

УДК 550.4:546.641/.654

© Д. чл. УАГН Н.А.Григорьев

МАКСИМИНЕРАЛЫ КАК НОСИТЕЛИ ИТТРИЯ И ЛАНТАНА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

*Институт геологии и геохимии Уральского Отделения РАН
620151 Екатеринбург, Почтовый переулоч, 7, E-mail: root @ igg. e-burg. su*

© N.A. Grigor'ev

MAXIMINERALS AS CARRIERS OF YTTRIUM AND LANTHANUM IN THE UPPER CONTINENTAL CRUST'S

*Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of
Russian Academy of Sciences*

Автореферат

Роль максиминералов в качестве носителей Y и La в верхней части континентальной коры определена по модели А.Б. Ронова и др. (1990). Расчет выполнен на основе больше чем 3416 количественных минералогических анализов важнейших горных пород, опубликованных преимущественно в СССР. Установлено, что в максиминералах сконцентрировано 4,25 % массы Y. В том числе: в ортите – 1,85, в монаците – 1,45, в ксенотиме – 0,69, в иттриалите – 0,14, в гадолините – 0,06, в эвксените – 0,03, в фергусоните – 0,02, в блонстрандине – 0,01 %. В максиминералах сконцентрировано 12,69 % массы La. В том числе: в ортите – 6, в монаците – 5,28, в бастнезите – 1,4, в гадолините – 0,01 %. Эти цифры - минимально возможные.

Ключевые слова: максиминерал, носитель, иттрий, лантан, верхняя часть континентальной коры.

Abstract

The role of maxminerals as carriers of Y and La in the upper continental crust's has been defined by the model of A. B. Ronov et al.(1990). Calculation has been made by the base more than 3416 quantitative mineralogical analyses of important rocks, published mainly in the USSR. It was established, that in the maxminerals concentration 4.25 % of masses Y. In particular: in orthite –1.85, in monazite – 1.45 %, in xenotime – 0.69, in yttrialite – 0.14, in gadolinite – 0.06, in euxenite – 0.03, in fergusonite – 0.02, in blomstrandite – 0.01 %. In the maxminerals concentration 12.69 % of masses La. In particular: in orthite – 6, in monazite – 5.28, in bastnasite – 1.4, in gadolinite – 0.01%. These figures a minimal from possible

Key words: maxmineral, carrier, yttrium, lanthanum, upper continental crust.

Введение

Впервые определены доли масс Y и La сконцентрированные в максиминералах континентальных горных пород и верхней части континентальной коры в целом.

Y и La образуют собственные минералы и входят в состав чужих. Повышенное содержание Y и La характерно для гидроксилсодержащих цепочечных и листовых силикатов Fe и Mg, высокое - для минералов: редкоземельных, ниобиевых, танталовых, циркониевых, титановых, урановых, ториевых, некоторых кальциевых и других. Граничные для иттриевых и лантановых максиминералов содержания соответственно: Y - 0,4, La - 0,3 мас. % (Григорьев, 1999). Собственные минералы Y и La являются их максиминералами всегда, а некоторые чужие - часто или редко. В данной работе учтены минералы, обычно являющиеся иттриевыми или лантановыми максиминералами.

До недавнего времени корректные заключения о роли максиминералов в качестве носителей Y и La было можно делать только по результатам определения минеральных балансов этих элементов в конкретных горных породах. В этом отношении были изучены некоторые магматические и метаморфические породы. Но в большинстве случаев точность анализов оказалась не достаточной. Автором учтено всего 25 минеральных балансов (15 – Y и 10- La). Это балансы, где суммы учтенных долей масс Y и La не выходят за пределы 90 – 110 % от масс этих элементов, установленных при анализах горных пород. Этим данным слишком мало для заключений о роли максиминералов. Но в литературе есть результаты количественных минералогических анализов тысяч проб горных пород. Значительная их часть получена такими методами, которые обеспечивали возможность учета иттриевых и лантановых максиминералов. Первоначально автор собрал часть таких данных и рассчитал средние для верхней части земной коры содержания: ортита – 0,012 %) и монацита – 0,005 % (Григорьев, 1999). К сожалению, эти цифры оказались преувеличены из-за недостатков использованного набора данных. Используемые здесь исходные данные и методика расчетов опубликованы раньше (Григорьев, 2004).

