

НОВЫЙ ЦИРКОНИЕВЫЙ МИНЕРАЛ СЕЙДОЗЕРИТ И ДРУГИЕ МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ ВЕЛЕРИТА В ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТАХ

В 1953 г. в пегматитах Ловозерского массива нефелиновых сиенитов на Кольском п-ове одним из авторов (Е. И. Семеновым) был обнаружен неизвестный игольчатый минерал. Произведенное им совместно с М. Е. Казаковой (химия) и В. И. Симоновым (кристаллография) детальное изучение

Межплоскостные расстояния, соответствующие дебаеграмме сейдозерита

(аналитик Н. Н. Слудская, время экспозиции 18 ч., Fe-излучение, D камеры 57.9 мм, *d* образца 0.6 мм)

№ п./п.	<i>l</i>	<i>d</i>
1	2	3.29
2	1	3.45
3	10	2.97
4	7	2.87
5	4	2.58
6	3	2.43
7	3	2.25
8	1	2.14
9	7	1.830
10	3	1.761
11	1	1.714
12	2	1.677
13	4	1.633
14	1	1.612
15	1	1.572
16	3	1.527
17	1	1.509
18	2	1.481
19	2	1.459
20	2	1.426
21	3	1.386
22	2	1.367
23	2	1.276
24	2	1.216
25	1	1.200

Таблица 1

показало, что этот минерал представляет собой новый силикат циркония, титана и натрия, который назван сейдозеритом, по месту первой находки в районе Сейдозера.

Сейдозерит, по внешнему виду весьма похожий на лампрофиллит, обычно образует в массе микроклина и эгирина веерообразные сростки из удлиненных кристаллов размером до 5×1 см. Иногда встречаются состоящие из отдельных волокон сферолиты сейдозерита диаметром до 1 см.

Крупные выделения сейдозерита имеют буро-красную окраску, мелкие

Таблица 2
Полярные координаты и индексы граней сейдозерита (при вертикальной оси *b*)

Внутренние обозначения	φ_2	ρ_2	<i>hkl</i>
<i>a</i>	0°00'	90°00'	100
<i>b</i>	—	0°00'	010
<i>c</i>	77°17'	90°00'	001
<i>d</i>	77°17'	21°30'	011
<i>e</i>	334°04'	90°00'	20 $\bar{3}$
<i>p</i>	15°21'	55°27'	111

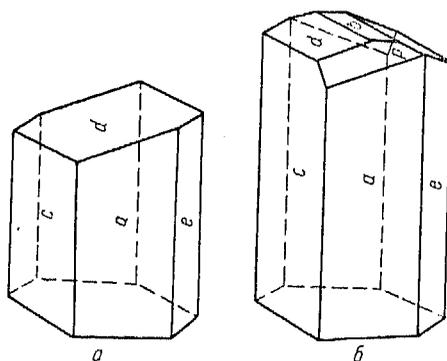
иглы в сферолитах — красновато-желтую. Полупрозрачен; просвечивает красным цветом. Блеск сильный, стеклянный. Минерал хрупкий. Спайность совершенная по (001), Твердость 4—5. Удельный вес — 3.472. Перед паяльной трубкой легко плавится. В HCl растворяется с трудом.

С монокристалла сейдозерита размером $0.1 \times 0.2 \times 0.5$ мм были получены рентгенограммы вращения и рентгенгонометрические развертки нулевых и первых слоевых линий по осям [100] и [010]. Анализ рентгенограмм показывает, что сейдозерит имеет моноклинную ячейку с параметрами: $a_0 = 5.53 \pm 0.03$, $e_0 = 7.10 \pm 0.04$, $c_0 = 18.30 \pm 0.10 \text{ \AA}$, $\beta = 102^\circ 43'$.

Систематическое погасание рефлексов $h0l$ при $l = 2n + 1$ указывает на наличие перпендикулярно оси c плоскости скользящего отражения. Таким образом, федоровская группа сейдозерита либо $C_s^2 = Pc$, либо $C_{2h}^4 = P2/c$.

Если в плоскости симметрии выбрать в качестве осей ячейки две кратчайшие трансляции, то мы придем к установке Pn либо $P2/n$ с параметрами $a_1 = 5.53$, $e_1 = 7.10$, $c_1 = 17.90 \text{ \AA}$ и $\beta_1 = 85^\circ 19'$. Новые

оси связаны со старыми соотношениями $\vec{a}_1 = \vec{a}_0$; $\vec{e}_1 = \vec{e}_0$; $\vec{c}_1 = \vec{a}_0 + \vec{c}_0$. Дебаеграмма сейдозерита приведена в табл. 1. Каких-либо аналогов среди известных минералов сейдозерит по этой дебаеграмме не находит.



