

В. Г. РОДЫГИНА

ПЕРВАЯ НАХОДКА ЮАНИТА И ЦЕБОЛЛИТА В КУЗНЕЦКОМ АЛАТАУ

Цеболлит впервые установлен Е. Ларсеном в 1914 г. в ункомпагри-тах штата Колорадо [4]. В 1932 г. Е. Ларсен и Е. Горансон описали другую, ассоциирующую с цеболлитом и похожую на него разновидность, названную юанитом (хуанитом).

В Советском Союзе юанит и хуанит до последнего времени были известны только на Кольском полуострове и на севере Сибирской платформы, в Маймеча-Котуйской провинции [1, 5]. В том и другом районе эти минералы присутствуют в мелилитсодержащих породах, генетически связанных со сложными по составу ультраосновными — щелочными интрузивными комплексами.

Новое, неизвестное ранее проявление юанита и цеболлита обнаружено автором при изучении разнообразных метасоматитов Кия-Шалтырского месторождения уртитов, находящегося в северной части Кузнецкого Алатау. Вследствие ограниченности литературных данных об юаните и цеболлите, большой редкости и слабой изученности этих минералов каждое новое местонахождение их представляет значительный интерес. На Кия-Шалтырском месторождении эти минералы обладают к тому же некоторыми специфическими особенностями сравнительно с прежде известными разновидностями и тем более заслуживают изучения.

Состав и свойства юанита и цеболлита, судя по имеющимся в литературе сведениям, характеризуются заметными вариациями. Основное различие между минералами состоит в величине светопреломления, более высокой у юанита, величине двупреломления, низкой у юанита и высокой (до 0,035) у цеболлита и окраске в проходящем свете в шлифе — бурой, буровато-коричневой, реже бесцветной у юанита и бесцветной или светло-буровой у цеболлита.

По мнению С. М. Прохоровой и др. [4], оба минерала представляют продукт неполного природного гидролиза мелилита, по которому сначала развивается буро-коричневый в проходящем свете юанит, затем бесцветный или слабо окрашенный цеболлит. Позднее происходило обратное явление: частичное замещение цеболлита юанитом, а юанита — везувитом, диопсидом и тремолитом.

Более сложные взаимоотношения между юанитом и цеболлитом обнаружены на Кия-Шалтырском месторождении. Прежде всего надо отметить, что на этом месторождении рассматриваемые минералы связаны не с ультраосновными — щелочными, как обычно, а с основными щелочными породами — Кия-Шалтырским габбро-уртитовым массивом, приуроченным к контакту карбонатной усинской свиты нижнего кембрия и

эффузивно-осадочной кондомской свиты позднепротерозойского (рифейского) возраста.

В результате контактово-метасоматических изменений известняки в непосредственном контакте с уртитамы превращены в своеобразные скарные породы, образующие практически сплошную оторочку мощностью от нескольких сантиметров до первых десятков метров.

Макроскопически скарны характеризуются зеленой, светло-зеленоватой, зеленовато-серой, часто с голубоватым оттенком, серой окраской, пятнистой текстурой и средне-, мелкозернистой структурой. Полосчатость обусловлена чередованием невыдержанных по мощности (от долей миллиметра до 20—30 см) прослоев белого, серого, черного и различных оттенков зеленого или голубовато-зеленого цвета. Полосы выклиниваются, замыкаются, обуславливая разнообразные текстурные узоры.

Минералогический состав скарнов разнообразен. Главными минералами являются мелилит, пироксен, волластонит, везувиан, юанит, цеболлит, кальцит. В качестве непостоянной примеси присутствуют гранат, флогопит, форстерит, апатит, шпинель, перовскит. Более поздние гидротермальные процессы обусловили образование целого ряда вторичных минералов: мусковита, хлорита, цеолитов, пирротина. Таков состав скарнов. Что же касается отдельных полос, то их состав обычно более прост. Это существенно мелилитовые, цеболлитовые, волластонитовые, везувиановые, диопсидовые, мелилит-пироксеновые, кальцит-мелилитовые, цеболлит-юанит-пироксеновые, волластонит-мелилитовые и т. п. линзы, ленты и неуправильные гнезда.

