

А. А. СИТНИН и Т. Н. ЛЕОНОВА

**ЛОПАРИТ — НОВЫЙ АКЦЕССОРНЫЙ МИНЕРАЛ
АЛЬБИТИЗИРОВАННЫХ И ГРЕЙЗЕНИЗИРОВАННЫХ ГРАНИТОВ**

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 19 IV 1961)

До настоящего времени лопарит $(Ca, TR, Na)_2(Ti, Nb)_2O_6$ был известен только как редкий минерал щелочных пород — нефелиновых сиенитов и связанных с ними щелочных пегматитов.

При детальном изучении танталоносных альбитизированных и грейзенизированных гранитов одного из массивов Восточной Сибири в 1960 г. нами были обнаружены мелкие черные кубические кристаллы, образующие двойники, похожие на кристаллы лопарита. Учитывая совершенно необычную для минералов группы перовскита парагенетическую обстановку, мы провели детальное изучение встреченного минерала, которое подтвердило его принадлежность к лопариту.

Лопарит в альбитизированных и грейзенизированных гранитах встречается в виде мелких (десятые доли миллиметра), хорошо образованных кристаллов кубической сингонии, часто образующих двойники прорастания по флюоритовому закону. Цвет кристаллов черный; в мелких сколах минерал просвечивает красным цветом. Черта бурая. Блеск металлический. Излом раковистый. Спайность отсутствует. В шлифах черный, с кроваво-красными рефлексамии, изотропный. Показатель преломления 2,33. В полированном шлифе изотропный. Твердость минерала, определенная на микротвердометре С. И. Лебедевой, составляет 648 кг/мм², что соответствует 5,5 по шкале Мооса. Удельный вес, определенный микрометодом, равен 4,86.

Рентгеноструктурное изучение непрокаленного образца лопарита, проведенное в рентгеноструктурной лаборатории (аналитик Н. Г. Шумяцкая), подтвердило принадлежность минерала к группе перовскита. Подавляющее большинство линий на рентгенограмме порошка (табл. 1) индицируется на основе кубической решетки с параметром $a_0 = 3,89 \text{ \AA}$, близким к параметру лопарита из нефелиновых сиенитов ($a_0 = 3,88 \text{ \AA}$). Однако присутствие нескольких слабых «лишних» отражений позволяет сделать предположение о более низкой истинной симметрии минерала, т. е. о его псевдокубической симметрии, что является характерным для многих представителей группы перовскита. Сравнение межплоскостных расстояний показывает близость лопарита из альбитизированных и грейзенизированных гранитов с лопаритом из щелочных пород, однако он наследует часть линий, характерных для перовскита и отсутствующих у лопарита щелочных пород. Хорошее сходство межплоскостных расстояний наблюдается у лопарита с синтетическим продуктом $Na(Nb, Ta)O_3$, полученным В. П. Пашутиным в кабинете экспериментальной геохимии, при проведении экспериментов с соединениями ниобия и тантала в надкритических растворах. Анализ минерала был проведен микрометодом в химико-аналитической лаборатории, из навески весом 0,1 г. Из отдельной навески (6 мг) после разложения сплавлением с пиросульфатом калия определяли титан колориметрически в виде пероксидного комплексного соединения; железо и марганец определялись объемным

Таблица 1

Межплоскостные расстояния лопарита из альбитизированных и грейзенизированных гранитов (условия съемки: λ Cu — Ni-излучение, камера РКЛ, $2R=57,3$, $2r=0,6$ мм)

