

В. П. Рогова, Г. А. Сидоренко

О НАХОДКЕ ВАДЕИТА В ИНТРУЗИВНЫХ ПСЕВДОЛЕЙЦИТОВЫХ ПОРОДАХ МУРУНСКОГО МАССИВА

Вадеит ($K_2ZrSi_3O_9$) является одним из редчайших минералов группы цирконосиликатов. Известны две находки вадеита: первая — в лейцитосодержащих породах района Кимберлей Западной Австралии (Prider, 1939), вторая — в нефелин-полевошпатовых жилах Хибинского щелочного массива (Тихоненков и др., 1960).

В псевдолейцитовых породах Мурунского массива акцессорный вадеит обнаружен одним из авторов в 1960 г.

**УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ ВАДЕИТА
В МУРУНСКОМ МАССИВЕ**

Мурунский массив щелочных пород находится в районе сочленения архейских кристаллических образований Чарской глыбы (северо-западная окраина Алданского щита) с кембро-синийскими карбонатными отложениями Сибирской платформы.

Породы Мурунского массива принадлежат к мезозойскому магматическому комплексу Алданского щита и во многом аналогичны породам интрузий Центрально-Алданского района.

Становление Мурунского массива происходило в несколько фаз. К наиболее ранним фазам относятся интрузивные псевдолейцитовые породы, эгириновые сиениты и нефелиновые сиениты.

Следующая фаза представлена эффузивными аналогами этих пород: псевдолейцитовыми порфирами, трахитами, фонолитами и их туфами, туфолавами и туфобрекчиями. Завершается магматический этап дайковым комплексом кварцевых сиенитов и щелочных гранитов.

Псевдолейцитовые интрузивные породы распространены главным образом в северо-восточной части Мурунского массива, в пределах гольцовой гряды Малый Мурун. Среди псевдолейцитовых пород по количеству и составу цветных минералов выделяются две основные группы — лейкократовая и меланократовая. Крайний лейкократовый член ряда по составу близок к италиту — меланоиталит, крайний меланократовый — к псевдолейцитовому шонкиниту. Промежуточными породами являются бороланиты и фергуситы. Жильные аналоги представлены псевдолейцитовыми тингуаитами и пегматоидными псевдолейцитовыми породами.

В группе лейкократовых псевдолейцитовых пород по размеру ооидов псевдолейцита выделены следующие разновидности: мелкозернистые

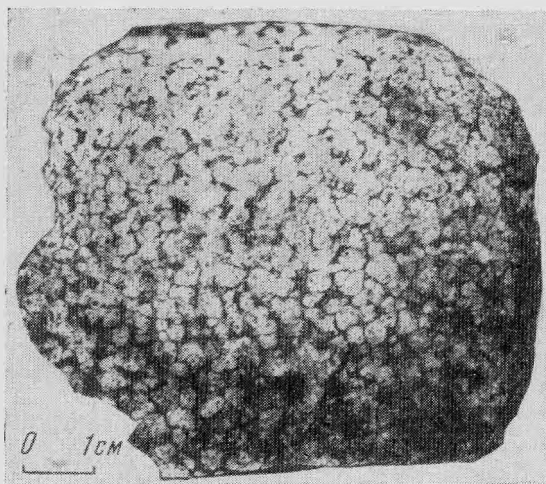


Рис. 1. Среднезернистая лейкократовая псевдолейцитовая интрузивная порода. Светлые пятна — овоиды псевдолейцита, темное — лепидомелан, биотит, эгирин

(1—2 мм), среднезернистые (3—5 мм), крупнозернистые (5—10 мм) и пегматоидные (15—30 мм).

Мелко- и среднезернистые псевдолейцитовые породы слагают небольшие (сотни метров) изолированные штокообразные тела. Крупнозернистые и пегматоидные образуют сложные жилообразные тела с многочисленными ответвлениями во вмещающие породы.

