинство кристаллов прозрачны. Блеск стеклянный.

³ Химические анализы минералов, определение удельного веса (Г. Г. Прохорова), рентгено-структурное изучение (Ю. А. Пятенко и Н. Г. Пиневич), расшифровка составов редких земель (Р. Л. Баринский) и спектральные анализы (Н. В. Лизунов) выполнены в соответствующих лабораториях ИМГРЭ АН СССР.

Минерал оптически одноосный; $N_g = 1,752$, $N_p = 1,748$, $N_g - N_p = 0,004$. Некоторые зерна оптически изотропны. Минерал рентгеноаморфный; лишь после прокаливании до 800° он дает дифракционную картину, близкую к беккелиту (табл. 4). М. Е. Казакова частными химическими определениями в минерале установила содержание $50,5\%$ TR_2O_3 и $18,3\%$ SiO_2 .

Исследования редкоземельных силикатов, проведенные в 1956 г. Е. И. Семеновым и американскими минералогами (Gay, 1957), показали идентичность бритолита, лессингита и беккелита; поэтому названия «беккелит» и «лессингит» должны быть сняты в соответствии с правилом приоритета описания. Ранее бритолит («лессингит») был известен в данном щелочном комплексе лишь в районе Мочална Лога, и находка этого минерала в Вишневых горах указывает на его более широкое распространение.

В бритолите из Вишневых гор З. В. Васильевой определено (в весовых процентах): $SiO_2 - 19,85$; $P_2O_5 - 4,86$; $CaO - 12,69$; $SrO - 0,69$; $MnO - 0,06$; $MgO - 0,31$; $\Sigma TR_2O_3 - 59,36$; $Al_2O_3 - 0,60$; $Fe_2O_3 - 0,19$; $K_2O -$ не опред.; $Na_2O -$ не опред.; $H_2O - 2,84$; $F - 2,05$ ($\Sigma = 99,34$).



Фиг. 3. Бритолит в кварцевом прожилке, пересекающем эгирин-авгитовую жилу с молибденитом.

1 — фенит; 2 — эгирин-авгит; 3 — кварц; 4 — бритолит; 5 — молибденит.

Таблица 4

Межплоскостные расстояния бритолита (в Å)¹

„Беккелит“ (Марипуоль, Украина)		„Бритолит“ (Вишневые горы)		„Беккелит“ (Марипуоль), Украина)		Бритолит (Вишневые горы)	
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
—	—	2	4,43	5	1,852	4	1,86
1	3,46	2,5	3,48	5	1,793	2,5	1,78
—	—	5	3,20	—	—	6	1,68
—	—	7,5	3,11	1	1,636	6	1,273
9	2,879	10	2,84	3	1,276	2	1,247
1	2,59	5	2,61	3	1,255	2	
8	1,984	7,5	1,96				

¹ Условия съемки: прокален при 800° ; Си-излучение; Ni-фильтр; $D = 57,3$ мм; $d = 0,6$ мм.

Катапленит $Na_2ZrSi_3O_9 \cdot H_2O$ упоминается для щелочного комплекса Вишневых — Ильменских гор впервые. Он найден в северной части Вишневых гор в арфведсонито-кварцевых прожилках, которые пересекают эгирин-авгитовые жилы, возникшие в результате фенитизации вмещающих пород. Появление катапленита обусловлено растворением и замещением арфведсонито-кварцевым агрегатом эгирин-авгита,

содержащего 0,11% ZrO_2 . Цирконий, освобождающийся при разложении эгирин-авгита, в состав арфведсонита не входит, и в результате возникают силикаты циркония — катапент и циркон. Генерация циркона в этих прожилках является самой поздней в щелочном комплексе. Радиально-пластинчатые сферолиты катапента — золотисторозового или буровато-красного цвета; размер их в диаметре — до 15 мм.

Физические свойства катапента из Вишневых гор и Хибин следующие:

Вишневые горы	Хибинны
Одноосный	Одноосный
Оптически положительный	Оптически положительный
$N_g = 1,627$	$N_g = 1,6245$
$N_p = 1,596$	$N_p = 1,5961$
$N_g - N_p = 0,031$	$N_g - N_p = 0,0284$
Уд. вес 2,77	Уд. вес 2,73
Твердость 5,5	Твердость 5—6

Результаты рентгено-структурного изучения катапента приведены в табл. 5. Спектральным анализом в нем, помимо больших количеств Na, Zr и Si, отмечены также небольшие содержания Sr, Ba, Ca. Химическим анализом в катапенте З. Т. Капитоновой определено (в весовых процентах): SiO_2 — 42,32; TiO_2 — 0,20; ZrO_2 — 29,93; TR_2O_3 — не обн.; Al_2O_3 — 0,73; Fe_2O_3 — 2,84; MnO — 0,02; MgO — следы; CaO — 5,70; Na_2O — 7,05; K_2O — 0,65; H_2O^- — 10,19; H_2O^+ — 0,25 ($\Sigma = 99,88$).