При детальном изучении в скарнах обнаруживается несколько типов симметрично-зонального строения. По направлению от контакта тела уртитов к вмещающим породам установлено чередование зон следующего состава:

- 1) Мл* + К + Вол → Ц + Ю + К → К,
- 2) Ц + Ю → Ц + Ю + К → К,
- 3) Ц + Ю + Мл + Та → Ц + Ю → Мл → Мл + К,
- 4) Ц + Ю + Та + К → Ц + Ю + Мл + Та + К → К,
- 5) Ц + Ю + Мл + К → Ц + Ю + Мл + Та + К → К и т. д.

Цеболлит и юанит имеют в скарнах широкое распространение и могут быть отнесены к главным породообразующим минералам. Макроскопически они почти неотличимы один от другого и внешне походят на серпентин, образуя сплошные плотные, очень вязкие агрегаты светло-зеленой, фисташково-зеленой, нередко с голубоватым оттенком, окраски. Блеск матовый; твердость, замеренная на приборе ПМТ-3, составляет 480 кг/мм² при нагрузке в 100 г, что отвечает твердости по шкале Мооса 5,4. Минералы легко растворимы (желатинируют) в HCl; удельный вес колеблется от 3,25 до 3,3.

Под микроскопом юанит и цеболлит различаются вполне отчетливо. Более того, при изучении шлифов выясняется, что каждый из них представлен несколькими разновидностями, возникшими на разных стадиях замещения и имеющими неодинаковые оптические свойства.

Преобразование мелилита начинается с замещения его юанитом, который сначала развивается только в краевых частях зерен, вдоль спайности, по трещинкам (рис. 1). Если замещаемый мелилит находится в виде отдельных кристаллов среди кальцита, то даже в случае полного замещения хорошо сохраняется характерная призматическая форма зерен (рис. 2). Это самая ранняя разновидность юанита характеризуется

* Мл — мелилит, Ц — цеболлит, Ю — юанит, Та — титан-авгит, К — кальцит, Вол — волластонит.

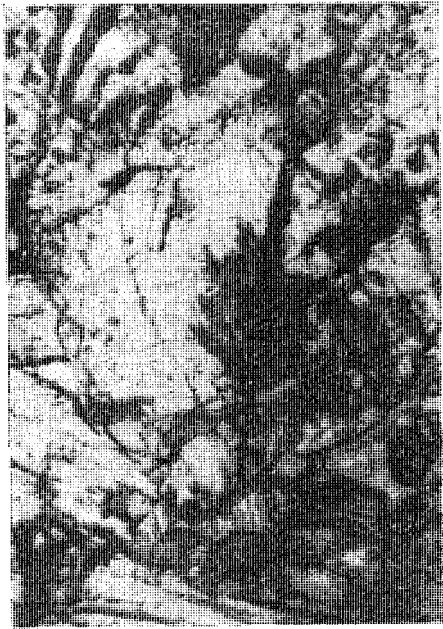


Рис. 1. Замещение мелилита (Me) юанитом.



Рис. 2. Полные псевдоморфозы юанита по мелилиту (квадратные формы зерен).

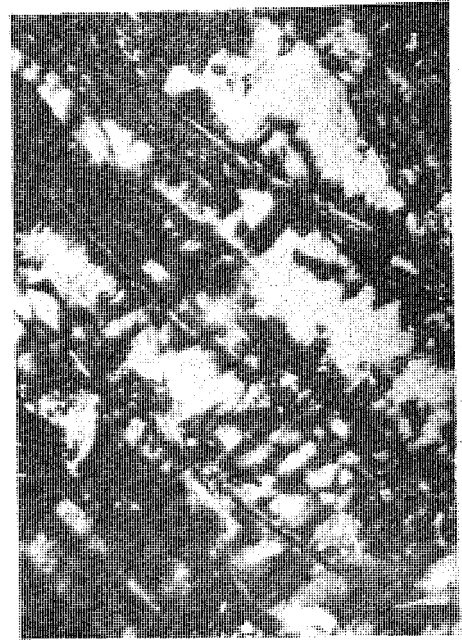


Рис. 3. Перистые агрегаты юанита-цеболлита.