Кристалл сейдозерита.

а — типичный кристалл; б — идеализированный кристалл.

Таблица 3

Результаты химического анализа сейдозерита

Компоненты	Весовые %	Атомные количества
SiO ₂	31.40	0.523
ZrO ₂	23.14	0.188
TiO ₂	13.16	0.164
Nb ₂ O ₅	0.60	0.004
Al ₂ O ₃	1.38	0.027
Fe ₂ O ₃	2.85	0.036
FeO	1.06	0.015
MnO	4.22	0.060
MgO	1.79	0.045
CaO	2.80	0.050
Na ₂ O	14.55	0.569
H ₂ O	0.60	0.067
F	3.56	0.187
Сумма	101.11	
—O=F ₂	1.49	
Сумма	99.62	

В нашем распоряжении имелось лишь небольшое число монокристаллов сейдозерита, пригодных для исследования на оптическом гониометре. Кристаллы сейдозерита вытянуты вдоль оси моноклинности c , поэтому при измерении за основу удобно взять зону [010].

Результаты измерений сведены в табл. 2. Головки кристаллов обычно обломаны или состоят из одной-двух граней. На всех рассмотренных кристаллах присутствуют и наиболее развиты пары граней c (001) и c' (00 $\bar{1}$), a (100) и a' (100). Последняя пара, как и грани e (203) и e' (20 $\bar{3}$), покрыты параллельно оси c четкой штриховкой, которая мешает точным измерениям на оптическом гониометре. Одинаковая структура пар граней позволяет считать их пинакоидами, связанными двойной осью, и, следовательно, указывает на большую вероятность для сейдозерита

голоэдрического класса C_{2h} . В пользу этого вывода свидетельствует также отрицательный результат испытания сейдозерита на пьезоэффект.

Форма кристаллов приведена на рисунке. Из измерений вычислены $a : v : c = 0.780 : 1 : 2.601$ и $\beta = 102^\circ 43'$, при рентгеновском отношении осей $a : v : c = 0.779 : 1 : 2.58$.

Сейдозерит — минерал оптически двуосный, положительный. $2V = +68^\circ$. $N_g = 1.830$, $N_m = 1.758$, $N_p = 1.725$; $N_g - N_p = 0.105$. Плоскость оптических осей параллельна совершенной спайности по c (001). $N_g = a$, $N_m : c = 13^\circ$, $N_p = b$. Сильная дисперсия оптических осей $\rho > \nu$. Интенсивный плеохроизм от темно-красного (по N_p) до красного (по N_m) и светло-желтого (по N_g). $N_p > N_m > N_g$.

Результаты химического анализа чисто отобранного крупнокристаллического сейдозерита из пегматита горы Сенгисчорр (долина р. Муруай) приведены в табл. 3. Количественным рентгеноспектральным анализом (И. Д. Шевалеевский) установлено содержание в сейдозерите 23% ZrO_2 и 0.40% HfO_2 , а спектральным анализом дополнительно к химическим данным обнаружено присутствие Pb, Sn, Cr, Be, Ga (следы линий).

По своему химическому составу, дебаеграмме и по другим данным сейдозерит, несомненно, принадлежит к минералам группы вёлерита.

Пересчет результатов химического анализа сейдозерита, считая, как это принято для минералов группы вёлерита, $Si = 2$, приводит к следующей формуле:



или



В полном виде формула сейдозерита:



Молекулярный вес сейдозерита из пегматита р. Муруай $M = 379$. При удельном весе $d = 3.472$ и объеме элементарной ячейки $V = a_0b_0c_0 \cdot \sin \beta = 701 \text{ \AA}^3$, количество молекул в элементарной ячейке $Z = \frac{Vd}{1.66M} = \frac{3.472 \cdot 701}{1.66 \cdot 379} = 3.87 \approx 4$.

Сейдозерит впервые был встречен в Ловозерском массиве в пегматите пойкилитовых нефелиновых сиенитов долины р. Муруай. Жила мощностью около 1 м сложена крупнокристаллическим пегматитом с нефелином, микроклином, эгирином I, апатитом, пироксеном, магнетитом, ильменитом, титаноловением и эвдиалитом. Сейдозерит образуется здесь в ассоциации с микроклином и эгирином на ранних стадиях пегматитового процесса. В стадию гидротермальной переработки пегматита сейдозерит иногда замещается минералом типа катаплекта.