Барилит, весьма редкий диортосиликат бериллия и бария $BaBe_2[Si_2O_7]$, описывается впервые для СССР. До этого он был найден лишь на двух месторождениях с уникальными парагенезисами минералов — Лонгбан, Швеция (Aminoff, 1923) и Франклин, Нью-Джерси, США (Palache, Bauer, 1930). Барилит встречен А. Г. Жабиным и Ю. П. Диковым в Вишневых горах в кварцево-кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации, пересекающих эгирин-авгито-микроклинитовые фениты, где он ассоциирует с ильменитом. Барилит образует призматические, квадратного сечения, кристаллы размером до 2×5 мм. Цвет его голубоватый. Прозрачен. Отчетливо наблюдается спайность по (001) и (100). Твердость 6,5; удельный вес 4,02. Минерал двуосный; оптически отрицательный; $N_g = 1,695$, $N_p = 1,690$, $N_g - N_p = 0,005$. Спектральным анализом, помимо бериллия, бария и кремния, обнаружены небольшие количества кальция и стронция. По данным рентгено-структурного изучения (см. табл. 5) барилит из Вишневых гор оказался идентичным барилиту из Лонгбана, Швеция (Ygberg, 1941; Smith, 1956).

В барилите из Вишневых гор М. Е. Казаковой из навески 0,06 мг определено (в весовых процентах): SiO_2 — 35,44; BaO — 42,90; CaO — 1,80; BeO — 16,54; Fe_2O_3 — 0,05; H_2O — 0,00; п. п. п. — 1,96 ($\Sigma = 98,69$).

Минерал из группы торогуммита (торит) описывается впервые для щелочного комплекса Вишневых гор. Обнаружен в кварцево-кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации и в фенитизированных гранитных пегматитах. Образует призматические кристаллы с квадратным сечением, чаще — неправильные зерна. Бесцветный и прозрачный, но чаще окрашен в коричневый цвет. Блеск стеклянный, излом раковистый. Минерал одноосный, оптически положительный; $N_g = 1,709$, $N_p = 1,690$, $N_g - N_p = 0,019$ (для бурой разновидности) и $N_g = 1,711 - 1,717$, $N_p = 1,682$ (для бесцветной разновидности).

Таблица

Межплоскостные расстояния катаплента и барилита (в А)

Катаплент (Вишневые горы) ¹		Катаплент (Хибинь) ²		Барилит (Вишневые горы) ³		Барилит, Лонгбан, Швеция (Ygb: rg. 1941)	
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
6	7,01	—	—	10	3,39	Сильн.	3,40
7,5	6,45	3	6,36	5	3,05	Сл.	3,05
4	5,85	—	—	10	2,93	Сильн.	2,91
6	5,42	3	5,41	10	2,47	»	2,48
6	4,15	—	—	8	2,35	»	2,41
10	3,95	8	3,96	6	2,22	Сл.	2,26
2	3,71	1	3,72	6	2,08	»	2,08
10	3,07	8	3,06	6	1,893	»	1,895
9	2,98	9	2,98	6	1,861	Средн.	1,845
1,5	2,77	—	—	4	1,747	Сл.	1,742
8,5	2,71	8	2,70	6	1,690	Средн.	1,689
1,5	2,52	2	2,51	6	1,630	»	1,620
1,5	2,43	3	2,43	3	1,569	»	1,580
1	2,19	4	2,19	5	1,532	Сл.	1,532
1	2,07	1	2,07	3	1,494	Средн.	1,487
10	1,97	10	1,976	4	1,450	»	1,453
5	1,85	8	1,859	4	1,426	Сильн.	1,429
8,5	1,74	9	1,752	5	1,220	—	—
1,5	1,68	4	1,656	3	1,183		
1,5	1,62	3	1,629	4	1,168		
<1	1,57	—	—	3	1,147		
2	1,525	6	1,533	5	1,134		
3,5	1,484	7	1,492	5	1,103		
1,5	1,454	5	1,459	4	1,083		
2,5	1,412	6	1,420	4	1,040		
3,5	1,349	7	1,357	4	1,015		
2	1,316	3	1,325	4	0,954		
<1	1,288	—	—	5	0,934		
1	1,256	4	1,261	5	0,909		
1,5	1,232	3	1,240	5	0,891		
1,5	1,215	2	1,225	4	0,877		
1,5	1,177	4	1,184	6	0,865		
1,5	1,156	2	1,162	6	0,854		
1,5	1,142	4	1,148	5	0,844		
1,5	1,105	3	1,121	6	0,833		
1	1,048	1	1,050	6	0,796		
1	1,038	4	1,042				
1	1,006						
1,5	0,980						
1	0,970						
1	0,959						
1	0,909						
1	0,899						
2	0,875						
1,5	0,829						

1, 2, 3 Условия съемки; Си-излучение; Ni-фильтр; $D = 57,3$ мм; $d = 0,6$ мм.