светло-буровой окраской, прямым угасанием, положительным удлинением и низким двупреломлением (до 0,003). Показатели преломления не особенно сильно отличаются от таковых замещающего мелилита, обычно в сторону повышения (у мелилита $N_g = 1,634$, $N_p = 1,628$; у замещающего юанита $N_g = 1,653$, $N_p = 1,648$).

Частично замещенные юанитом кристаллы мелилита встречаются сравнительно редко. Чаще наблюдается или совсем не затронутый замещением мелилит, или же полностью, без остатка, замещенные зернистые массы. В последнем случае образуются разнообразные и весьма характерные волокнисто-гребенчатые, перистые, веерообразные, сноповидные, пламевидные и другие агрегаты юанита и цеболлита, типичную форму которых можно видеть на рис. 3.

Изучение подобных агрегатов показывает, что сначала происходило замещение мелилита юанитом, затем цеболлитом, обычно протекавшее

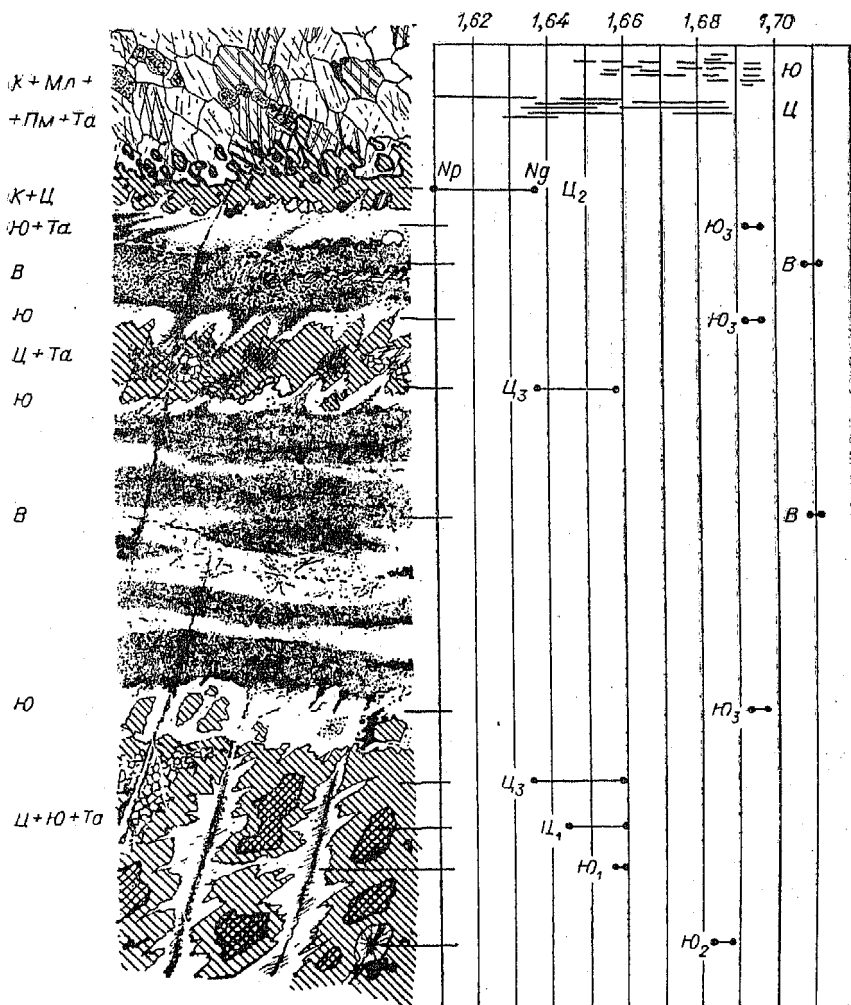


Рис. 4. Взаимоотношения минералов в шлифе (высота колошки 17 мм) и диаграмма, отражающая постепенные изменения показателей преломления в пределах ряда цеболлита и ряда юанита. К — кальцит, Мл — мелилит, Ю — юанит, Та — титан-авгит, Пм — пироксен моноклинный (диопсид), В — везувин.