Распределение масс Y и La в совокупности континентальных горных пород

Оба элемента умеренно избыточные Их среднее содержание в совокупности континентальных осадочных пород (Y – 0,0029 и La – 0,0032 %) несколько больше того, которое могло быть унаследовано от гранитно-гнейсового слоя современного состава (Y – 0,002 и La – 0,0027 %, расчет изоалюминиевым методом). Но разница соизмерима с возможными погрешностями определений. Главные концентраторы: Y и La – граниты и гранодиориты. Данные о степени концентрации Y и La в метаморфических породах требуют уточнения. Главные носители Y и La – метаморфические породы гранитно-гнейсового слоя (табл.1). Из остальных горных пород наибольшую роль играют граниты, а также глины и глинистые сланцы.

Доли масс иттрия и лантана, сконцентрированные в максиминералах

Согласно полученным данным роль максиминералов как носителей Y и La существенна в гранитно-гнейсовом слое и верхней части континентальной коры в целом (табл. 2, 3). В горных породах осадочного слоя эта роль минимальная (табл. 4, 5). Она максимальная в сиенитах и гранитах (табл. 6, 7). Среди метаморфических пород максимальной ролью максиминералов характеризуются гранито-гнейсы (табл. 8, 9). В дополнение к данным таблиц 8 и 9 отметим, что в метабазитах установлен монацит (среднее содержание $4 \cdot 10^{-8}$ %). Но сконцентрированные в нем доли масс Y и La <0,01%.

Обсуждение полученных данных

Степень корректности полученных данных зависит от качества исходных. Вопрос о содержании Y и La в горных породах – один из наиболее активно обсуждаемых. И тем не менее корректность имеющихся данных оставляет желать лучшего. Данные автора о среднем содержании Y и La в континентальных породах (Григорьев, 2003) подробнее имевшихся раньше. Они близки к литературным. Сравним средние содержания Y и La в верхней части континентальной коры мас. %: 0,0026 и 0,0032 (Григорьев, 2003); 0,0022 и 0,003 (Тейлор, Мак-Леннан, 1988); 0,0021 и 0,0032 (Wedepohl, 1995). И тем не менее, данные о средних содержаниях Y и La в конкретных горных породах нуждаются в уточнении. Наиболее вероятно преуменьшение сред-

него содержания Y в сиенитах и гранитогнейсах, а также La в гранитах. Вероятно также преувеличение среднего содержания La в гранодиоритах. Подобные погрешности искажают картину вариаций роли максиминералов. Но для коррекции отмеченных данных нужна более совершенная модель верхней части континентальной коры и дополнительные данные о вариациях содержания Y и La в горных породах.

Таблица 1

Распределение массы Y и La в совокупности горных пород верхней части континентальной коры

Горные породы	Масса пород, отн.%	Среднее содержание, 10^{-4} %		Доли массы, отн. %	
		Y	La	Y	La
Пески и песчаники	5,11	29	20	5,8	3,2
Глины и глинистые сланцы	10,4	31	48	12,6	15,4
Карбонатные породы	3,85	30	7	4,5	0,8
Кремнистые породы	0,33	Н.опр.	16	Н.опр.	0,2
Эвапориты	0,26	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.
Кислые вулканиты	0,44	24	31	0,4	0,4
Средние вулканиты	1,13	19	28	0,8	1
Основные вулканиты	2,11	25	19	2,1	1,2
Граниты	8,21	50	48	16	12,2
Гранодиориты	3,38	36	51	4,8	5,3
Базиты	1,5	23	17	1,3	0,8
Сиениты	0,05	17	45	<0,1	0,1
Ультрабазиты	0,05	2	3,9	<0,1	<0,1
Метапесчаники	2,92	15	22	1,7	2
Парагнейсы и парасланцы	30,56	24	32	28,6	30,2
Метаморфизованные карбонатные породы	1,13	4	26	0,2	0,9
Железистые породы	0,38	20	Н.опр.	0,3	Н.опр.
Гранито-гнейсы	23,21	17	33	15,4	23,6
Метариолиты	0,66	53	20	1,4	0,4
Метаандезиты	1,03	24	34	1	1,1
Метабазиты	3,29	24	12	3,1	1,2
Верхняя часть континентальной коры	100	25,61	32,38	100	100
Осадочные породы	19,95	29,37	31,76	22,9	19,6
Вулканиты осадочного слоя	3,68	23,04	23,2	3,3	2,6
Осадочный слой	23,23	28,39	30,43	26,2	22,2
Магматиты гранитно-гнейсового слоя	13,19	43,03	45,08	22,1	18,3
Параметаморфические породы	34,99	22,57	30,63	30,8	33,1
Ортометаморфические породы	28,19	18,92	30,29	20,9	26,4
Гранитно-гнейсовый слой	76,37	24,75	32,99	73,8	77,8