До сих пор сейдозерит встречен лишь в четырех телах пегматитов Ловозерского массива в верховьях рек Муруай и Уэлькуай. Эталонные образцы сейдозерита переданы в Минералогический музей АН СССР в Москве.

В пегматитах Ловозерского массива, кроме сейдозерита, встречается и другой минерал группы вёлерита — титаноловение. Впервые он был обнаружен Е. И. Кутуковой (1940) в виде мельчайшей (доли миллиметра) вкрапленности в аплитовидных сиенитах долины р. Коклухтиуай.

В последнее время крупные (до 1—2 см) зерна титаноловения встречены нами в пойкилитовых гидросодалитовых сиенитах и их пегматитах в долине р. Муруай. Титаноловение ассоциирует здесь со сфеном, магнетитом, кальцитом, флюоритом, сейдозеритом и др.

Титаноловение имеет темно-коричневую окраску. Полупрозрачен. Излом неровный. Хрупок. Твердость 5—6. Удельный вес 3.41. Оптически двуосный, отрицательный. $2V = 80^\circ$. $N_g = 1.759$, $N_p = 1.713$. Интенсивный плеохроизм от коричневого (по N_g) до желтого (по N_p). $N_g > N_p$. Дебае-

грамма ловозерского титаноловенита аналогична эталонной дебаграмме ловенита из южной Норвегии (табл. 4).

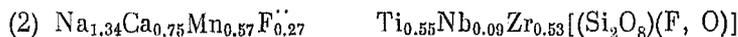
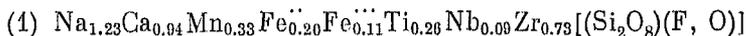
Таблица 4
Межплоскостные расстояния, соответствующие дебаграммам ловенита
(аналитик Н. Н. Слудская)

№ п./п.	Ловозеро, Муруай		Норвегия, Лангесунд-фиорд	
	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
1	4	7.12—5.98	—	—
2	5	3.97	1	3.95
3	2	3.59	1	3.57
4	1	3.32	—	—
5	7	3.21	4	3.21
6	1	3.09	—	—
7	10	2.89	7	2.91
8	9	2.82	6	2.82
9	2	2.48	—	—
10	3	2.42	—	—
11	2	2.38	2	2.34
12	1	2.29	—	—
13	3	2.20	2	2.21
14	5	2.00	3	2.01
15	5	1.792	2	1.802
16	2	1.773	1	1.778
17	3	1.745	3	1.754
18	1	1.718	2	1.729
19	2	1.692	1	1.696
20	4	1.649	3	1.655
21	3	1.579	1	1.592
22	1	1.560	—	—
23	1	1.540	1	1.543
24	2	1.523	2	1.527
25	2	1.497	1	1.509
26	1	1.396	2	1.402
27	1	1.241	—	—

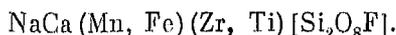
Новый химический анализ Ловозерского титаноловенита из пойкилитовых сиенитов р. Муруай приведен в табл. 5. Здесь же для сравнения приведены другие анализы ловенита и титаноловенита.

Спектральным анализом в титаноловените дополнительно установлено содержание Sn, Cr, Pb, Be (слабые линии).

Пересчеты результатов химических анализов титаноловенита приводят к следующим формулам:



или, в более общем виде,



По содержанию титана минерал (1) занимает промежуточное положение между типичным титаноловенитом (2) и обычным ловенитом, содержащим около 2% TiO_2 . Количественным рентгеноспектральным анализом в титаноловените из пегматитов долины р. Муруай установлено содержание 23.5% ZrO_2 и 0.30% HfO_2 . Этот минерал, по-видимому, содержит титана даже больше, чем титаноловенит (2).