до конца. Сущность этого процесса, как указывает С. М. Прохорова и др. [4], состоит в гидролизе мелилита. Позднее произошло обратное явление: частичное замещение цеболлита юанитом, а юанита — везувианом. В изученных нами скарнах чаще всего наблюдается именно эта вторая стадия минералообразования, имевшая характер дегидратации, связанной, вероятно, с процессом скарирования пород.

Как показано на зарисовке (рис. 4), в одном и том же шлифе наблюдается несколько разновидностей цеболлита, условно обозначенных индексами Ц₁, Ц₂, Ц₃, и юанита Ю₁, Ю₂, Ю₃, различающихся по оптическим свойствам. Структурные соотношения свидетельствуют о том, что процесс замещения шел в направлении Ц₁ — Ц₂ — Ц₃ — Ю₁ — Ю₂ — Ю₃ — В (везувиан).

Многочисленные определения показателей преломления свидетельствуют о том, что все эти разновидности не являются строго фиксированными, что цеболлит и юанит образуют два практически непрерывных ряда с постепенно меняющимися свойствами. На диаграмме (рис. 4, справа сверху) нанесены замеры показателей преломления юанита (Ю) и цеболлита (Ц), сделанные в разных образцах и наглядно подтверждающие постепенность изменения свойств в пределах каждого ряда. При большем количестве определений, вероятно, удастся обнаружить и другие промежуточные разновидности.

Как видно на рис. 5, при замещении коричневого в проходящем свете цеболлита светло-буроватым или бесцветным происходит изменение оптического знака минерала (у цеболлита $2V = -54^\circ$, у юанита $2V = +58^\circ$), изменение ориентировки эллипсоида оптической индикатри-

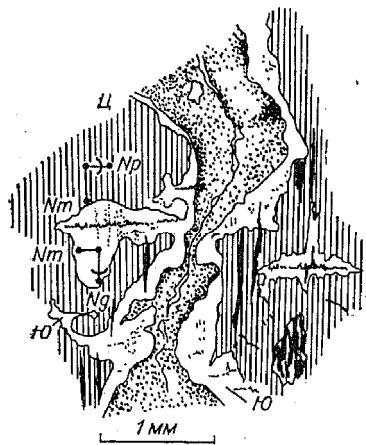


Рис. 5. Часть шлифа, показывающая изменение ориентировки эллипсоида оптической индикатрисы цеболлита при замещении его юанитом.

сы (у цеболлита плоскость оптических осей перпендикулярна, а у развивающегося по нему юанита параллельна реликтовой спайности или волокнистости). Значительное снижение двупреломления происходит в результате заметного возрастания N_p юанита (1,684) по сравнению с N_p цеболлита (1,660). Величина N_g практически не меняется (1,687—1,688).

Для выяснения зависимости между химическим составом и оптическими свойствами в ряду юанита и в ряду цеболлита необходимо было бы выделить мономинеральные пробы по возможности большего числа разновидностей. К сожалению, сделать это вследствие чрезвычайно тонких и тесных взаимных прорастаний минералов не удалось, пришлось ограничиться пробами, представленными преимущественно одним из минералов с некоторой минимальной, не поддающейся точному учету примесью другого минерала.

В табл. 1 приведены химические анализы исследованных юанита, цеболлита и мелилита, а также цеболлита и юанита Маймеча-Котуйского района и Ковдорского массива. В изученных минералах кроме отмеченных элементов спектральным анализом обнаружено присутствие (в вес. %) Cr—0,04, Zr—0,02, Be—0,0012, Ni—0,02, V—0,008, Mo—0,001, Sr—0,19.