Таблица 2

Роль максиминералов как носителей Y в верхней части континентальной коры

Минералы	Содержание Y в минералах, мас. %	Осадочный слой.		Гранитно-гнейсовый слой.		Верхняя часть континентальной коры.	
		Содержание минералов, мас. %	Доли массы Y, отн. %	Содержание минералов, мас. %	Доли массы Y, отн. %	Содержание минералов, мас. %	Доли массы Y, отн. %
Чевкинит	0,47	Н.опр.	Н.опр.	$5,5 \cdot 10^{-7}$	<0,01	$4,2 \cdot 10^{-7}$	<0,01
Ортит	1	$6 \cdot 10^{-5}$	0,02	0,0063	2,52	0,0048	1,85
Уранинит	1,5	$9,3 \cdot 10^{-7}$	<0,01	$8,6 \cdot 10^{-6}$	0,01	$6,6 \cdot 10^{-6}$	<0,01
Монацит	2,9	$4,6 \cdot 10^{-5}$	0,05	0,0016	1,86	0,0013	1,45
Рабдофан	6	Н.опр.	Н.опр.	$4,7 \cdot 10^{-7}$	<0,01	$3,3 \cdot 10^{-7}$	<0,01
Делоренцит	8,4	Н.опр.	Н.опр.	$8,6 \cdot 10^{-9}$	<0,01	$6,6 \cdot 10^{-9}$	<0,01
Эвксенит	10,2	Н.опр.	Н.опр.	$8,6 \cdot 10^{-6}$	0,04	$6,6 \cdot 10^{-6}$	0,03
Фергусонит	18,2	Н.опр.	Н.опр.	$3,1 \cdot 10^{-6}$	0,02	$2,4 \cdot 10^{-6}$	0,02
Иттриалит	22,8	Н.опр.	Н.опр.	$2,1 \cdot 10^{-5}$	0,19	$1,6 \cdot 10^{-5}$	0,14
Бломстрандин	26,5	Н.опр.	Н.опр.	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0,01	$9 \cdot 10^{-7}$	0,01
Гадолинит	33	Н.опр.	Н.опр.	$5,2 \cdot 10^{-6}$	0,07	$4 \cdot 10^{-6}$	0,06
Ксенотим	48,2	$1 \cdot 10^{-5}$	0,17	$4,6 \cdot 10^{-5}$	0,89	$3,7 \cdot 10^{-5}$	0,69
Всего		$1 \cdot 10^{-4}$	0,24	0,008	5,61	0,0062	4,23

