

Б. М. Куплетский

О двух щелочных амфиболах с горы Урма-варака на Кольском полуострове

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-
Математических Наук 20 февраля 1929 года)

Во время геологических работ летом 1928 г. в районе центрального водораздела Кольского полуострова, производившихся геолого-минералогическим отрядом Кольской экспедиции Академии Наук, мною были изучены выходы щелочных гранитов на высоте Урма-варака, расположенной в 56 км на ЮВ от Ловозерского погоста (по воздушной линии) в верховьях рек Морейок и Ньюмельлампейок. В северной половине горы был встречен ряд небольших (мощность 1—2 м, прослеживаются по простиранию на 30—50 м) кварцевых и пегматитовых жил с крупными выделениями темного щелочного амфибола. Жилы простираются на СВ 20—40° и являются то секущими, то пластовыми. Выделения черных с зеленоватым оттенком призм и табличек амфибола достигают нередко 7 см длины. В отдельных кусках, изолированно лежавших в земле, были найдены очень крупные кристаллические выделения этого амфибола до 14 см длиной и около 10 см в поперечнике.

Щелочный амфибол пегматитовых жил Урма-вараки при исследовании оказался совершенно аналогичным тем амфиболам, которые входят в состав самих гранитов и несколько различаются между собой по характеру плеохроизма и другим оптическим свойствам.

Собранные из двух жил образцы и послужили материалом для настоящей заметки. Исследованные щелочные амфиболы оптически близки друг к другу. В обыкновенных шлифах они почти непрозрачны и только в тонких шлифах можно изучить их плеохроизм: синеголубой по p_r и желтоватозеленый по p_g . Удлинение минерала отрицательное; благодаря сильной дисперсии погасание в шлифе не наступает и лишь в тонких краях призмочек амфибола его удастся измерить. На плоскости (010) погасание в образце № 3 — $Cn_p = 6.9^\circ$ и в образце № 4 — $Cn_p = 7.1^\circ$.

Таблица 1

	Обр. № 4 I Анал. О. А. Воробьевой (O. Vorobjeva)	Обр. № 3 II Анал. Н. Д. Палицына (N. Palicyn)	Эквивалентные количества	
			I	II
SiO ₂	47.34 ⁰ / ₀	47.63 ⁰ / ₀	.7882	.7932
TiO ₂	0.84	1.22	.0105	.0154
Al ₂ O ₃	4.52	0.45	.0442	.0044
Fe ₂ O ₃	8.88	14.73	.0556	.0931
FeO	27.10	22.34	.3771	.3140
MnO	0.72	0.44	.0101	.0062
CaO	3.15	2.80	.0562	.0505
MgO	0.41	0.25	.0102	.0062
Na ₂ O	5.39	7.34	.0869	.1195
K ₂ O	1.73	2.11	.0184	.0226
H ₂ O	1.16	1.26	—	—
	101.24 ⁰ / ₀	100.57 ⁰ / ₀	—	—
FeSiO ₃	69.08 ⁰ / ₀	65.64 ⁰ / ₀	} 82.14 ⁰ / ₀	} 81.12 ⁰ / ₀
CaSiO ₃	8.34	6.98		
Na ₂ SiO ₃	4.72	8.50		
Fe Al ₂ SiO ₆	3.74	—	} 17.86 ⁰ / ₀	} 18.86
Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂	9.94	16.01		
Na ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂	4.18	2.87		
n _g	1.700	1.704	—	—
n _p	1.695	1.692	—	—
n _g — n _p	0.005	0.012	—	—
Cn _p	7.1 ^o	6.9 ^o	—	—

Плоскость оптических осей лежит \perp (010) и в том и в другом случаях. Для показателей преломления, определенных в натровом свете иммерсионным методом, были получены близкие результаты:

образец № 3: $n_g - 1.704$, $n_m - 1.696$, $n_p - 1.692$, $n_g - n_p = 0.012$.

образец № 4: $n_g - 1.700$, $n_m - 1.6968$, $n_p - 1.6950$, $n_g - n_p = 0.005$.