При сравнении химических анализов устанавливается непостоянство состава юанита и цеболлита. Содержание алюминия, железа и магния

Химический состав юанита, цеболлита и мелилита (в вес. %)

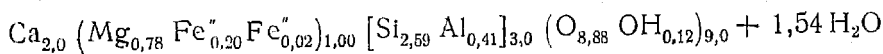
Компоненты	Массивы						
	Кня-Шалтырский		Ковдорский		Одихинта	Гулинский	Кня-Шалтырский
	юанит	цеболлит	цеболлит	юанит	юанит	цеболлит	мелилит
SiO ₂	37,72	42,34	41,53	40,96	42,27	42,32	38,28
TiO ₂	нет	0,11	нет	0,08	—	0,07	0,23
Al ₂ O ₃	10,79	8,15	4,41	5,01	9,31	6,97	8,68
Fe ₂ O ₃	5,18	6,19	1,76	1,34	3,47	3,31	0,60
FeO	1,08	0,18	0,89	0,89	0,47	1,01	2,33
CaO	34,0	33,0	35,35	35,42	31,25	29,97	37,54
MgO	4,99	7,00	10,31	10,16	6,13	6,13	7,18
MnO	0,16	0,05	сл.	не опр.	0,12	0,18	0,08
SrO	не опр.	—	не опр.	0,54	—	—	не опр.
BaO	—	—	—	0,20	—	—	—
P ₂ O ₅	0,03	0,05	—	—	—	—	0,09
Na ₂ O	1,01	—	2,80	2,25	2,87	3,44	1,18
K ₂ O	нет	—	0,04	0,20	0,40	2,24	0,93
H ₂ O ⁻	—	0,30	0,33	0,36	не опр.	—	нет
H ₂ O ⁺	—	—	—	—	3,02	3,34	0,62
П. п. п.	5,87	3,0	3,15	2,34	—	—	2,14
CO ₂	не опр.	не опр.	не опр.	0,42	0,98	1,31	не опр.
Сумма	100,83	100,37	100,57	100,17	100,29	100,29	99,88

Примечание. Анализы выполнены З. А. Иванчура (Томск. гос. ун-т).

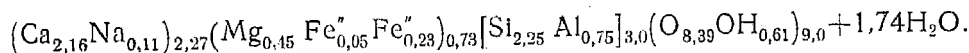
в них варьирует в широких пределах. Общим для минералов является наличие значительных количеств воды (H₂O⁺). В отличие от мелилита юанит и цеболлит характеризуются большими значениями для Al₂O₃, Fe₂O₃ и более низкими — для MgO.

Как видно из табл. 1, исследуемый юанит по составу ближе подходит к Ковдорскому, от которого отличается только несколько более высоким содержанием алюминия, бедностью магнием и щелочами. В составе исследуемого цеболлита отсутствуют щелочи и заметно повышено содержание трехвалентного железа.

Анализы минералов были рассчитаны на формулы по типу волластонита. Результаты пересчета: для цеболлита —



и юанита —



Из формул видно, что в отличие от волластонита минералы характеризуются значительным дефицитом кальция, не скомпенсированным щелочами. Однако общее число катионов восьмерной и шестерной координации в цеболлите и юаните соответствует трем.

Принимая во внимание генетическую связь данных минералов с мелилитом, анализы были пересчитаны с учетом кристаллохимических особенностей последнего, т. е. наличия изолированных групп [Si₂O₇].

Полученные формулы имеют следующий вид: цеболлит — $\text{Ca}_{1,72} (\text{Mg}_{0,50} \text{Fe}_{0,01}^{\prime\prime} \text{Fe}_{0,09}^{\prime\prime})_{0,60} (\text{Fe}_{0,13}^{\prime\prime} \text{Al}_{0,46})_{0,59} [\text{Si}_{2,0} \text{O}_{7,0}] + 0,98 \text{H}_2\text{O}$, юанит — $(\text{Ca}_{1,80} \text{Na}_{0,10})_{1,90} (\text{Mg}_{0,37} \text{Fe}_{0,05} \text{Fe}_{0,05}^{\prime\prime})_{0,47} (\text{Fe}_{0,14}^{\prime\prime} \text{Al}_{0,48} \text{Al}_{0,48})_{0,62} [\text{Si}_{1,87} \text{Al}_{0,13}]_{2,0} \text{O}_{7,0} + 1,95 \text{H}_2\text{O}$.