Состав псевдолейцитовых пород: псевдолейцит 78—85%, эгирин и эгирин-авгит 0,9—8%, меланит 3,5—19%, лепидомелан 3—17% и единичные кристаллы апатита, сфена, вадеита, галенита.

Псевдолейцитовые породы характеризуются резко повышенным содержанием K_2O (11—15%) над Na_2O (0,2—1,2%).

Псевдолейцит образует округлые или хорошо оgranенные полигональные кристаллы, состоящие из анортклаза в графическом сростании с нефелином. Количество нефелина в псевдолейцитах колеблется в широких пределах — от 0,9 до 6—8%. Нефелин большей частью замещен мелкочешуйчатым агрегатом либнерита, цеолита, карбоната с примесью канкринита. Контурь кристаллов подчеркиваются темноцветными компонентами, которые непосредственно в псевдолейците отсутствуют.

Вадеит обнаружен в лейкократовых интрузивных и жильных породах и в нефелиновых сиенитах (рис. 1). Обычно он встречается в виде редкой равномерной вкрапленности. Обильные скопления вадеита образуются совместно с меланитом в узкой, до 2 см реакционной кайме на контакте среднезернистых псевдолейцитовых пород с пегматитами (рис. 2).

Вадеит образует идиоморфные призматические кристаллы размером до 2—3 мм, располагающиеся в промежутках между овоидами псевдолейцита. Выделение вадеита происходит вслед за образованием псевдолейцита, но до кристаллизации цветных компонентов — эгирина, лепидомелана, меланита, лампрофиллита (в пегматитах), которые корродируют, пересекают его (рис. 3).

Часто видны только реликты кристаллов вадеита, сохранившиеся от замещения его цветными компонентами.

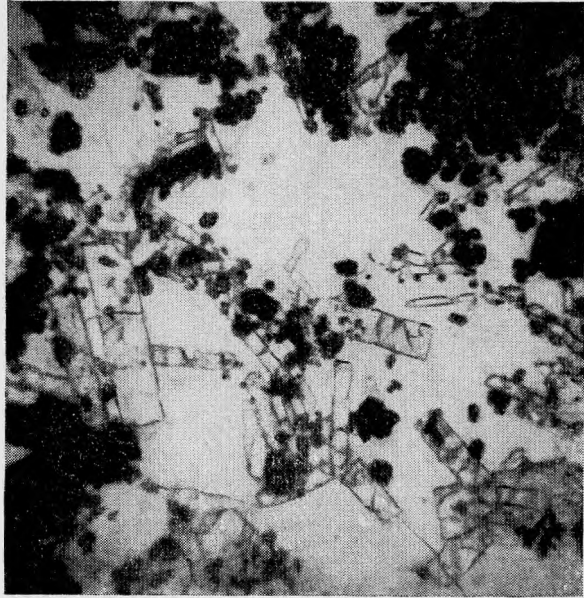


Рис. 2. Скопления призматических кристаллов вадеита и зерен меланита (черное) на контакте среднезернистых псевдолейцитовых пород с пегматитом. Увел. 9. Ник. ||