Оба изученных оптически амфибола, были подвергнуты химическому анализу. Для образца № 3 анализ произведен студентом Ленинградского политехнического института Н. Д. Палицыным. Образец № 4 дважды анализировался сотрудницей Геологического музея О. А. Воробьевой, и в таблице 1 даны средние цифры из двух определений.

По высокому содержанию железа и щелочей, по количеству кремнекислоты, около 47%, и по оптическим свойствам, сразу удастся установить, что наши амфиболы относятся к группе арфведсонита или рибекита. Однако, при сравнении оптических свойств рибекитов и арфведсонитов, выясняется, что эти свойства еще слабо изучены, и характеристики этих минералов, даваемые различными авторами, часто противоречат друг другу.

Приводим ниже сводную таблицу этих данных (табл. 2), составленную по общеизвестным справочникам Rosenbusch (4), Dana (2), Winchell (6), Larsen (11), Weinschenk (12)¹ и др.

Таблица 2

	Арфведсониты Arfvedsonit	Рибекиты Riebeckit
2 V	велик	велик
Sp_p	10 — 18° или 7 — 30°	1=8°, чаще 4° — 5°
n_g	1.686 — 1.708	1.697
n_m	1.69 — 1.70	1.687 и 1.695
n_p	1.683 — 1.699	1.693
$n_g - n_p$	0.003 — 0.021	0.003 — 0.005
Плоскость оптических осей	\parallel (010) и \perp (010)	\parallel (010) или \perp (010)

¹ Числа в скобках позади фамилий обозначают ссылки на помещенный в конце статьи список цитированной литературы.

Из этой сводки видно, что среди оптических свойств обоих амфиболов имеется мало отличительных признаков: ни положение плоскости оптических осей, ни плохо изученная величина двупреломления, ни показатели преломления не дают надежного критерия для распознавания этих двух амфиболов, и единственным оптическим свойством, на которое можно более или менее опираться, является угол погасания, который у рибекитов меньше, чем у арфведсонитов. Из сопоставления имеющихся сейчас данных можно принять, что у рибекитов $C_n = 1 - 8^\circ$, у арфведсонитов $C_n = 7 - 30^\circ$ и что по оптическим свойствам, исследованные амфиболы с Урма-вараки стоят как раз на границе рибекита и арфведсонита.

При истолковании цифр химических анализов исследованных амфиболов были встречены также некоторые затруднения. Дело в том, что если сравнить между собою имеющиеся в литературе анализы рибекитов и арфведсонитов, то единственная разница между ними в химическом составе заключается лишь в более высоком содержании SiO_2 в рибекитах, где оно достигает 49.5—49.8 и даже 51.8%. Но в то же самое время известны рибекиты и с меньшим количеством SiO_2 , как напр. описанный А. Lacroix (1) рибекит с Мадагаскара, содержащий всего 48.4% SiO_2 . Содержание же других окислов примерно одинаково колеблется как у рибекитов, так и у арфведсонитов, описанных в литературе. Только Fe_2O_3 в рибекитах несколько выше, чем в арфведсонитах, достигая 14.5—14.7—16.5%, тогда как в арфведсонитах эта величина обычно не превосходит 10—12%.

Вот и все химические признаки, которые позволяют различать эти два минерала. В остальном, оба рассматриваемые члена щелочных амфиболов определяются в справочниках и руководствах как бедные глиноземом и известью и богатые железом и натрием щелочные амфиболы. При этом почти все авторы видят различие между рибекитом и арфведсонитом по их химическому составу в том, что считают арфведсонит метасиликатом, а в составе рибекита указывают еще эгириновый силикат $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$. Эта характеристика в различии между рибекитом и арфведсонитом дается и у Dana (2), и у Dörlter (3), и у Rosenbusch-Mügge (4), и у Niggli (5), и у Winchell (6). К той же концепции приходит в своих последних работах и Gossner (13). Dörlter считает, что высокое содержание Fe_2O_3 в некоторых арфведсонитах указывает на разложение этого минерала. Но мы не имеем ни одного анализа арфведсонита, где бы содержание Fe_2O_3 спускалось ниже 4%, и общая сумма полуторных окислов была бы меньше 9—10%. Поэтому, необходимо считаться с наличием и в арфведсонитах эгириновой молекулы, как это, правда предположительно, делает сам Dörlter.