Нетрудно заметить, что влияние радикала $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ сильнее проявлено в юаните, который, как было показано, предшествует образованию цеболлита. Следовательно, при переходе от мелилита к цеболлиту возрастает роль радикала $[\text{Si}_3\text{O}_9]$. Отсюда становятся понятны отмеченные изменения оптических свойств юанита и цеболлита, обусловленные, как видно, вариациями химического состава и перестройкой структуры минерала.

Рентгенометрические исследования проводились для непрокаленного юанита и цеболлита и прокаленного при 400° , 700° и 1000° юанита.

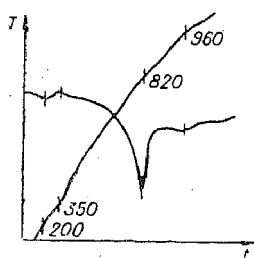


Рис. 6. Термограмма юанита.

Необходимость получения таких данных была подсказана результатами термического анализа. На кривой нагревания юанита (рис. 6) отчетливо наблюдаются два эндотермических эффекта при температурах $\sim 200^\circ$ (слабый) и 820° (резкий максимум), обусловленные определенными изменениями, происходящими в структуре минерала. При сравнении всех порошкограмм (табл. 2) можно установить, что эти изменения сводятся к следующему. Порошкограмма непрокаленного юанита сходна с порошкограммой волластонита, мало чем отличается от них и порошкограмма юанита, прокаленного при 400° .

Очевидно, первый эндотермический эффект обусловлен удалением воды из структуры минерала. Интерес представляет дебаграмма юанита, прокаленного при 1000° , которая полностью отвечает дебаграмме мелилита. Показатель преломления прокаленного до 1000° юанита соответствует показателю преломления мелилита.

Таким образом, при нагревании юанит переходит в мелилит при температуре около 800° , а по данным С. М. Прохоровой и др. [4] — при температуре около 750° .

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Постепенное изменение в широких пределах оптических свойств внутри каждого ряда отражает различную степень гидролиза юанита и цеболлита.

2. Каждая конкретная разновидность юанита отделена от замещающей ею конкретной разновидности цеболлита значительной перестройкой кристаллической структуры, т. е. цеболлит и юанит должны считаться самостоятельными минеральными видами.

На Кня-Шалтырском месторождении цеболлит и юанит, как и в других районах [4, 5, 6], тесно связаны с мелилитом. Изучение стадийности образования этих минералов имеет большое значение для выяснения генезиса мелилитсодержащих скарнов. Учитывая приуроченность последних к контакту известняков и уртитов, можно считать, что образование мелилита связано с процессами метасоматических изменений магматической стадии в связи с формированием уртитовой интрузии. Позднее, условиях снижающейся температуры осуществился гидролиз мелилита замещение его юанитом и цеболлитом. Затем имело место новое изменение физико-химической обстановки, обусловившее дегидратацию, замещение цеболлита юанитом, а последнего — везувианом и диопсидом.

Таблица 2

Сравнительные порошкограммы цеболлита, юанита, волластонита и меллитита
(сняты на аппарате УРС-55, анод Fe и Cu, $b = 57$, $d_0 = 0,8$ мм, $I = 16$ ма, $V = 30$ кв)