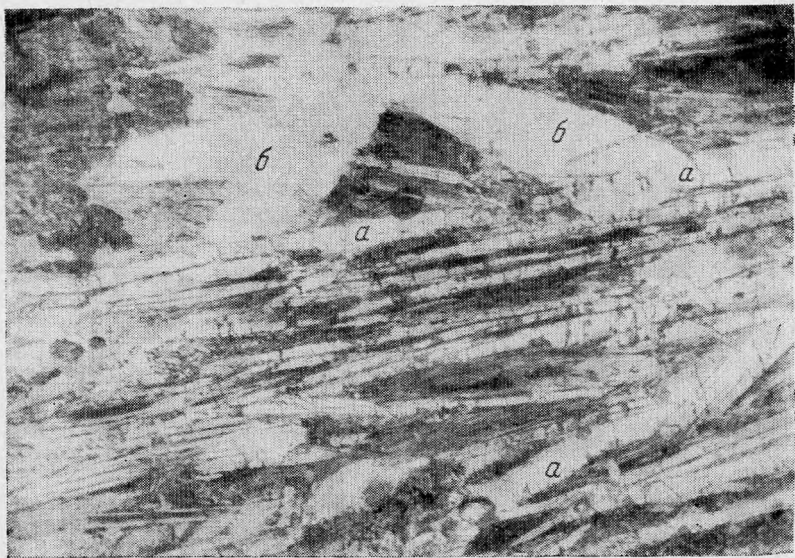


Рис. 3. Призматические кристаллы лампрофиллита (а) пересекают вадеит (б). Увел. 9. Ник. ||

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВАДЕИТА

Макроскопически вадеит бесцветный, прозрачный, имеет алмазовидный блеск, раковистый излом. Микротвердость 553—612 $\kappa\Gamma/\text{мм}^2$ или в переводе на класс твердости по Хрущеву 5,7—5,9. Удельный вес 3,11 (среднее из трех замеров из навесок по 5 мг; определено гидростатическим взвешиванием в спирте табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Физические и оптические свойства вадеитов

Свойства	Месторождение		
	Кимберлей	Хибины	Мурун
Морфология	Короткие призмы, гексагональные сечения		
Сингония	Гексагональная		
Цвет	Бесцветный	Бесцветный, светло-розовый	Бесцветный
Оптические данные	Одноосный положительный, Ne=1,655, No=1,625, Ne—No=0,30, удлинение (+)	Одноосный, положительный, Ne=1,653, No=1,624, Ne—No=0,029, удлинение (—)	Одноосный, положительный, Ne=1,673—1,674, No=1,624, Ne—No=0,050, удлинение (+)
Уд. вес	3,10	3,13	3,11
Твердость, $\kappa\Gamma/\text{мм}^2$, или по Хрущеву	—	764—824, или 6,4—6,6	553—612, или 5,7—5,9
Параметры элементарной ячейки, Å	a=6,89 c=10,17	a=6,94 c=10,17	a=6,942 c=10,175

Под микроскопом минерал бесцветный, прозрачный, оптически одноосный, положительный. Удлинение положительное. Спайность отсутствует. Показатели преломления: No = 1,624, Ne = 1,673—1,674 замерены методом вращающейся иглы (замеры В. П. Роговой) и фокальным диафрагмированием (замеры Т. А. Хрулевой) с проверкой крайних жидкостей на рефрактометре; Ne — No = 0,050.

Таким образом, алданский вадеит по оптическим свойствам в основном сходен с австралийским и хибинским вадеитом, отличаясь от них более высоким показателем преломления по оси Ne и, соответственно, более высоким двупреломлением.

Знак удлинения вадеита совпадает с австралийским, но отличается от хибинского.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВАДЕИТА

Рентгенографическое изучение вадеита проведено порошковым методом в камере РКУ-114 (табл. 2). Образец дает очень четкую и богатую отражениями дебаеграмму, рассчитанные по ней значения межплоскостных расстояний совпадают с опубликованными ранее данными (Тихоненков и др., 1960), превышая этот набор параметров количественно.

Учитывая ранее определенную на монокристаллах гексагональную сингонию минерала, предпринято индцирование его дебаеграммы по кривым Хелла. За исключением трех очень слабых отражений весь набор до значений d/n равных 1,300 Å проиндцирован. Получить надежные hkl для отражений с меньшими d/n по кривым Хелла не представляется возможным.