Таблица 3

Роль максиминералов как носителей La в верхней части континентальной коры

Минералы	Содержание La в минералах, мас. %	Осадочный слой.		Гранитно-гнейсовый слой.		Верхняя часть континентальной коры.	
		Содержание минералов, мас. %	Доли массы La, отн. %	Содержание минералов, мас. %	Доли массы La, отн. %	Содержание минералов, мас. %	Доли массы La, отн. %
Иттриалит	0,32	Н.опр.	Н.опр.	$2,1 \cdot 10^{-5}$	<0,01	$1,6 \cdot 10^{-5}$	<0,01
Фергусонит	1,1	Н.опр.	Н.опр.	$3,1 \cdot 10^{-6}$	<0,01	$2,4 \cdot 10^{-6}$	<0,01
Ортит	4	$6 \cdot 10^{-5}$	0,08	0,0063	7,64	0,0048	6
Гадолинит	5,7	Н.опр.	Н.опр.	$5,2 \cdot 10^{-6}$	0,01	$4 \cdot 10^{-6}$	0,01
Чевкинит	9	Н.опр.	Н.опр.	$5,5 \cdot 10^{-7}$	<0,01	$4,2 \cdot 10^{-7}$	<0,01
Монацит	13	$4,6 \cdot 10^{-5}$	0,2	0,0016	6,3	0,0013	5,28
Бастнезит	14	Н.опр.	Н.опр.	0,00042	1,78	0,00032	1,4
Всего		$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,28	0,0084	15,73	0,0064	12,69

27

Таблица 4

Доли массы Y (отн. %), сконцентрированные в иттриевых максиминералах континентальных пород осадочного слоя

Минералы	Осадочные породы		Вулканогенные породы		
	Пески и песчаники	В целом	Кислые	Средние	В целом
Ортит	<0,01 ($7 \cdot 10^{-8}$)	<0,01 ($1,8 \cdot 10^{-8}$)	1,25 (0,003)	0,05 ($1 \cdot 10^{-4}$)	$0,17(4 \cdot 10^{-4})$
Уранинит	Н.опр.	Н.опр.	0,03 ($5 \cdot 10^{-5}$)	Н.опр.	<0,01($6 \cdot 10^{-6}$)
Монацит	0,13 ($1,3 \cdot 10^{-4}$)	0,03 ($3,3 \cdot 10^{-5}$)	1,21 (0,001)	Н.опр.	$0,15(1,2 \cdot 10^{-4})$
Ксенотим	0,66 ($4 \cdot 10^{-5}$)	0,17 ($1 \cdot 10^{-5}$)	0,6 ($3 \cdot 10^{-5}$)	Н.опр.	$0,08(3,6 \cdot 10^{-6})$
Всего	0,79 ($1,3 \cdot 10^{-4}$)	0,2 ($4,3 \cdot 10^{-5}$)	3,09 (0,0041)	0,05 ($1 \cdot 10^{-4}$)	$0,4(5,2 \cdot 10^{-4})$

Таблица 5

Доли массы La (отн. %), сконцентрированные в лантановых максиминералах континентальных пород осадочного слоя

Минералы	Осадочные породы		Вулканогенные породы		
	Пески и песчаники	В целом	Кислые	Средние	В целом
Ортит	<0,01 ($7 \cdot 10^{-8}$)	<0,01 ($1,8 \cdot 10^{-8}$)	3,87 (0,003)	0,14 ($1 \cdot 10^{-4}$)	0,7 ($4 \cdot 10^{-4}$)
Монацит	0,85 ($1,3 \cdot 10^{-4}$)	0,13 ($3,3 \cdot 10^{-5}$)	4,19 (0,001)	Н.опр.	0,68 ($1 \cdot 10^{-4}$)
Всего	0,85 ($1 \cdot 10^{-4}$)	0,13 ($3 \cdot 10^{-5}$)	8,06 (0,004)	0,14 ($1 \cdot 10^{-4}$)	1,38 ($5 \cdot 10^{-4}$)

Исходные данные о вариациях содержаний аксессуарных минералов в горных породах получены микрообогатительными методами. Были учтены лишь частицы крупностью 50-250 мкм или > 30-50 мкм. Таким образом, исходные данные соответствуют не истинным, а минимально возможным значениям содержания максиминералов Y и La в горных породах.

Возможности сопоставления полученных данных с результатами определений минеральных балансов Y и La в горных по-

28

родах малы. По магматическим и метаморфическим породам данные – эпизодичны. А по осадочным породам их нет.