Таблица 5

Результаты химических анализов ловенита

Компоненты	Титаноловенит, Ловозеро			3. Ловенит, южная Норвегия
	1. р. Муруай		2. р. Коклухтиуай	
	весовые %	атомные колич.	весовые %	весовые %
SiO ₂	30.94	0.516	30.92	29.63
ZrO ₂	23.20	0.188	16.72	28.79
TiO ₂	5.28	0.066	11.30	2.35
Nb ₂ O ₅	2.97	0.022	3.01	5.20
Fe ₂ O ₃	2.29	0.029	0.12	4.73
FeO	3.73	0.052	4.89	
MnO	6.00	0.084	10.34	5.59
CaO	13.61	0.243	10.92	9.70
Na ₂ O	9.74	0.314	10.70	10.77
K ₂ O	0.11	0.002	Следы	—
H ₂ O	0.96	0.107	—	—
F	2.41	0.126	1.55	2.24
Сумма	101.24	—	100.47	99.50
—O=F ₂	1.00	—	0.65	—
Сумма	100.24	—	99.82	—
Аналитики	М. Е. Казакова, 1954 г.		Т. А. Бурова, 1940 г.	П. Клеве, 1890 г.

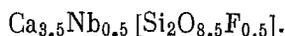
Титаноловенит является характерным минералом пойкилитовых гидросодалитовых сиенитов и их пегматитов в центральной части Ловозерского массива. Кроме рек Муруай и Коклухтиуай, он встречается в сиенитах верховьев р. Уэлькуай.

Из других минералов группы вёлерита в щелочных массивах Кольского п-ова (Хибинь) при микроскопическом изучении пород отмечены вёлерит и розенбушит (Костылева, 1936).

В заключение приводим сравнительную характеристику минералов группы вёлерита: в табл. 6 — их физических свойств, в табл. 7 — дебаграмм и в табл. 8 — химических составов. Образцы для рентгенометрического изучения минералов из пегматитов южной Норвегии получены, благодаря любезному содействию Г. П. Барсанова, из Минералогического музея АН СССР.

Дебаграммы минералов группы вёлерита при всем их различии обнаруживают черты сходства, являющиеся групповыми признаками. Так, характерно наличие на дебаграммах двух близко расположенных наиболее интенсивных линий: 2.89—3.05 Å и 2.82—2.96 Å.

Обращает на себя внимание сходство дебаграмм вёлерита и гиортдалита, причем все межплоскостные расстояния у гиортдалита несколько больше, чем у вёлерита. Возможно, что эти минералы являются изоструктурными. По своей дебаграмме близок к минералам группы вёлерита и ниокалит, недавно описанный Е. Никкелом (Nickel, 1956) из карбонатитов Канады (Ока). Для этого минерала наиболее вероятна формула



В минералах группы вёлерита широко проявлены изоморфные замещения. Изовалентный изоморфизм приводит к замещению циркония г аф-

Таблица 6

Физические свойства минералов группы вёлерита
(в основном, по данным справочников)

Свойства	Сейдозерит, Ловозеро	Ловенит, Норвегия	Ровенбушит, Норвегия	Гюртдалит, Норвегия	Вёлерит, Норвегия	Нионалит, Канада
Сингония	Монокл.	Монокл.	Трикл.	Трикл.	Монокл.	Монокл.
a_0 (Å)	5.53	10.93	10.12	10.91	10.80	10.83
b_0 (Å)	7.10	9.99	11.39	10.29	10.26	10.42
c_0 (Å)	18.30	7.18	7.27	7.32	7.26	7.38
α	—	—	91°21'	90°29'	—	—
β	102°43'	110°18'	99°38'	108°50'	108°57'	109°40'
γ	—	—	111°54'	90°08'	—	—
Удельный вес (г/см ³)	3.47	3.42	3.31	3.27	3.42	3.32
2V	+68	-80	+78	(+)90	-71	-56
Плеохроизм	$N_p > N_g$	$N_g > N_p$	$N_g > N_p$	$N_g > N_p$	$N_g > N_p$	—
N_g	1.830	1.760	1.705	1.665	1.726	1.730
N_p	1.725	1.713	1.678	1.652	1.700	1.700
$N_g - N_p$	0.105	0.047	0.027	0.013	0.026	0.030

Таблица 7

Межплоскостные расстояния, соответствующие дебаеграммам минералов группы вёлерита