№ № п. п.	Лопарит из гранитов			Лопарит из нефелиновых снейитов			Перовскит		
	<i>l</i>	<i>d</i> , Å	(<i>hkl</i>) ^{куб}	<i>l</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>
1	1	3,81	—	—	—	—	3	3,81	010
2	2	3,01	—	—	—	—	—	—	—
3	10	2,81	110	10	2,749	110	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	10	2,69	110; 101
5	<1	2,62	—	—	—	—	1	2,57	—
6	—	—	—	—	—	—	1	2,42	—
7	1,5	2,26	111	2	2,244	111	3	2,29	—
8	—	—	—	—	—	—	3	2,20	111
9	—	—	—	—	—	—	1	2,11	111
10	—	—	—	—	—	—	1	2,03	200
11	4,5	1,96	200	9	1,936	—	8	1,903	020
12	—	—	—	—	—	200	2	1,846	002
13	<1	1,75	—	—	—	—	3	1,704	210
14	—	—	—	—	—	—	2	1,665	—
15	4	1,59	211	10	1,583	—	8	1,552	211
16	<1	1,481	—	—	—	211	—	—	—
17	2	1,377	220	9	1,373	—	6	1,345	—
18	3	1,231	310	10	1,226	220	5	1,203	—
19	—	—	—	1	1,144	310	2	1,136	—
20	1	1,125	220	4	1,120	311	4	1,100	—
21	2	1,039	321	—	—	222	7	1,017	—
22	<1	0,967	400	—	—	—	—	—	—
23	2	0,913	411	—	—	—	—	—	—
24	1,5	0,866	420	—	—	—	6	0,897	—
25	1,5	0,825	332	—	—	—	—	—	—
26	1	0,791	422	—	—	—	—	—	—
		$a_0 = 3,89 \pm 0,01$ Å			$a_0 = 3,88$ Å			$a_0 = 7,645$ Å	

Таблица 2

Результаты химического анализа лопарита из альбитизированных и грейзенизированных гранитов

Компонент	Содерж., вес. %	Атомные количества		Число катионов *
		катионов	кислорода	
TiO ₂	43,55	545	1090	1,80
SiO ₂	0,36**	—	—	—
FeO	1,12	15	15	0,05
MnO	2,78	39	39	0,13
CaO	7,63	136	136	0,45
SnO ₂	0,86	6	6	0,02
Na ₂ O	8,73	280	140	0,93
Nb ₂ O ₅	5,80	44	110	0,15
Ta ₂ O ₅	1,95	9	22	0,03
TR ₂ O ₃	27,45	160***	240	0,53
Сумма	100,23		1804	

$$* \text{ При } n = \frac{\text{Ti} + \text{Nb} + \text{Ta} + \text{Sn}}{2} = 302.$$

** При пересчете химического анализа примесь 0,36% SiO₂ не учитывалась.

*** Молекулярный вес редких земель определялся исходя из данных рентгеноспектрального анализа (табл.3).

микрометодом (4). Остальные компоненты были определены из другой навески (80 мг) по ходу анализа. После разложения навески плавиковой и серной кислотами и двукратного переосаждения гидратов в фильтрате были определены натрий и кальций весовым методом. Далее была выделена сумма редкоземельных элементов в виде оксалатов и оловосероводородом в фильтрате. Очистка суммы редкоземельных элементов достигалась трехкратным переосаждением оксалатов после растворения прокаленных окислов в азотной кислоте. Из оксалатного фильтрата после удаления сероводорода таннином выделяли ниобий и тантал. Ниобий определяли весовым методом после отделения и определения тантала по методу Назаренко и Шустовой (5).

Результаты химического анализа минерала, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о несколько отличном химическом составе лопарита из альбитизированных и грейзенизированных гранитов по сравнению с лопаритом из щелочных пород. Исследуемый лопарит характеризуется меньшим содержанием редких земель, относительно высоким отношением $Ta_2O_5 : Nb_2O_5$, равным 1 : 3, и наличием в минерале 0,86% олова. Данные пересчета анализа хорошо укладываются в типовую формулу группы перовскита $A_2B_2X_6$. В соответствии с пересчетом выделена следующая формула лопарита: $(Na_{0,93} TR_{0,53} Ca_{0,45} Mn_{0,13} Fe_{0,05}^{2+} O_{5,09}) (Ti_{1,80} Nb_{0,15} Ta_{0,03} Sn_{0,06})_2 O_{5,97}$ или $(Na, TR, Ca)_2 (Ti, Nb, Ta, Sn)_2 O_6$.

Расшифровка состава редких земель была произведена в рентгеноспектральной лаборатории Р. Л. Баринским. Состав редких земель в лопарите из альбитизированных гранитов не имеет существенного отличия от лопарита из щелочных пород (табл. 3). Незначительное различие с лопаритом из щелочных пород наблюдается только в содержании лантана и церия (6).

Таким образом, отличительной особенностью рассматриваемой разновидности лопарита, образовавшейся в метасоматически измененных ультракислых гранитах, является присутствие в химическом составе минерала характерных элементов альбитизированных и грейзенизированных гранитов — тантала и олова.