Порошкограммы вадента
 (CuK_{αβ} излучение)

hkil	Мурун			Хибины		hkil	Мурун		Хибины	
	I	d/n	d/n _{расчет.}	I	d/n		I	d/n _{изм.}	I	d/n
0110 β	2	(6,70)	6,680	—	—	0008	5	1,273	2	1,269
0110	6	6,016	6,021	<1	6,00	4	1,250	1	1,247	
0002	3	5,148	5,089	<1	5,20	1	(1,230)	<1	1,221	
?	1	4,738	—	—	—	2	1,211	1	1,212	
0112 β	3	(4,304)	4,304	1	4,25	4	1,192	2	1,190	
0112	8	3,860	3,887	2	3,88	—	—	<1	1,178	
1121 β	1	(3,627)	3,637	1	3,65	4	1,167	2	1,165	
1120	5	3,461	3,471	1	3,47	1	(1,144)	—	—	
1121	4	3,285	3,285	1	3,30	5	1,128	—	—	
1122 β	4	(3,181)	3,178	—	—	5	1,114	—	—	
0220 (?)	1	3,074	3,006	—	—	1	1,098	—	—	
0113	5	2,964	2,958	3	2,96	1	1,088	—	—	
1122	10	2,871	2,867	10	2,87	5	1,071	—	—	
?	1	2,750	—	—	—	1	1,060	—	—	
0222	2	2,588	2,589	—	—	1	(1,044)	—	—	
0004	1	2,538	2,544	—	—	4	1,036	—	—	
1221 β	1	(2,432)	2,457	—	—	0-0-0.10	4	1,014	—	
0114	2	2,346	2,343	—	—	3	0,9960	—	—	
1220	6	2,272	2,272	—	—	3	0,9834	—	—	
1221	5	2,213	2,218	2	2,21	1	0,9747	—	—	
0224 β	1	(2,148)	2,151	—	—	1	0,9637	—	—	
						6	0,9460	—	—	
0332 β	5	(2,055)	2,066	<1	2,07	1	0,9396	—	—	
0330	5	2,007	2,006	1	2,00	1	0,9300	—	—	
0224	5	1,942	1,942	2	1,940	1	0,9208	—	—	
0332	7	1,863	1,865	3	1,865	2ш	0,9126	—	—	
0116 β	1	(1,821)	1,810	—	—	3ш	0,9007	—	—	
1342 β	2	(1,762)	1,757	—	—	1	(0,8869)	—	—	
2240	2	1,734	1,735	1	1,734	1	0,8717	—	—	
0006	8	1,695	1,696	5	1,695	2	0,8552	—	—	
1340	1	1,667	1,668	1	1,667	1	0,8524	—	—	
0116	7	1,639	1,633	2	1,641	1	0,8492	—	—	
1342	4	1,585	1,585	1	1,583	1	0,8458	—	—	
2243	1	1,544	1,545	<1	1,536	1	0,8371	—	—	
1126	3	1,519	1,524	<1	1,529	2	0,8236	—	—	
0440	3	1,499	1,503	1	1,499	1	0,8204	—	—	
0226	4	1,481	1,475	<1	1,480	1	0,8190	—	—	
0335	4	1,434	1,428	1	1,437	1	1,8138	—	—	
0008 β	1	(1,415)	—	1	1,433	1	0,8090	—	—	
				<1	1,419			—	—	
β	1	(1,394)	—	—	—	4	0,8066	—	—	
1236	2	1,360	1,359	1	1,361	1	0,8048	—	—	
	2	1,347	—	<1	1,344	1	0,8007	—	—	
	2	1,332	—	1	1,331	5	0,7966	—	—	
1450	6	1,311	1,312	2	1,310	2	0,7912	—	—	
	1	(1,289)	—	1	1,291	2	0,7891	—	—	
β	2	1,279	—	2	1,276	3	0,7860	—	—	
a, Å		6,942			6,94					
c, Å		10,175			10,17					
c/a		1,469			1,47					

По проиндцированным рефлексам определены размеры элементарной ячейки исследуемого образца, которые оказались равными: $a = 6,942 \pm 0,015 \text{ \AA}$; $c = 10,175 \pm 0,03 \text{ \AA}$, $c/a = 1,469$. Эти значения соответствуют ранее определенным величинам на монокристаллах для хибинского вадейта. Достоверность индцирования проверена определением расчетных значений межплоскостных расстояний (см. табл. 2). Слабые неиндцирующиеся отражения могут быть обусловлены незначительной примесью второй кристаллической фазы. Они появляются лишь при съемке в камерах большого