Таблица 6

Доли массы Y (отн. %), сконцентрированные в иттриевых максиминералах магматических пород гранитно-гнейсового слоя

Минералы	Граниты	Гранодиориты	Сиениты	Магматические породы в целом
Чевкинит	<0,01 (1,5 10 ⁻⁶)	Н.опр.	0,17 (6 10 ⁻⁴)	<0,01 (3,2 10 ⁻⁶)
Ортит	1,6 (0,008)	0,83 (0,003)	13,53 (0,023)	1,35 (0,0058)
Уранинит	0,02 (7,8 10 ⁻⁵)	Н.опр.	Н.опр.	0,02 (4,9 10 ⁻⁵)
Монацит	2,49 (0,0043)	0,32 (4 10 ⁻⁴)	4,09 (0,0024)	1,89 (0,0028)
Рабдофан	<0,01 (4 10 ⁻⁶)	Н.опр.	Н.о.	<0,01 (2,5 10 ⁻⁶)
Делоренцит	Н.опр.	Н.опр.	0,06 (1,3 10 ⁻⁵)	<0,01 (5 10 ⁻⁸)
Эвксенит	0,16 (8 10 ⁻⁵)	Н.опр.	<0,01 (8 10 ⁻⁸)	0,12 (5 10 ⁻⁵)
Фергусонит	0,06 (1,5 10 ⁻⁵)	0,16 (3,2 10 ⁻⁵)	0,04 (3,8 10 ⁻⁶)	0,08 (1,8 10 ⁻⁵)
Иттриалит	0,91 (2 10 ⁻⁴)	Н.опр.	Н.опр.	0,64 (1,2 10 ⁻⁴)
Бломстрандин	0,05 (8,7 10 ⁻⁶)	Н.опр.	5,14 (3,3 10 ⁻⁴)	0,04 (6,7 10 ⁻⁶)
Гадолинит	0,33 (5 10 ⁻⁵)	Н.опр.	0,06 (3 10 ⁻⁶)	0,23 (3 10 ⁻⁵)
Ксенотим	1,93 (2 10 ⁻⁴)	0,04 (3 10 ⁻⁶)	0,08 (2,7 10 ⁻⁶)	1,46 (1,3 10 ⁻⁴)
Всего	7,55 (0,013)	1,35 (0,0034)	23,17 (0,026)	5,83 (0,0089)

Иттрий. Из вулканогенных пород изучен лишь юрский гиалориолит из Забайкалья (Геохимия..., 1984). Здесь содержание Y 0,008%. Максиминералы не обнаружены. Два баланса Y в гранитах определила В.Н. Павлова (Солодов и др., 1987). Содержание Y повышенное: 0,0078 и 0,0096 %. Максиминералы: циртолит, торит и Fe-торит, в одной из проб еще колумбит и пироклор. В максиминералах сконцентрировано: 48 и 41 % массы Y. И.Н. Бушляковым (Бушляков, Соболев, 1976) изучены гранодиорит и кварцевый диорит Верхисетского массива на Урале.

Таблица 7

Доли массы La (отн. %), сконцентрированные в лантановых максиминералах магматических пород гранитно-гнейсового слоя

Минералы	Граниты	Гранодиориты	Сиениты	Магматические породы в целом
Иттриалит	0,01 (2 10 ⁻⁴)	Н.опр.	Н.опр.	0,01 (1,2 10 ⁻⁴)
Фергусонит	<0,01 (1,5 10 ⁻⁵)	0,01 (3,2 10 ⁻⁵)	<0,01 (3,8 10 ⁻⁶)	<0,01 (1,8 10 ⁻⁵)
Ортит	6,67 (0,008)	2,35 (0,003)	20,44 (0,023)	5,16 (0,0058)
Гадолинит	0,06 (5 10 ⁻⁵)	Н.опр.	<0,01 (3 10 ⁻⁶)	0,04 (3 10 ⁻⁵)
Чевкинит	<0,01 (1,5 10 ⁻⁶)	Н.опр.	1,2 (0,0006)	0,01 (3,2 10 ⁻⁶)
Монацит	11,65 (0,0043)	1,02 (0,0004)	6,93 (0,0024)	8,09 (0,0028)
Бастнезит	1,37 (0,00047)	Н.опр.	Н.опр.	0,9 (0,00029)
Всего	19,76 (0,013)	3,38 (0,0034)	28,57 (0,026)	14,21 (0,0091)