Более категорично указывает на постоянное присутствие в арфведсонитах глинозема и окисного железа Murgosi (8), который противопоставляет им бедные глиноземом и богатые железом рибекиты.

Во всяком случае, в настоящее время арфведсонит почти всеми трактуется как типичный метасиликат. Однако из новых анализов д-ра W. Kunitz (7) из Halle, видно что полуторные окислы входят в состав арфведсонитов в количестве не менее 12% и игнорировать их, при укладке формулы минерала в метасиликат, совершенно невозможно. Пользуюсь случаем, чтобы поблагодарить здесь д-ра Kunitz за любезное сообщение мне данных его новых анализов еще до появления в печати его последней работы и разрешение опубликовать их в русском издании. До появления этих анализов, при работах со щелочными амфиболами группы арфведсонита, приходилось постоянно сталкиваться с отсутствием хорошего аналитического материала и пользоваться устаревшими и неудовлетворительными анализами. По отношению к рибекитам мы до сих пор, к сожалению, находимся в таком же положении, и известны лишь два современных анализа этого минерала, относящихся к 1920 и 1922 гг., опубликованных в работе A. Lascoix (1).

Чтобы выяснить взаимоотношение рибекита к арфведсониту, в таблице 3 мною даются пересчеты анализов некоторых щелочных амфиболов разбираемой группы на составляющие их молекулы. При расчетах не принималось во внимание содержание в анализе воды, и безводный анализ пересчитывался на 100%. Я исключил из рассмотрения воду по следующим соображениям: 1) большинство авторов, изучавших щелочные амфиболы, за исключением Penfield, Winchell, Kunitz и некоторых других лиц, также не принимают во внимание H_2O ; 2) самый характер воды в амфиболах неясен, и возможно, должен быть приписан их абсорбционной способности. Прямой метод определения воды поглощением в хлоркальциевых трубках не вполне точен, и результаты определения сильно зависят от условий опыта, и 3) в большинстве имеющихся анализов нет разделения воды роговых обманок на гигроскопическую и конституционную, что затрудняет использование H_2O для пересчетов. По этим соображениям вода при дальнейших сравнениях анализов во внимание не принималась.¹

Пересчитанный на 100% безводный анализ амфиболов перечислялся на молекулярные количества; полуторные окислы соединялись далее в молекулу типа $Na_2O \cdot R_2O_3 \cdot 4SiO_2$, которая сейчас признается почти всеми минералогами как составная часть амфиболов. Остаток оснований соединялся в метасиликат $RSiO_3$, причем мною выделялись отдельно три метасиликата: 1) $FeSiO_3$ с изоморфной примесью $MnSiO_3$; 2) $CaSiO_3$ с изоморфной примесью $MgSiO_3$, и 3) Na_2SiO_3 .

Если при этих условиях получалась нехватка кремнекислоты, то часть силиката $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ заменялась молекулой Чермака $RO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$,

¹ Во время печатания настоящей статьи были опубликованы новые работы о химическом составе амфиболов B. Warren (Z. Krist., 1930, 72, Н. 5—6, 493) и F. Machatschki (Z. Krist., 1929, 78, Н. 3, 219—237), где авторы вводят воду в формулу минерала.