Таблица 6

Межплоскостные расстояния торогуммита, шорломита, ниобозинита, торнанита и бастнезита (в Å)¹

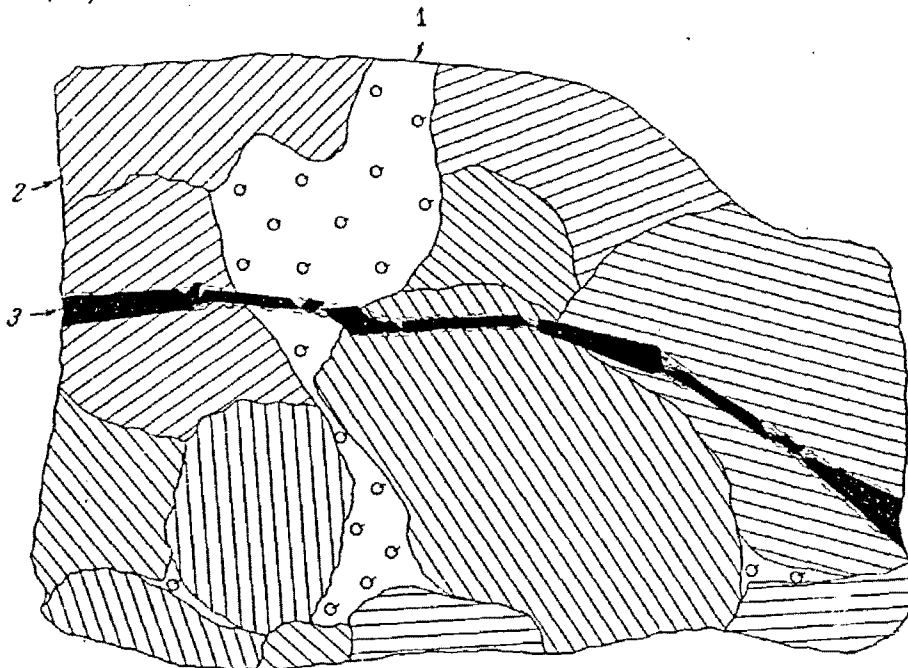
Торогуммит (Чухров, 1955)		Минерал из группы торогуммита (Вишневые горы)		Шорломит (Михеев, 1957)		Шорломит (Вишневые горы)		Ниобозинит (Вишневые горы)		Торнанит синтетический (Frondel, 1956)		Торнанит (Вишневые горы)		Бастнезит из кальцитовых прожилков (Вишневые горы)		Бастнезит (Халезова, 1959)	
1		2		3		4		5		6		7		8		9	
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
—	—	3	6,31	—	—	<1	4,32	1	4,43	10	3,21	10	3,16	5	4,90	2	4,86
9	4,695	10	4,69	—	—	6	3,02	1	3,79	4	2,78	4	2,81	9	3,60	9	3,56
10	3,537	10	3,55	—	2,690	7,5	2,69	1	3,37	8	1,971	8	1,96	10	2,65	10	2,86
4	2,821	3	2,84	—	2,451	5	2,46	1	3,13	9	1,682	10	1,68	2,5	2,46	3	2,43
6	2,653	8	2,68	—	2,359	2	2,36	10	3,03	2	1,611	2	1,61	9	2,07	9	2,05
3	2,499	2	2,51	—	—	2	2,19	10	2,96	2	1,396	—	—	9	2,03	8	2,00
4	2,203	6	2,21	—	1,951	3	1,95	2	2,67	4	1,280	6	1,281	9	1,910	8	1,89
4	2,000	4	2,01	—	—	1	1,91	1	2,27	4	1,248	5	1,246	3	1,790	3	1,78
3	1,869	3	1,881	—	—	1,5	1,74	1	2,23	4	1,41	5	1,140	6	1,680	3	1,67
6	1,818	8	1,823	—	1,667	4	1,67	2	2,03	4	1,076	4	1,075	5	1,578	5	1,57
1	1,740	3	1,746	—	1,606	10	1,60	3	1,74	3	0,988	3	0,987	4	1,486	3	1,47
1	1,653	3	1,660	—	—	2	1,505	2	1,71	6	0,945	5	0,946	4	1,444	—	—
1	1,582	4	1,583	—	1,344	2,5	1,345	3	1,59	3	0,932	3	0,931	4	1,350	2	1,34
2	1,469	4	1,480	—	1,315	3	1,312	6,5	1,55	4	0,884	3	0,886	6	1,303	5	1,29
3	1,431	4	1,430	—	1,281	2	1,280	3	1,513	3	0,853	—	—	2,5	1,285	—	—
1	1,379	2	1,386	—	1,214	1	1,214	2	1,482	3	0,808	—	—	2,5	1,206	1	1,19
1	1,326	5	1,332	—	—	3	1,116	2	1,211	7	0,784	—	—	1,5	1,192	—	—
1	1,267	4	1,274	—	1,097	2,5	1,098	3	1,178	8	0,776	—	—	5	1,184	3	1,176
1	1,172	5	1,179	—	1,063	2	1,063	2	0,952	—	—	—	—	5	1,158	—	—

Таблица 6 (окончание)