Таблица 8

Доли массы Y (отн. %), сконцентрированные в иттриевых максиминералах континентальных метаморфических пород

Минералы	Параметаморфические породы			Ортометаморфические породы		
	Метапесчаники	Парасланцы	В целом	Гранито-гнейсы	Метариолиты	В целом
Ортит	0,8 (0,0012)	3,33 (0,008)	3,09 (0,0071)	3,88 (0,0066)	1,51 (0,008)	2,95 (0,0056)
Уранинит	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	<0,01 (6 10 ⁻⁷)	Н.опр.	<0,01 (5 10 ⁻⁷)
Монацит	0,58 (3 10 ⁻⁴)	1,09 (9 10 ⁻⁴)	1,01 (8 10 ⁻⁴)	4,61 (0,0027)	<0,01 (2 10 ⁻⁶)	3,36 (0,0022)
Ксенотим	Н.опр.	Н.опр.	Н.опр.	2,13 (7,5 10 ⁻⁵)	Н.опр.	1,57 (6,2 10 ⁻⁵)
Всего	1,38 (0,0015)	4,42 (0,0089)	4,1 (0,0079)	10,62 (0,0094)	1,51 (0,008)	7,88 (0,0079)

Содержание Y пониженное: 0,00091 и 0,002 %. Максиминералы не установлены. В.И. Коваленко с коллегами (1979) изучены две пробы щелочных пегматитов из Сибири. Содержание Y повышенное: 0,014 и 0,032 %. Максиминерал – циркон. В нем 30

сконцентрировано: 79 и 50 % массы Y. В.А. Макрыгиной и др.(1980) изучены 4 пробы параметаморфических пород Хамардабанского массива в Сибири. Содержание Y окологларковое: 0,0016-0,0035 %. Максиминыералы не установлены. Изучены: кварцево-диопсидовый плагиосланец из Алданской флогопитоносной провинции (Петрова, Смирнова, 1982) и мигматит из Северного Прибайкалья (Макрыгина, Смирнова, 1984). Содержание Y: в первом – практически кларковое (0,0023 %), во втором - повышенное (0,0077 %). В первом максиминыералы не установлены, во втором - максиминыерал – апатит. В нем сконцентрировано 45 % массы Y. Изучен кварцево-слюдистый метасоматит Светлинского золоторудного месторождения с содержанием Y 0,0025% ((Корово-мантийное., 1989). Максиминыералы не обнаружены.

Таблица 9

Доли массы La (отн. %), сконцентрированные в лантановых максиминыералах континентальных метаморфических пород

Минералы	Параметаморфические породы			Оргометаморфические породы		
	Метапесчаники	Парасланцы	В целом	Гранито-гнейсы	Метариолиты	В целом
Ортит	2,18 (0,0012)	10 (0,008)	9,16 (0,0071)	8 (0,0066)	16 (0,008)	7,47 (0,0056)
Монацит	1,77 (0,0003)	3,66 (0,0009)	3,36 (0,0008)	10,64 (0,0027)	0,01 (2·10 ⁻⁶)	9,53 (0,0022)
Бастнезит	Н.опр	Н.опр	Н.опр.	5,09 (0,0012)	Н.опр.	4,67 (0,001)
Всего	3,95 (0,0015)	13,66 (0,0089)	12,52 (0,0079)	23,73 (0,0105)	16,01 (0,008)	21,67 (0,0088)

Лантан. Из вулканогенных пород изучены лишь гиалориолит и латит из Забайкалья (Геохимия., 1984). Здесь содержание La соответственно: 0,002 и 0,0041%. Максиминыералы не обнаружены. Во включениях перидотитов из вулканических шлаков Западной Германии, содержащих 1,6·10⁻⁴% La, его максиминыералы не установлены (Stosch. Seck. 1980). Не обнаружены они и в плагиосланце из Алданской флогопитоносной провинции, содержащих 0,0041 % La (Петрова, Смирнова, 1982). В.А. Макрыгина и В.В. Смирнова (1984) изучили две пробы плагиогнейсов и одну мигматита из Северного Прибайкалья с содержанием La 0,006-0,0093%. Максиминыерал – ортит. В нем сконцентрировано 56-61 % массы La.