Лопарит встречается в эндоконтактовой

Таблица 3

Редкие земли в лопарите (в процентах)

№ п. п.	Характеристика образца	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tu	Yb	Lu	Аналитик
1	Лопарит из альбитизированных и грейзенизированных гранитов	17,2	60,0	6,6	14,9	0,8	0,1	0,2	0,05	0,1	—	—	—	—	—	Р. Л. Баринский
2	Лопарит из уртитов Ловозерского массива нефелиновых сиенитов	24	54	6,0	15,0	0,7	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	Р. Л. Баринский (6)

зоне массива интенсивно альбитизированных и грейзенизированных гранитов, содержащих колумбит и микролит. Небольшой по площади массив амазонит-альбитовых гранитов характеризуется чрезвычайно широким многостадийным развитием процесса послемагматического метасоматоза, коренным образом изменившего первоначальный облик гранитов (², ³).

Лопарит встречается в тесной ассоциации с породообразующими альбитом и кварцем. Из аксессуарных минералов с ним ассоциируют касситерит, микролит, колумбит, циртолит, монацит, флюорит, молибденит, галенит, пирит и другие сульфиды. Наблюдаются случаи образования лопарита по микролиту.

Интересна наметившаяся геохимическая зональность распределения танталовых минералов в пределах массива альбитизированных и грейзенизированных гранитов. На глубоких горизонтах массива в альбит-амазонитовых гранитах единственным тантало-ниобиевым минералом является колумбит. В эндоконтактной части висячего бока массива, там где наряду с альбитизацией получили развитие явления грейзенизации, главную роль приобретает обогащенная танталом разновидность пирохлора, близкая к микролиту (³). В непосредственной близости от контакта со сланцами в участках интенсивного проявления поздней (послегрейзеновой) альбитизации вместе с микролитом и колумбитом встречается лопарит. Он образуется позднее микролита (замещает его) в условиях повышенной щелочности минералообразующих растворов в заключительную стадию метасоматического изменения гранитов. Показателем повышенной щелочности эндоконтактных метасоматически измененных пород является, в частности, присутствие в участках развития послегрейзеновой альбитизации гранитов аксессуарного эгирина. Интересно, что в грейзенах зоны экзоконтакта, образованных по сланцам, главным тантал- и ниобийсодержащим минералом является танталовый рутил — стрюверит (⁷).

Таким образом, образование лопарита в эндоконтактной зоне массива альбитизированных и грейзенизированных гранитов можно связывать с особыми геохимическими условиями минералообразования, возникшими в заключительную стадию метасоматического преобразования гранитов (стадия позднего натриевого метасоматоза) в результате взаимодействия послемагматических минералообразующих растворов с песчано-сланцевыми породами кровли, обогащенными титаном (⁷). Повышенная щелочность растворов определила и выделение селективного цериевого состава лантанидов (⁴), что в условиях дефицита кальция способствовало образованию лопарита.

Выводы. 1. Лопарит, ранее считавшийся типоморфным минералом щелочных пород, обнаружен в качестве аксессуарного минерала альбитизированных и грейзенизированных гранитов.

2. Образование лопарита связано с широким развитием послемагматического метасоматоза в ультракислых гранитах вблизи от контакта с вмещающими породами, обогащенными титаном.

3. В ряду тантало-ниобиевых минералов альбитизированных и грейзенизированных гранитов: колумбит — микролит — лопарит — последний является наиболее поздним минералом.

4. Химический состав лопарита из альбитизированных и грейзенизированных гранитов отражает среду образования минерала, отличаясь повышенным содержанием тантала и присутствием олова.

Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
Академии наук СССР

Поступило
17 IV 1961

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Анализ минерального сырья, М., 1956. ² А. А. Б е у с, А. А. С и т н и н, Разв. и охр. недр, № 10 (1960). ³ А. А. Б е у с, А. А. С и т н и н, Геохимия, № 3 (1961). ⁴ Л. С. Б о р о д и н, Геохимия, № 6 (1960). ⁵ Методы химического анализа минерального сырья, в. 5, М., 1959. ⁶ Е. И. С е м е н о в, Р. Л. Б а р и н с к и й, Геохимия, № 4 (1958). ⁷ А. А. С и т н и н, Т. Н. Л е о н о в, ДАН, 137, № 3 (1961).