Торогумнит (Чухров, 1955)		Минерал из группы торогумнита (Винишские горы)		Шорломит (Михеев, 1957)		Шорломит (Винишские горы)		Ш-обозинит (Винишские горы)		Торнанит синтетический (Fronedel, 1956)		Торнанит (Винишские горы)		Бастнезит из кальцитовых прожилков (Винишские горы)		Бастнезит (Халсцова, 1950)	
1		2		3		4		5		6		7		8		9	
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
2	1,112	5	1,116			2,5	0,973	3	0,896					2	1,055	—	—
1	1,021	3	1,024			2,5	0,896							2,5	1,043	—	—
3	0,976	3	0,985			2	0,825							1,5	1,032	2	1,035
2	0,952	2	0,949			3	0,817							2,5	1,012	2	1,004
3	0,908	4	0,915											2	0,993	1	0,986
		3	0,891											2,5	0,972	—	—
		2	0,862											2	0,965	1	0,966
		5	0,839											2	0,952	1	0,956
														2	0,946	1	0,944
														3	0,919	1	0,912
														3	0,908	1	0,902
														3	0,848		
														2	0,819		
														3	0,809		
														3	0,794		
Параметры элементарной ячейки (a_0)				12,019±0,005 Å		12,03±0,01 Å		—	—	5,590 Å		5,60±0,01 Å		—	—		

Условия съемки: Си-излучение; Ni-фильтр; $D = 57,3$ мм; $d = 0,6$ мм. Образцы 2 и 5 прокалены до 800°, образец 7 — до 1000°.

ности). Удельный вес от 4,31 до 4,80. Минерал рентреноаморфный и лишь после прокалывания дает дифракционную картину, близкую к торогуммиту (табл. 6). Люминесцирует в ярких светло-зеленых тонах и сильно радиоактивен. Спектральным анализом обнаружены большие количества тория, кремния, кальция. Химическим анализом в торите М. Е. Казаковой определено (в весовых процентах): SiO_2 — 16,86; Al_2O_3 — 1,44; ThO_2 — 61,04; TiO_2 — следы; Fe_2O_3 — 4,55; FeO — 1,46; MnO — 0,40; MgO — 0,09; CaO — 2,20; BaO — 0,77; PbO — 0,54; TR_2O_3 — 0,25; Nb_2O_5 — не обн.; H_2O^- — 2,14; H_2O^+ — 8,47; F — 0,80 ($\Sigma = 100,67$).



Фиг. 4. Прожилковидное выделение эшнитта, пересекающее агрегат микроклина и кварца. (Нат. вел.).
1 — кварц; 2 — микроклин; 3 — эшнитт.

Шорломит наблюдается в карбонатных прожилках второй фазы стадии карбонатизации, пересекающих фенитизированные амфиболиты, и ассоциирует с магнетитом и титаномагнетитом. Найдены монокристаллические выделения шорломита неправильной формы, размером до 5×6 см; реже встречаются друзы ромбододэкаэдров. Цвет бурый, в осколках просвечивает темно-бурым. В прозрачных шлифах обнаруживает аномальное двупреломление и четкую псевдодвойничковую структуру. Удельный вес 3,79.

Химический состав шорломита из карбонатных прожилков следующей (в весовых процентах): SiO_2 — 35,20; TiO_2 — 1,64; Al_2O_3 — 4,73; Fe_2O_3 — 24,55; CaO — 32,25; MgO — 0,27; п. п. п. — 1,27; H_2O^- — 0,04. Данные рентгено-структурного изучения приведены в табл. 6.

Эшнитт, титано-ниобат редких земель, обнаружен во многих участках эндо- и экзоконтактового пояса массива мнаскитов; внутри центральной интрузии мнаскитов он не был встречен. Наиболее характерны следующие типы парагенетических ассоциаций эшнитта:

1. В мнаскитовых пегматитах и дайках мнаскитов, пересекающих фениты и гнейсы, эшнитт ассоциирует с мусковитом и корундом. Эшнитт приурочен к эндоконтактовым силицифицированным безнефелиновым зальбандам, а также к экзоконтактовым оторочкам эгирин-авги-

Пр
хим

Се
Ду
= 10
пер
Эшн
вые.
нитт
Nb/T

то-микроклиновых фенитов, которые возникают за счет гранито-гнейсов на контакте их с пегматитом. Определение содержания редких элементов подтверждает привнос во вмещающие породы ниобия, титана и редких земель, связанный с внедрением нефелин-полевошпатового пегматита.

2. В фенитизированных гранитных пегматитах, превращенных в полевошпатовые жилы, эшнит ассоциирует с бетафитом, менделеевитом, ортитом, магнетитом, реже — с цирконом. Встречены плоско-параллельные и цепочковидные агрегаты кристаллов эшнита (фиг. 4). Эшнит этого и предыдущего парагенезиса по составу близок к типичным черневым эшнитам описанным для Ильменских гор.

3. В кварцево-арфведсонитовых прожилках, пересекающих фениты, эшнит является самой поздней генерацией ниобатов в щелочном комплексе и представляет собой новую разновидность с высокими содержаниями ниобия и низкими — тория (табл. 7).

Таблица 7

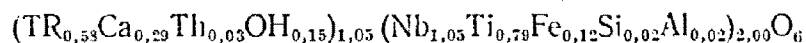
Химический состав ниобэшнита
из арфведсонито-кварцевых прожилков

Компоненты	Вес. %	Атомные количества	Группировки атомов
TR ₂ O ₃	28,17	0,1720	A=0,2674
CaO	4,82	0,0859	
ThO ₂	2,52	0,0095	
MnO	Следы	—	
MgO	»	—	
SrO	Не обн.	—	
Nb ₂ O ₅	41,41	0,3116	B ₂ =0,5938
Ta ₂ O ₅	Не обн.	—	
TiO ₂	18,73	0,2344	
Fe ₂ O ₃	2,75	0,0345	
SiO ₂	0,35	0,0035	
Al ₂ O ₃	0,35	0,0069	
H ₂ O ⁺	0,41	0,0156	—
H ₂ O ⁻	0,04	—	—
Сумма	99,55	—	—

Аналитик

М. Е. Казакова, 1958 г.