Сейдозерит, Ловозеро		Ловенит, Ловозеро		Вёлерит, Норвегия		Гюртдалит, Норвегия		Нионалит, Канада (по Е. Никелу)		Ровенбушит, Норвегия	
I	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I	d
2	3.29	4	7.12	2	3.55	6	3.28	3	7.31	2	3.36
			5.98								
1	3.15	5	3.97	7	3.22	4	3.17	1	6.97	3	3.26
10	2.97	2	3.59	3	3.11	9	2.97	2	5.77	9	3.05
7	2.87	1	3.32	8	2.97	10	2.87	1	5.015	10	2.96
4	2.58	7	3.21	10	2.83	3	2.49	1	4.677	6	2.63
3	2.43	1	3.09	4	2.48	4	2.43	1	4.595	7	2.48
3	2.25	10	2.89	4	2.42	1	2.25	1	4.535	2	2.32
1	2.14	9	2.82	3	2.21	7	2.03	2	4.174	4	2.18
7	1.830	2	2.48	8	2.00	2	1.907	1	3.473	1	2.09
3	1.761	3	2.42	1	1.940	1	1.883	1	3.395	2	1.991
1	1.714	2	2.38	5	1.827	4	1.845	5	3.240	7	1.902
2	1.677	1	2.29	4	1.783	4	1.805	1	3.117	4	1.825
4	1.633	3	2.20	3	1.757	1	1.870	10	3.012	1	1.783
1	1.612	5	2.00	8	1.690	8	1.712	6	2.891	5	1.684
1	1.572	5	1.792	4	1.590	3	1.601	6	2.852	5	1.574
3	1.527	2	1.773	8	1.537	8	1.547	1	2.613	3	1.542
1	1.509	3	1.745	5	1.451	1	1.464	3	2.557	1	1.423
2	1.481	1	1.718	5	1.410	3	1.425	1	2.528		
2	1.459	2	1.692	3	1.357	1	1.372	1	2.493		
2	1.426	4	1.649	1	1.312	2	1.284	1	2.460		
3	1.386	3	1.579	1	1.237	1	1.252	3	2.433		
1	1.367	1	1.560	3	1.240	1	1.215	2	2.292		
2	1.276	1	1.540	2	1.201	1	1.192	2	2.268		
2	1.216	2	1.523	2	1.177	3	1.144	2	2.130		
1	1.200	2	1.497	1	1.150			3	2.031		
		1	1.396					2	2.006		
		1	1.241					1	1.949		
								2	1.901		
								4	1.844		

Результаты химического анализа минералов группы вёлерита
(в весовых %)

Компоненты	Сейдозерит, Ловозеро	Ловенит, Ловозеро	Розенбушит, Норвегия	Вёлерит, Норвегия	Гиортдалит, Норвегия	Нионалит, Канада
SiO ₂	31.40	30.94	31.36	30.12	31.60	29.70
ZrO ₂	23.14	23.20	20.10	16.11	21.48	—
TiO ₂	13.16	5.28	6.85	0.42	1.50	0.22
Nb ₂ O ₅	0.60	2.97	—	12.85	—	16.56
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	0.60
Al ₂ O ₃	1.38	—	—	—	—	1.31
TiH ₂ O ₃	—	—	0.33	0.66	0.34	—
Fe ₂ O ₃	2.85	2.29	1.00	0.48	—	0.54
FeO	1.06	3.73	—	1.26	0.94	—
MnO	4.22	6.00	1.39	1.00	0.96	1.28
MgO	1.79	—	—	0.12	0.10	0.28
CaO	2.80	13.61	24.87	26.95	32.53	47.50
Na ₂ O	14.55	9.74	9.93	7.50	6.53	0.78
K ₂ O	0.00	0.11	—	—	—	0.02
H ₂ O	0.60	0.96	—	0.74	0.58	0.16
F	3.56	2.41	5.83	2.98	5.83	1.70
Сумма	101.11	101.24	101.66	101.19	102.39	100.65
—O=F ₂	1.49	1.50	2.45	1.24	2.43	0.71
Сумма	99.62	100.24	99.21	99.95	99.96	99.94
Аналитики	М. Е. Казакова, 1954 г. 1956 г.		П. Клеве, 1890 г.	П. Клеве, 1890 г.	П. Клеве, 1890 г.	Е. Никкел, 1957 г.

нием и титаном и, вероятно, кальция марганцем. Содержание гафния в минералах из Норвегии и Ловозера составляет около 0.3—0.4%. Для минералов из ловозерских пегматитов характерно высокое содержание титана. Таковы сейдозерит (13.16% TiO₂), титаноловенит (11.30% TiO₂), в которых титан замещает до половины атомов циркония. При этом свойства минералов несколько изменяются. Так, увеличиваются показатели преломления: титаноловенит имеет $N_g=1.759$, $N_p=1.713$, а обычный ловенит из Норвегии $N_g=1.736$, $N_p=1.699$. Характерно, что сейдозерит, наиболее обогащенный титаном, имеет и наиболее высокие показатели преломления: $N_g=1.830$, $N_p=1.725$. Это обусловлено значительно большей удельной рефракцией титана по сравнению с цирконием.