Кня-шалтырские				Волластонит станд.		Юанит кня-шалтырский нагретый						Меллитит станд.	
юанит		цеболлит				400°		700°		1000°			
<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>
1	—	—	—	5	3,88	—	—	—	—	—	—	2	4,22
5	3,58	—	—	4	3,51	—	—	—	—	4	3,638	2	3,71
5	3,41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	3,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	3,27	1	3 328	8	3,30	1	3,298	1	3,277	—	—	—	—
—	—	2	3,114	—	—	4	3,149	4	3,161	5	3,136	—	—
—	—	—	—	4	3,08	—	—	4	3,057	5	3,071	5	3,074
10	2,98	10	2,978	10	2,96	4	2,998	4	2,957	5	2,954	—	—
9	2,90	—	—	—	—	4	2,916	—	—	—	—	—	—
—	—	10	2,818	—	—	—	—	10	2,862	10	2,844	10	2,858
2	2,77	—	—	1	2,79	10	2,77	7	2,777	—	—	2	2,74
1	2,66	8	2,605	3	2,70	10	2,611	8	2,618	—	—	—	—
2	2,52	7	2,486	3	2,53	—	—	—	—	2	2,537	2	2,52
—	—	—	—	4	2,46	8	2,419	3	2,458	5	2 491	3	2,409
1	2,33	6	2,379	5	2,32	1	2,309	—	—	4	2,395	5	2,30
2	2,27	—	—	4	2,25	—	—	1	2,288	7	2,292	—	—
3	2,22	—	—	—	—	—	—	2	2,205	—	—	—	—
1	2,12	5	2,150	6	2,16	3	2,171	—	—	—	—	—	—
2	2,09	4	2,058	4	2,00	2	2,127	2	2,035	7	2,028	5	2,04
8	1,97	—	—	2	1,97	2	2,014	—	—	8	1,933	5	1,938
10	1,93	—	—	—	—	—	—	3	1,934	6	1,905	—	—
1	1,86	—	—	3	1,86	2	1,894	—	—	8	1,845	4	1,881
1	1,82	—	—	5	1,81	—	—	5	1,828	—	—	5	1,828
1	1,79	—	—	—	—	2	1,798	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	4	1,74	2	1,768	10	1,762	10	1,743	8	1,758
—	—	10	1,688	—	—	9	1,672	4	1,714	1	1,690	2	1,682
—	—	—	—	—	—	—	—	4	1,676	1	1,651	4	1,640
1	1,63	10	1,631	2	1,61	10	1,632	10	1,634	3	1,612	—	—
2	1,59	—	—	6	1,59	—	—	—	—	3	1,602	3	1,60
4	1,54	2	1,574	—	—	4	1,570	—	—	2	1,571	—	—
3	1,50	5	1,515	4	1,52	2	1,509	8	1,515	8	1,511	7	1,51
—	—	—	—	6	1,47	—	—	5	1,476	1	1,482	3	1,48
1	1,44	8	1,424	5	1,45	3	1,436	7	1,421	1	1,457	2	1,456
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1,433	7	1,43
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,403	3	1,409
—	—	—	—	1	1,38	3	1,389	7	1,381	9	1,382	7	1,385
—	—	—	—	—	—	3	1,355	—	—	7	1,320	—	—
4	1 31	—	—	—	—	5	1,295	—	—	3	1,290	—	—
2	1,28	7	1,286	—	—	4	1,271	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,246	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,234	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,204	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,174	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,148	—	—
—	—	3	1,129	—	—	—	—	—	—	1	1,125	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,092	—	—

Примечание. Анализы выполнены в Томском университете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кухаренко А. А., Орлова М. П., Булах А. Г., Багдасаров Э. А., Римская-Корсакова О. М., Нефедов Е. И., Ильинский Г. А., Сергеев А. С., Абакумова Н. Б. Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатов Кольского полуострова и Северной Карелии. 1965.
2. Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. 1957.
3. Орлова М. П., Кухаренко А. А. Меллиты из щелочно-ультраосновных массивов Кольского полуострова. Уч. зап. ЛГУ, Геохимия, 1962.
4. Прохорова С. М., Евзикова Н. З., Михайлова А. Ф. Флогопитоносность Маймеча-Котуйской провинции ультраосновных щелочных пород. «Недра», 1966.
5. Эпштейн Е. М., Аникеева Л. И. Метасоматические породы и флогопитоносность Гулинской интрузии. В кн. Гулинская интрузия ультраосновных щелочных пород. Тр. науч.-исслед. ин-та геологии Арктики, т. 122, 1961.

*Томский государственный
университет*

*Статья поступила в редакцию
31 марта 1969 г.*