Анализ рассчитан на типовую формулу AB₂X₆ по группе В. При пересчете учтены данные расшифровки редких земель. Кристаллохимическая формула ниобэшнита следующая:



Состав редких земель в нем следующий (в процентах): La — 14; Ce — 42; Pr — 9; Nd — 25; Sm — 3,1; Eu — 0,4; Gd — 1,3; Tb — 0,2; Dy — 1,2; Ho — 0,2; Er — 0,3; Tm — 0; Yb — 0,2; Lu — 0; Y — 3 (Σ TR = 100%). Для ниобэшнита характерны редкие земли селективного черневого состава с несколько повышенными содержаниями ниобия. Эшнит с такими высокими содержаниями ниобия описывается впервые. Эшниты, у которых Nb/Ti > 1, предлагается называть ниобэшнитам. Весьма вероятно существование и титанэшнитов, у которых Nb/Ti < 0,5.

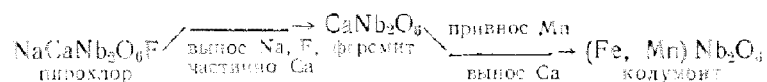
Ниобозинит образует призматические кристаллы, нарастающие на стенках трещинных полостей. Цвет черный, в тонких осколках просвечивает густо-красным. Излом раковистый. Блеск смоляной. Удельный вес 5,1323. Микротвердость равна 593—683 кг/мм², что соответствует 5,3—5,6 по шкале Мооса. Минерал оптически изотропный и рентгеноаморфный (N=2,26). После прокаливания восстанавливает первичную структуру. Данные рентгено-структурного анализа ниобозинита приведены в табл. 6.



Фиг. 5. Участок псевдоморфозы ферсмита и колумбита по пирохлору, образующему реликтовые зерна. Хорошо видна друзовая структура псевдоморфоз. Аншлиф. Никколи скрещены.

1 — ферсмит; 2 — колумбит; 3 — пирохлор; темное — агрегат кальцита и апатита.

Ферсмит и колумбит встречаются совместно и образуются в результате гиногенного разложения пирохлора, вероятно, после стадии карбонатизации в связи с кварцево-кальцитовыми брекчиевыми жилами в зонах разломов. Замещение пирохлора ферсмитом и колумбитом, впервые установленное Э. М. Бонштедт-Куплетской (1946), оказалось характерным для экзо- и эндоконтактных участков интрузии миаскитов. По нашим данным, разложение пирохлора происходит стадийно (фиг. 5); сначала возникает ферсмит, а лишь по нему — колумбит:



Возможно, что важную роль при разрушении пирохлора играет фосфорная кислота, фиксирующая в виде фторапатита внутри частичных и полных псевдоморфоз ферсмита и колумбита по пирохлору. Вынос кальция и фтора обуславливает частое присутствие в псевдоморфозах флюорита.

Бастнезит впервые для щелочного комплекса был обнаружен в Мондальном Логу в Потанских горах; в Винцевых горах он впервые

описан Е. Б. Халезовой (1959). Бастнезит образует пластинчатые по (0001) кристаллы размером до 3×5 см, буро-желтого или светло-коричневого цвета; иногда прозрачен. Весьма характерна спайность по (0001); $N_g = 1,788 - 1,792$; $N_p = 1,718$. Удельный вес 5,01—5,025. Данные рентгено-структурного изучения бастнезитов приведены в табл. 6. Были изучены также гипергенные порошковатые светло-желтые продукты, развивающиеся по бастнезиту из Мочалина Лога и бастнезиту из кальцитовых прожилков. По данным рентгено-структурного изучения, они также сложены бастнезитом.

Нами бастнезит найден в следующих парагенетических ассоциациях:

1) в ортитсодержащих фенитах совместно с ортитом и титаномагнетитом;

2) в кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации совместно с минералом группы торогуммита, брукитом, анатазом и др. (см. фиг. 2).

Стронцианит для щелочного комплекса описывается впервые. Он обнаружен в кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации. Стронцианит образует радиальнолучистые пучки, нарастающие на зальбандах прожилков, либо одиночные игольчатые кристаллы на кальците. Размер выделений — до 3×6 см. Цвет белый, иногда слегка желтоватый; тонкоигольчатые кристаллики водянопрозрачны. Наблюдалась спайность по (110); минерал двуосный, оптически отрицательный. $N_g = 1,665 - 1,669$; $N_p = 1,516 - 1,520$; $N_g - N_p = 0,149$. Рентгенограмма вишневогорского стронцианита аналогична эталонной. Спектральным анализом в нем обнаружено присутствие значительных количеств кальция и небольших количеств бария и марганца.