Таким образом, по составу максиминыералов имеющиеся минеральные балансы Y и La лишь отчасти соответствуют приведенным выше новым данным. Сопоставление минеральных балансов Y и La показывает, что заметная роль максиминыералов имеет место при повышенном валовом содержании Y и La в интрузивных и метаморфических породах. В целом же очевидно, что немногочисленные минеральные балансы отражают в основном индивидуальные особенности изученных горных пород.

Выводы

Установлено, что в верхней части континентальной коры в максиминыералах сконцентрировано 4,25 % массы Y. В том числе: в ортите – 1,85, в монаците – 1,45, в ксенотиме – 0,69, в иттриалите – 0,14, в гадолините – 0,06, в эвксените – 0,03, в фергусоните – 0,02, в блонстрандине – 0,01 %. В максиминыералах сконцентрировано 12,69 % массы La. В том числе: в ортите - 6, в монаците – 5,28, в бастнезите – 1,4, в гадолините – 0,01 %. Роль максиминыералов как носителей Y и La максимальная в гранитах, сиенитах и гранито-гнейсах. Приведенные данные – очередное приближение к пониманию истинной ситуации. Они нуждаются в уточнении. Пока же приведенные цифры следует рассматривать как минимально возможные.

Литература

1. Бушляков И.Н., Соболев И.Д. Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Верхисетского массива. М. Наука. 1976. 339 с.
2. Геохимия мезозойских латитов Забайкалья / Таусон Л.В., Антипин В.С., Захаров М.Н., Зубков В.С. Новосибирск: Наука. 1984. 215 с.
3. Григорьев Н.А. Введение в минералогическую геохимию. Екатеринбург. 1999. 302с.
4. Григорьев Н.А. Ниобаты и танталаты как носители ниобия и тантала в верхней части континентальной коры. Уральский геологический журнал. 2004. В печати.
5. Коваленко В.И., Знаменская А.С., Пополитов Э.И., Абрамова С.Р. Поведение редкоземельных элементов и иттрия в процессе эволюции щелочных гранитоидов // Геохимия. 1969. № 5. С. 541-553.
6. Корово-мантийное оруденение в салических блоках эвгеосинклинали/ В.Н. Сазонов, Б.А. Попов, Н.А. Григорьев и др. Свердловск, 1989. 113с.
7. Макрыгина В.А., Бакшеев С.А., Смирнова Е.В. Редкоземельные элементы в процессах метаморфизма и гранитизации умеренных давлений // Геохимия, 1980. № 2. С. 163-174.

8. **Макрыгина В.А., Смирнова В.В.** Редкоземельные элементы в минералах Миня-Абчадского мигматитового комплекса (Северное Прибайкалье) // Геохимия. 1984. № 9. С. 1293-1306.

9. **Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А.** Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука. 1990. 182 с.

10. **Петрова З.И., Смирнова Е.В.** Редкоземельные элементы в процессах ультраметаморфизма и флогопитообразования (на примере Алданской флогопитоносной провинции) // Геохимия редкоземельных элементов в эндогенных процессах. Новосибирск: Наука. 1982. С. 111-129.

11. **Солодов Н.А., Семенов Е.И., Бурков В.В.** Геологический справочник по тяжелым литофильным редким элементам. М.: Недра. 1987. 439 с.

12. **Тейлор С.Р., Мак-Леннон С.М.** Континентальная кора, ее состав и эволюция. М., Мир, 1988, с. 379.

13. **Stosch H.G., Seck H.A.** Geochemistry and mineralogy of two spinel peridotite suites // Geoch. et Cosmoch. Acta. 1980. V. 44, № 3. P. 457-470.

14. **Wedepohl K.H.** The Composition of the Continental Crust. Geochimica et Cosmochimica Acta № 7, v. 59. 1995. P. 1217-1232.