Т а б л и ц а 3

Химические анализы вадейта

Компоненты	Вадейт		
	Австралия, Кимберлей (Prider, 1939)	Хибины, СССР (Тихоненков и др., 1960)	Алдан, СССР (Мурун)
SiO ₂	39,43	42,80	45,30
P ₂ O ₅	3,15	2,45	—
Al ₂ O ₃	5,98	1,92	4,03
Fe ₂ O ₃	Следы	0,25	—
TiO ₂	1,63	0,24	1,37
MgO	0,28	—	1,44
ZrO ₂	21,29	26,66	21,50
HfO ₂	—	—	0,73
CaO	5,22	3,10	3,08
SrO	0,16	—	—
Na ₂ O	2,82	1,50	0,14
K ₂ O	18,40	20,12	22,00
BaO	1,20	—	—
H ₂ O ⁺	1,30	0,93	Не обн.
Сумма	100,86	99,97	99,59

Т а б л и ц а 4

Пересчет химического анализа мурунского вадейта

Компоненты	Атомные кол-ва катионов	Группировка	Атомные кол-ва кислорода	Соотношения изоморфных групп	Коэффициент катионов
SiO ₂	7542	8032	15 084	23 387:15 906=1,47=9:6	2,89
Al ₂ O ₃	490		690	23 387:8034=2,91=9:3	0,19
ZrO ₂	1744		3 488	23 387:2605=8,97=9:1	0,67
HfO ₂	34	68	0,01		
TiO ₂	171	2605	342	23 387:5269=4,43=9:2	0,07
MgO	356		356		0,13
Al ₂ O ₃	300	5269	450	8 032:2605=3,08:1	0,12
K ₂ O	4676		2 338	5 269:2605=2,02:1	1,80
CaO	549		549		0,21
Na ₂ O	44		22		0,02
	15906		23 387		

диаметра на Си-излучении при достаточном времени съемки. При отсутствии примеси остается предположить более низкую симметрию вадеита, чем гексагональная.

Проведенное индицирование отражений позволит в дальнейшем определять параметры вадеита по его дебаграммам.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВАДЕИТА

Химический анализ описываемого минерала выполнен химиком-аналитиком К. П. Глебовой из навески 1 г (табл. 3, 4).



Рис. 4. Кривая нагревания вадеита. Обр. В-1

Содержание ZrO_2 и HfO_2 определено из той же навески количественным спектральным анализом в ВИМС. Формула вадеита: $(K_{1,8}Ca_{0,21}Na_{0,02})_{2,03} \times (Zr_{0,67}Mg_{0,13}Al_{0,12}Ti_{0,07}Hf_{0,01})_{1,0} (Si_{2,89}Al_{0,19})_{3,08} O_9$.

Спектральным анализом в мурунском вадеите обнаружено: десятые доли процента олова, тысячные доли процента марганца, ванадия, меди, свинца. Характерно, что гафний отсутствует в кимберлейском и хибинском вадеите. Отношение $ZrO_2:HfO_2$ в мурунском вадеите составляет $\sim 30:1$.

В термической лаборатории ВИМС получена кривая нагревания образца (рис. 4), которая обнаруживает устойчивость минерала вплоть до 1200° . Дебаграммы прокаленного при этой температуре вадеита идентичны с дебаграммой исходного материала.

ЛИТЕРАТУРА

- Тихоненков И. П., Кухарчик М. В., Пятепко Ю. А. О вадеите из Хибинского массива и условиях его образования.— Докл. АН СССР, 1960, 134, № 4.
- Frider R. T. Some minerals from the leucite-rich rocks of the West Kimberley area, Western Australia.— Mineral Mag., 1939, 25, № 166.