Химическим анализом в стронцианите З. Г. Катаевой определено (в весовых процентах): $SiO_2 - 0,26$; TiO_2 — не обн.; $Al_2O_3 - 0,20$; $Fe_2O_3 - 0,06$; $MnO - 0,02$; $MgO - 0,04$; $SrO - 59,15$; $BaO - 0,23$; $CaO - 7,66$; $Na_2O - 0,64$; $K_2O - 0,17$; H_2O^- — не обн.; $H_2O^+ - 0,30$; $CO_2 - 31,77$ ($\Sigma = 100,50$).

Барит обнаружен в кварцево-карбонатных прожилках второй фазы стадии карбонатизации. Он образует бесцветные кристаллы размером $0,5 \times 1,5$ см, находящиеся в кальците. Оптически двуосный, положительный; $N_g = 1,650$; $N_p = 1,640$; $N_g - N_p = 0,010$. Спектральным анализом в барите обнаружено присутствие кальция и стронция.

Монацит встречается в альбитизированных микроклин-кварцевых пегматитовых жилах гранитного типа с эгирин-авгитом, залегающих в эгирин-авгито-микроклиновых фенитах, в ассоциации с торнанитом, торритом, чевкинитом, сфеном, пирохлором и цирконом. Он представлен мелкими красноватыми прозрачными зернами с хорошо выраженной спайностью, встречающимися в виде включений в неизвестном минерале, который образует непрозрачные белые матовые выделения с коллоидной структурой. По данным спектрального анализа, в монаците отмечаются высокие содержания тория и кремния. Неизвестный минерал оптически изотропен и рентгеноаморфен. Рентгенограмма порошка прокаленного минерала близка к рентгенограмме хюттонита.

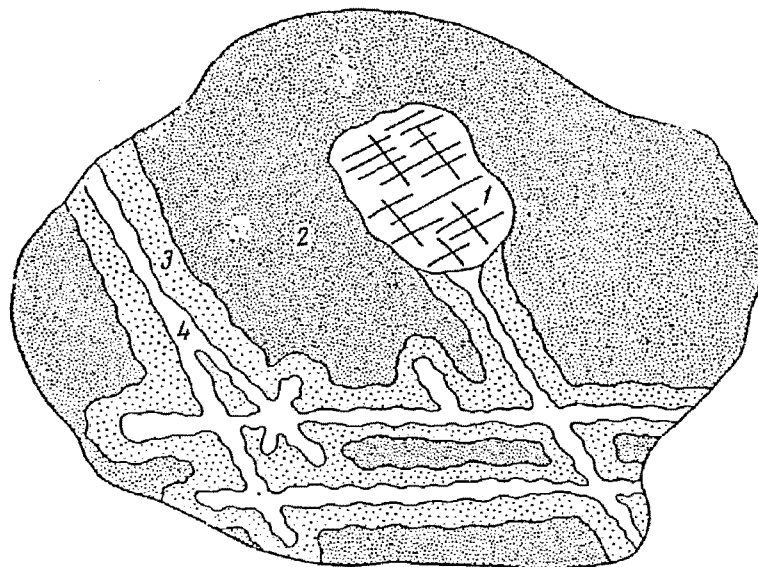
Торнанит развивается в виде прожилков по неизвестному минералу (фиг. 6). Торнанит прозрачен, цвет желтый; $N = 1,777 - 1,781$. Спектральным анализом, кроме больших количеств тория и редких земель, в нем установлены присутствие кальция, бария, стронция и следы кремния, свинца, никеля, меди и титана. Данные рентгено-структурного изучения торнанита приведены в табл. 6. Торнанит Вишневых гор отличается большим параметром элементарной ячейки (5,60 Å). Размеры элементарной ячейки природных торнанитов колеблются в пределах 5,51—

5,66 Å и увеличиваются по мере уменьшения в них содержания редких земель.

Рутил является наиболее распространенным минералом двуокиси титана и встречается в двух парагенетических ассоциациях:

1) в микроклиновых жилах среди эгирин-авгито-микроклиновых фенитов в виде выделений неправильной формы до 3—5 см в поперечнике;

2) в карбонатных прожилках второй фазы стадии карбонатизации среди эгирин-авгито-микроклиновых фенитов совместно с альбитом, эгирин-авгитом, кварцем, анатазом и брукитом в виде хорошо образованных тетрагональных кристаллов и коленчатых двойников.



Фиг. 6. Взаимоотношение монацита и торнианта (×20).

1 — первичный красный монацит; 2 — хюнтонит?; 3 — прозрачный монацит; 4 — торнианит.

Ильменорутил, разновидность рутила, обогащенная ниобием, встречается обычно в пегматитовых жилах микроклин-альбитового состава совместно с пироксеном, в виде выделений неправильной формы, размером от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров в поперечнике. Цвет черный, излом раковистый. В шлифах слабо просвечивает. Плеохроизм сильный от черного до темно-коричневого. Содержание Nb_2O_5 в ильменорутиле колеблется от 4,68 до 14,91%, TiO_2 — от 68,91 до 83,83%. Сравнение рентгенограмм порошка вишневогорского рутила и ильменорутила с эталонными рентгенограммами показывает их полную идентичность.