	А р ъ в е д с о н и т ы — A r f v o				
	Archipel Loss	Sardinien	Kangerdlu- arsuk Grönland	Kaskasju- načorr Chibina Tundren	Urn Wan (Hand Halb Kol
	1	2	3	4	5
SiO ₂	49.86 %	49.10	48.76	47.58	47.5
TiO ₂	2.12	—	1.08	2.24	0.8
Al ₂ O ₃	2.78	5.50	1.41	3.06	4.6
Fe ₂ O ₃	8.24	4.20	10.70	10.23	8.8
FeO	18.23	27.70	25.52	18.12	27.1
MnO	0.86	0.50	0.43	1.39	0.7
MgO	5.92	0.17	0.30	4.36	3.1
CaO	1.83	0.18	1.02	3.52	0.4
Na ₂ O	7.88	10.50	7.12	6.88	5.3
K ₂ O	0.89	1.60	1.53	1.23	1.7
H ₂ O	2.05	—	2.07	1.67	1.1
	100.16 %	99.40	99.89	99.78	101.3
FeSiO ₃	45.71 %	66.19	69.82	47.26	69.0
CaSiO ₃	30.86	1.10	4.89	30.54	8.3
Na ₂ SiO ₃	9.90	19.15	9.71	5.40	4.7
FeAl ₂ SiO ₆	—	0.84	—	1.47	3.7
Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂	8.88	4.45	12.92	11.45	9.9
Na ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂	4.65	8.27	2.66	3.88	4.1
R''SiO ₃	86.47 %	86.44	84.42	83.20	82.1
Na ₂ R''' ₃ Si ₄ O ₁₂	13.53	13.56	15.58	16.80	17.8
n _m	1.686	—	1.697	1.692	1.700
n _p	1.683	—	1.695	1.688	1.685
n _m — n _p	0.003	—	0.002	0.004	0.005
С _п	15°	—	8°	30°	7.1

Таблица 3

o p i t		Р и б е к и т ы — R i e b e s k i t				
Urma- Waraka (Handst. 3) Halbinsel Kola	Kluft v. Hakmann Chibina- Tundren	Quincy Massachu- setts	L'Evisa Corsica	Cevadaes Portugal	Ampasibitica Madagascar	Sinai, östl. arabische Wüste
6	7	8	9	10	11	12
47.63	47.75	51.79	49.70	49.55	48.40	48.89
1.22	2.14	1.28	0.65	0.34	0.78	1.76
0.45	2.83	0.68	2.00	0.97	3.60	1.68
14.73	12.14	14.51	13.14	16.52	14.70	17.76
22.34	16.46	21.43	21.16	20.38	18.39	16.92
0.44	1.23	1.15	0.43	1.30	0.18	1.34
2.80	4.78	0.10	—	0.16	0.43	0.76
0.25	2.83	1.28	0.20	0.90	2.00	0.89
7.34	6.93	6.16	8.54	6.53	7.56	7.43
2.11	0.87	1.10	2.15	0.85	1.96	1.24
1.26	1.94	1.30	2.05	1.85	0.81	1.64
100.57	99.89	100.78	100.19	99.35	100.16	99.81
65.64	44.88	69.76	64.71	68.85	49.50	60.37
6.98	31.18	5.62	0.77	4.69	9.55	8.12
8.50	5.03	3.02	2.57	0.31	14.55	1.22
—	1.83	—	—	—	4.10	—
16.01	14.24	20.15	17.72	23.89	19.11	26.43
2.87	3.34	1.45	4.23	2.26	3.19	3.86
81.12	80.59	78.40	78.05	73.85	73.60	69.71
18.86	19.41	21.60	21.95	26.15	26.40	30.29
1.704	1.688	1.695	—	—	—	1.702
1.692	1.676	—	—	—	—	1.699
0.012	0.012	—	—	0.003	—	0.003
6.9°	12.3°	4—5°	—	0—5°	5°	7°

наличие которой в составе амфиболов допускает также акад. Вернадский (9).

Полученные результаты (табл. 3) дали вполне удовлетворительные результаты и анализы щелочных амфиболов хорошо допускают разбивку анализов на указанный молекулярный состав, причем в остатке получается обычно лишь 0.15—0.25% кремнекислоты.