В ловените велико содержание марганца (до 10.34% MnO), который, вероятно, замещает здесь кальций. Высоким содержанием марганца (в сочетании с титаном) может быть обусловлена коричнево-красная окраска ловенита (и сейдозерита) и интенсивный плеохроизм этих минералов.

Весьма сложны в минералах группы вёлерита гетеровалентные изоморфные замещения. Поскольку структура минералов еще не расшифрована, многое остается еще неясным. Так, не ясна роль марганца и железа, которые могут замещать или кальций, или цирконий. Возможно, что и кальций и цирконий находятся в одной координации. В таком случае может сгладиться различие между сейдозеритом с общим типом формулы A₂B₂Si₂O₈F и другими минералами группы вёлерита, имеющими формулу A₃BSi₂O₈(F, O), а также нионалитом A_{3.5}B_{0.5}Si₂O₈(F, O).

Приведем формулы всех минералов описываемой группы:
розенбушит — NaCa₂Zr[Si₂O₈F],

гиортдалит — $\text{NaCa}_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_8\text{F}]$,
 вёлерит — $\text{NaCa}_2(\text{Zr}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})[\text{Si}_2\text{O}_{8.5}\text{F}_{0.5}]$,
 ниокалит $\text{Ca}_{3.5}\text{Nb}_{0.5}[\text{Si}_2\text{O}_{8.5}\text{F}_{0.5}]$,
 ловенит — $\text{NaCaMnZr}[\text{Si}_2\text{O}_8\text{F}]$,
 сейдозерит — $\text{Na}_2(\text{Zr}_{0.75}\text{Ti}_{0.75}\text{Mn}_{0.50})[\text{Si}_2\text{O}_8\text{F}]$.

Розенбушит и гиортдалит по своему составу существенно не различаются и являются, возможно, двумя полиморфными модификациями.

Намечается гетеровалентный изоморфный ряд гиортдалит—вёлерит, в котором происходит замещение по схеме $\text{Zr}^{4+}\text{F}^{1-} = \text{Nb}^{5+}\text{O}^{2-}$. В сейдозерите вероятно замещение циркония марганцем и железом с компенсацией в группе кислорода и фтора: $\text{Zr}^{4+}\text{O}_2^{2-} = \text{MnF}_2^{1-}$, а также замещение по схеме $\text{Na}_2\text{Zr} = \text{Ca}_2\text{Mn}$.

Минералы группы вёлерита — характерные циркониевые минералы щелочных пород и пегматитов. По сравнению с эвдиалитом, они обычно образуются в среде, более богатой основаниями (кальцием, натрием) и бедной кремнеземом и кислородом. Последнее находит отражение в обогащении этих пегматитов и пород минералами закисного железа: магнетитом, улыбёшпинелью, ильменитом и др.

Описываемые минералы группы вёлерита встречены в Ловозерском массиве лишь в одном районе, в районе Сейдозера, где широко распространены особые гидросодалитовые пойкилитовые сиениты со сфеном, апатитом, лепидомеланом, титаноловеноитом и др. Этот район Ловозерского массива (особенно верховья рек Муруай и Уэлькуай) весьма напоминает по своей минерализации известные месторождения южной Норвегии (Лангезунд-фиорд), в связи с чем в этом районе вероятно открытие и ряда других характерных норвежских минералов, не известных пока на Кольском полуострове.

Литература

- Костылева Е. Е. (1936). Цирконосиликаты. Изд. АН СССР, сер. А, вып. 6.
 Кутукова Е. И. (1940). Титано-ловенит Ловозерских тундр. Тр. ИГН АН СССР, в. 31.
 Brögger W. (1890). Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der Südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Zeitschr. Kryst., v. 16.
 Gossner B., O. Kraus. (1934). Beitrag zur Kenntnis der Wöhlerit- und Mosandritgruppe. Zbl. Min., Abt. A, № 3.
 Kern R., A. Rimsky et J. Monier. (1957). Contribution a l'etude de la niocalite. Comp. Rend., t. 245, № 23.
 Nickel E. H. (1956). Niocalite, a new calcium niobium silicate mineral. Amer. Miner., v. 41, № 9—10.
 Rowland J., E. Nickel a. J. Maxwell. (1957). The crystallography of niocalite. Canad. Mining a. Met. Soc. (Trans.).