Анатаз встречается в карбонатных прожилках второй фазы стадии карбонатизации в эгирин-авгито-микроклиновых фенитах в ассоциации с рутилом, брукитом, альбитом и кварцем. Образует единичные бипирамидальные кристаллы. Цвет его черный, с внутренними голубыми рефлексами. Анатаз слагает также существенную часть бурых лейкоксенов, развивающихся в гипергенных условиях по ильмениту. Межплоскостные расстояния анатаза и анатазового лейкоксена приведены в табл. 8.

Брукит обнаружен в карбонатных прожилках второй фазы стадии карбонатизации совместно с рутилом, анатазом, альбитом, эгирином и кварцем. Цвет его черный; центральные части некоторых кри-

сталлов прозрачны и бесцветны. Межплоскостные расстояния брукита приведены в табл. 8.

Таблица 8

Межплоскостные расстояния анатаза и брукита
(в А)

Анализ (Михеев, 1937)		Анализ (Вишневые горы) ¹		Анализ (Лейкоксен (Вишневые горы) ²)		Брукит (Михеев, 1937)		Брукит (Вишневые горы) ³	
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
10	3,508	10	3,50	10	3,47	—	—	2	4,09
1	2,425	0,7	2,44	—	—	6	3,46	10	3,58
5	2,372	1	2,38	2,5	2,36	10	3,22	—	—
1	2,333	0,7	2,32	—	—	6	2,87	7,5	2,95
9	1,887	9	1,887	6	1,884	—	—	2	2,54
—	—	2,5	1,701	—	—	8	2,45	2	2,48
7	1,696	—	—	3	1,694	1	2,39	—	—
7	1,662	3,5	1,664	4	1,658	1	2,29	2	2,28
7	1,447	5	1,478	2,5	1,478	1	2,24	—	—
6	1,361	1,5	1,363	2	1,365	4	2,17	2	2,16
6	1,335	2	1,337	2,5	1,336	1	2,12	—	—
7	1,261	3	1,267	3	1,265	3	2,04	—	—
2	1,247	1	1,252	—	—	—	—	2,5	1,99
6	1,163	2,5	1,164	2	1,166	3	1,953	3	1,94
1	1,158	—	—	—	—	4	1,881	4	1,90
1	1,054	—	—	—	—	2	1,842	3	1,86
5	4,0188	1	1,044	—	—	—	—	2	1,72
5	1,0407	—	—	—	—	10	1,681	4	1,69
5	1,0155	0,7	1,016	—	—	2	1,654	2,5	1,66
2	1,0043	—	—	—	—	2	1,619	2	1,62
1	0,9939	—	—	—	—	2	1,601	—	—
7	0,9528	1,5	0,954	—	—	2	1,531	—	—
6	0,9437	1	0,946	—	—	2	1,476	2	1,469
7	0,9167	1	0,919	—	—	4	1,450	—	—
7	0,9114	1	0,913	—	—	2	1,429	2	1,438
		1,5	0,896	—	—	—	—	—	—
		1	0,880	—	—	—	—	—	—

1, 2, 3 Условия съемки; Си-излучение; Ni-фильтр для образцов 2 и 5; Fe-излучение, не отфильтрованное — для образца 3; D=57,3 мм; d=0,6 мм.

Серебряно-висмутовой галенит встречен в кальцитовых прожилках второй фазы стадии карбонатизации, где он ассоциирует со сфалеритом, пиритом, кальцитом и кварцем. Монокристаллы галенита достигают в диаметре 4—5 см. Обладает четко выраженной отдельностью по октаэдру, что является характерным свойством висмутсодержащих галенитов. Спайность по кубу появляется лишь после прокаливании. Удельный вес 7,55. Микротвердость, по сравнению с обычными галенитами, пониженная: она равна 42—53 кг/мм², что составляет 2,1—2,3 единиц по шкале Мооса. Химическим анализом в галените установлено (в процентах): Pb — 80,54; Bi — 2,70; S — 14,57; Ag — 1,15; Tl — 0,02; Fe — 0,62; Zn — 0,09. Рентгеновское изучение вишневогорского галенита показало (табл. 9), что размер его ячейки уменьшен в сравнении

с эталонным; это также является характерной чертой висмутсодержащих галенитов (Leutwein и др., 1954).

Таблица 9

Межплоскостные расстояния галенита
(в Å)

Галенит из кварцево-кальцитовых прожилков Вишневых гор ¹		Галенит (Михеев, 1957)		Галенит из кварцево-кальцитовых прожилков Вишневых гор ¹		Галенит (Михеев, 1957)	
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
9	3,38	9	3,442	8	1,321	10	1,324
10	2,95	10	2,965	8	1,206	8	1,209
8	2,08	10	2,093	6	1,138	7	1,141
8	1,70	8	1,707				
4	1,477	5	1,480				
4	1,355	6	1,359	Параметр ячейки (<i>a</i> ₀)	5,908 Å	—	5,924 Å

¹ Условия съемки: Си-излучение; Ni-фильтр; *D*=57,3 мм; *d*=0,6 мм.

При микроскопическом изучении в галените были встречены пластинчатые выделения минерала, близкого по минерографическим константам к тетрадимиту (?).

ВЫВОДЫ

1. В пределах экзоконтактового ореола пород вокруг массивов нефелиновых снейитов проявлены различные процессы минералообразования, генетически тесно связанные с интрузией мнаскитов (фенинизация, пегматиты, альбитизация и карбонатизация).