Надо, впрочем, оговориться, что в некоторых случаях, как например в арфведсоните Гренландии и рибекитах Португалии и САСШ, даже при использовании молекулы $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ остается в избытке значительно большее количество кремнезема (3—4%). Это обстоятельство указывает на присутствие избытка кремнекислоты в самом минерале, причем этот избыток может находиться в виде более кислого, чем алюмосиликаты соединения, в виде H_2SiO_3 , или, может быть, в виде твердого раствора. С другой стороны избыток SiO_2 иногда зависит от недостаточной чистоты материала, послужившего для анализа, как это было установлено например в работе Palache и Warren (10) над рибекитом из Quincy, Massachusetts, или же, наконец, должен объясняться неточностью самого анализа.

Из таблицы ясно видно, что арфведсониты нельзя рассматривать как чистые метасиликаты, как это принято сейчас большинством авторов, и надо считать, что алюмосиликатная молекула играет в составе арфведсонитов значительную роль. При этом количество молекулы $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ в арфведсонитах не остается постоянным; как видно из таблицы 3, можно наметить ряд последовательных переходов от рибекитов, богатых алюмосиликатом и содержащих его в количестве 26—30%, к арфведсонитам, где содержание алюмосиликатной молекулы падает до 13—15%. При этом с повышением в минерале содержания молекулы $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ наблюдается общая тенденция к уменьшению угла погасания. Отмеченная постепенность в изменении содержания алюмосиликата в минерале позволяет наметить чисто условную границу между рибекитами и арфведсонитами, основываясь как на химическом составе, так и на оптических свойствах минералов. К рибекитам следует относить щелочные, богатые железом и натром амфиболы, в которых метасиликат RSiO_3 составляет 80% и алюмосиликат $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, в котором преобладает Fe_2O_3 , составляя не менее 20—25%, причем угол погасания C_p колеблется в пределах 1—7°; к арфведсонитам относятся роговые обманки, содержащие > 80% метасиликата RSiO_3 и от 15 до 20% молекулы $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, с погасанием C_p , равным 7—30°. При такой концепции ясно выявляется существование переходных членов от рибекита к арфведсониту, что совершенно правильно было подчеркнуто еще раньше Rosenbusch (4) и акад. Вернадским (9).

При замещении в рибекитах части закисного железа магнием мы получаем переходные к глаукофанам члены, что позволяет акад. Вер-

надскому (9), Niggli (5) и Kunitz (7) рассматривать рибекиты вместе с глаукофанами.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что произведенные сопоставления анализов ясно указывают на то, что арфведсониты не могут считаться типичными метасиликатами, и так же как у рибекитов и глаукофанов в их формулу необходимо вводить и алюмосиликаты типа $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$. И может быть было бы целесообразно рассматривать рибекиты не как самостоятельный минерал, а только как частный случай арфведсонита, богатого полуторными окислами и главным образом окисным железом.

На основании произведенного анализа молекулярного состава и оптических свойств щелочных амфиболов Урма-вараки и приведенной выше характеристики рибекитов и арфведсонитов, изученные амфиболы следует отнести к арфведсонитам, так как в них на 81.12 и 82.14% метасиликата приходится 18.86 и 17.86% алюмосиликата. Погасание на (010) $C_p = 6.9^\circ$ в первом образце (№ 3) и $C_p = 7.1^\circ$ в образце № 4, наряду со значительным количеством алюмосиликата (около 18%) придают амфиболам черты, приближающие их к описанным в литературе рибекитам.

СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Lacroix. *Minéralogie de Madagascar*, Paris, 1922, 1, 540.
2. E. S. Dana. *The System of mineralogy*, New York, 1911, 400—401.
3. Dölter's *Handbuch der Mineralchemie*, 1914, 2, H. 1, 748.
4. H. Rosenbusch — Dr. O. Mügge. *Mikroskopische Physiographie*, Stuttgart, 1927, 1, H. 2, 535—550.
5. P. Niggli. *Lehrbuch der Mineralogie*, Berlin, 1926, 2, 474.
6. N. H. and A. N. Winchell. *Elements of optical mineralogy*, New York, 1927, 2, 208, 216.
7. W. Kunitz. Über die gesteinsbildenden Alkalihornblenden. (Автореферат). *Z. Krist.*, 1927, 66, H. 3—4, 464; idem. Die Isomorphieverhältnisse in der Hornblendegruppe. *N. Jb. Min.*, 1929, Beil.-Bd. 60, Abt. A, 171—250.
8. M. G. Murgoci. *Sur la classification des amphiboles bleues et de certaines hornblendes*. *C. R.*, 1922, 175, 425, 372.
9. В. И. Вернадский. *Минералогия*, 1908, ч. 1, 380, 418—420.
10. Palache and Warren. The chemical composition and crystallisation of parisite and a new occurrence of it in the granite-pegmatites at Quincy, Mass. U. S. A. With notes on microcline, riebeckite, aegirite, ilmenite etc. *Amer. J. Sci.*, 1911, 31, 548—550.
11. E. Larsen. The mikroskopische determination of the nonopaque minerals. *Bull. U. S. Geol. Surv.*, Washington, 1921, № 679.
12. E. Weinschenk. *Die gesteinsbildenden Mineralien*, Freiburg, 1907.
13. B. Gossner. Die chemische Zusammensetzung von Alkali amphibolen. *Z. Krist.*, 1924, 60, H. 3—4, 302—310; 1925, 61, H. 5—6, 538—544; 1929, 72, H. 2, 111—143.

B. Kupletskij (B. Koupletsky). Über zwei Alkalihornblenden von Urma-Wáraka (Halbinsel Kola).

R é s u m é

In der vorliegenden Arbeit gibt Verf. (Tab. 1, S. 2) die chemischen Analysen und die optischen Eigenschaften zweier Arfvedsoniten vom Berge Urma-Wáraka im zentralen Gebiet der Kola-Halbinsel. Er vergleicht die von ihm untersuchten Amphibole mit einer Reihe in der Literatur erwähnter Alkalihornblenden und meint, dass man die Arfvedsoniten nicht als Metasilikate betrachten muss, wie es zur Zeit die meisten Autoren tun. Das Alumosilikatmolekül spielt nämlich in ihrer Zusammensetzung eine wesentliche Rolle, dabei bleibt der Gehalt an $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ in Arfvedsoniten nicht beständig der gleiche, sondern, wie man aus Tab. 3 (S. 6) ersieht, kann man eine Reihe allmählicher Übergänge bemerken von Riebeckiten, reich an Alumosilikat, dessen Gehalt bis auf 26—30% ansteigt, zu Arfvedsoniten, bei denen der Alumosilikatgehalt auf 13—15% herabsinkt. Steigt im Mineral der $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ -Gehalt, merkt man eine allgemeine Tendenz zur Abnahme des Auslöschungswinkels. Die erwähnte allmähliche Veränderung des Alumosilikatgehaltes erlaubt bedingungsweise eine Grenze zwischen Riebeckit- und Arfvedsonithornblenden aufzustellen. Demnach wäre es richtig unter Riebeckiten solche Alkalihornblenden, reich an Eisen und Natrium, zu verstehen, die 80% Metasilikat RSiO_3 enthalten und nicht weniger als 20—25% von Alumosilikat $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, mit Fe_2O_3 überwiegend; dabei variiert der Auslöschungswinkel C_n zwischen 1° und 7° . Als Arfvedsonite bezeichnet man die Hornblenden mit mehr als 80% von Metasilikat RSiO_3 und 15—20% des $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ -Moleküls, mit Auslöschungsschiefe C_n gleich 7° — 30° . Bei solch einer Annahme wird es augenscheinlich, dass einige Zwischenglieder der Riebeckit-Arfvedsonit-Reihe bestehen, was mit der Meinung von Rosenbusch und Vernadskij übereinstimmt. Wird in den Riebeckiten ein Teil des zweiwertigen Eisens durch Mg ersetzt — so haben wir ein Übergangsglied zu Glaukophan, deswegen betrachten Vernadskij, Niggli und Kunitz Riebeckit vereinigt mit diesem letzteren.

Vielleicht wäre es zweckmässiger, Riebeckit nicht als ein selbständiges Mineral zu betrachten, sondern als ein Arfvedsonit, reich an dreiwertigem Eisen.