2. В связи с постмагматическими процессами в фенитах появляются акцессорные минералы редких элементов, которые являются типоморфными для соответствующих процессов минералообразования в экзоконтакте мнаскитов и не встречаются внутри последних, — чевкинит, катаплет, стронцианит, бастнезит, барилит, торит и другие. Характерная геохимическая черта этих парагенезисов — преобладание среди них минералов редких земель, а также появление самостоятельных минералов стронция, бария, бериллия, тория, свинца, цинка и молибдена.

3. Особенности составов парагенетических ассоциаций акцессорных минералов зоны фенитов объясняются спецификой состава фенитов как среды минералообразования, проявлением различных, многократно наложенных процессов и тенденций к выносу редких элементов минералообразующими растворами в экзоконтактовые фенитизированные породы.

4. Вокруг интрузива мнаскитов в течение длительного времени происходило многостадийное формирование гипогенного ореола выноса редких элементов, пространственно совпадающего с ореолом фенитизированных пород. На ранних стадиях происходил вынос в фениты циркония, ниобия и — частично — редких земель, а в последующие постмагматические стадии минералообразования, помимо минералов редких земель, образовались самостоятельные минералы стронция, бария, тория, свинца, цинка и молибдена.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдонин В. Н., Исаков М. Г., Чесноков Б. В. Чевкинит из Вишневых гор на Урале. Тр. Горно-геол. ин-та Уральск. фил. Акад. наук СССР, 1959, сб. 4.
- Алимарин И. П. Химический состав чевкинита. Доклады Акад. наук СССР, 1935, 1, № 9.
- Белякин Д. С. К интерпретации Ильменского петрографического комплекса. Геол. вестн., 1926, 5, № 1—3.
- Бонштедт-Куплетская Э. М. Минералогия щелочных пегматитов Вишневых гор. Изд. Акад. наук СССР, 1951.
- Бонштедт-Куплетская Э. М., Бурова Т. А. Ферсмит — новый кальцевый минерал из пегматитов Вишневых гор (Средний Урал). Доклады Акад. наук СССР, 1946, 52, № 1.
- Еськова Е. М., Мухитдинов Г. Н., Халезова Е. Б. Некоторые особенности распределения акцессорных минералов и редких элементов в щелочных породах Вишневых гор. Тр. Ин-та минер., геохим. и кристаллохим. редких элементов Акад. наук СССР, 1959, вып. 3.
- Жабин А. Г., Мухитдинов Г. Н. О гипогенном ореоле выноса редких земель вокруг Вишневогорско-Ильменогорской интрузии мнаскитов (Южный Урал). Доклады Акад. наук СССР, 1959, 126, № 5.
- Заварицкий А. Н. Геологический и петрографический очерк Ильменского минералогического заповедника и его копей. Изд. Гл. упр. по заповедникам, 1939.
- Зильберман В. А. Месторождение церита в Кыштымском округе (Урал). В кн.: Редкометалльные минералы Кыштымской Дачи. Гостехиздат, 1930. (Тр. Ин-та прикл. минер., вып. 44).
- Кауфман Л. Э. Химический состав чевкинита. Изв. Росс. Акад. наук, сер. 6., 1924, 18.
- Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, 1957.
- Роненсон Б. М. Основные черты геологического строения северной части Вишневых гор. Изв. высш. учебных завед. (геология и разведка), 1959, № 1.
- Свяжин Н. В. Коренные месторождения редкоземельных и редкометалльных минералов Мочалина Лога. Тр. Свердловского горного ин-та, 1956, вып. 28.
- Халезова Е. Б. О бастнезите из Вишневых гор. Тр. Ин-та минер., геохим. и кристаллохим. редких элементов Акад. наук СССР, 1959, вып. 2.
- Чухров Ф. В. Коллонды в земной коре. Изд. Акад. наук СССР, 1955.
- Aminoff G. Om en association med Barylit och Hedyfan vid Långban. Geol. För. Förh., Stockholm, 1923, 45, N. 2.
- Brögger W. C. Die Eruptivgesteine des Kristiangebietes. 4. Das Fengebiet in Telemark. Vid. Selsk. skrift., Math.-Nat. kl., 1921, N 91.
- Fronde! G., Riska D., Frondel J. W. X-ray powder data for uranium and thorium minerals. U. S. Geol. Surv. Bull., 1956, N 1036-G.
- Gay P. An X-ray investigation of some rare-earth silicates: cerite, lessingite, britholite and stillwellite. Min. Mag., 1957, 31, N 237.
- Leutwein F., Herrman A. G. Kristallochemische und geochemische Untersuchungen über Vorkommen und Verteilung des Wismuts im Bleiglanz der kiesig-blendigen Formation des Freiburger Gangreviers. Geologie, 1951, 3, N 8.
- Palache C., Bauer L. H. On the occurrence of beryllium in the zinc deposits of Franklin, New Jersey. Amer. Min. 1930, 15, N 1.
- Smith I. C. Unit cell and space group of barylite. Amer. Min., 1956, v. 41, N 5-6.
- Ygberg E. R. On the structure of barylite. Geol. För. Förh., Stockholm, 1941, 63, H. 4.