

УДК 549.0 (234.853)

© Д. чл. УАГН В. Г. Кориневский, Л. Ф. Баженова

## **РЕДКИЕ ЗЕМЛИ В ЭКЗОТИЧЕСКИХ АМФИБОЛИТАХ И КРИСТАЛЛОСЛАНЦАХ ИЛЬМЕН**

*Институт минералогии УрО РАН*

© Korinevsky V.G., Bazhenova L.F.

## **RARE-EARTH ELEMENTS IN EXOTIC AMPHIBOLITES AND KRYSTALLINE SHISTS OF THE ILMEN**

Автореферат

Впервые приведены количественные данные о распределении редкоземельных элементов в необычных по минеральному и химическому составу амфиболитах, слагающих включения в крупных блоках метагипербазитов среди кварцитов и гнейсовидных кристаллосланцев кыштымской и сайтовской толщ Ильменогорского комплекса. Кратко охарактеризован минеральный состав амфиболитов, в них выявлены необычно высокие для основных и ультраосновных пород содержания РЗЭ и резкое преобладание среди последних легких РЗЭ. Весьма низкое количество  $\text{SiO}_2$  в этих амфиболитах (часто менее 40 %), необычно высокие содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  и щелочей не позволяют напрямую сопоставлять амфиболиты с изверженными породами. Перечисленные особенности состава амфиболитов, а так же повышенные количества в них Ni и Cr, позволяют высказать предположение, что значительная их часть своим протолитом имела дезинтегрированные продукты коры выветривания основных и ультраосновных пород. Судя по химизму столь же необычных по минеральному составу (жедрит, биотит, ставролит, пироп-альмандин, дравит, основной плагиоклаз, рутил, ильменит) кристаллосланцев, высоких количеств в них легких РЗЭ, эти кристаллосланцы тоже имеют апоосадочную природу.

Табл. 3. Илл. 1. Библиогр. 17 назв.

**Ключевые слова:** редкие земли, амфиболиты, кристаллосланцы, кыштымская толща, Ильменогорский комплекс Южного Урала.

Содержания РЗЭ и их соотношения часто привлекаются для выяснения первоначальной природы метаморфических пород [3, 4, 7]. В Ильменских горах такая попытка принадлежит А. Г. и Л. Ф. Баженовым [1]. По составу РЗЭ эти авторы устано-

вили, что амфиболиты (всего 1 анализ !) ильменогоской толщи близки к основным породам, а аномально низкое содержание Се в сумме РЗЭ лантановой группы может указывать на их происхождение за счет пелагических осадков.

Ниже впервые приводятся сведения о составе и содержаниях РЗЭ в т. н. экзотических амфиболитах и кристаллических сланцах Ильменогорского комплекса (кыштымская толща). Данные эти ввиду их малочисленности и использования устаревшей методики являются предварительными. Их ценность в том, что они – первые. Экзотичность описываемых амфиболитов заключается как в их геологическом положении (это мелкие тела, слагающие включения в метагипербазитах), так и в их составе. Метагипербазиты с глыбами-включениями амфиболитов представляют собой фрагменты метаморфизованного серпентинитового меланжа, заключенные в метаосадочной матрице (биотитовых гнейсовидных кристаллосланцах и кварцитах) кыштымской и сайтовской толщ (уразбаевский микститовый комплекс или олиострома, [8]). Наиболее часто они встречаются в межозерье Бол. Миассово- Бол. Таткуль, на северном побережье оз. Бол. Таткуль, на участке севернее дер. Уразбаево, у северо-западного подножья горы Савелькуль. Границы амфиболитов с вмещающими породами редкие, минералогической зональности в поперечном срезе их тела не обнаруживают, что заметно отличает их от родингитов.

Рассматриваемые ниже амфиболиты и кристаллосланцы в составе кыштымской толщи привлекают внимание тем, что являются редкими для Урала представителями 3-х – 4-х амфиболовых ассоциаций либо отличаются необычным биотит-жедрит-ставролит-гранатовым парагенезисом.

### **Разновидности экзотических амфиболитов**

По химическому составу амфиболиты из включений в метагипербазитах, реже в кварцитах и биотитовых кристаллосланцах, подразделяются на две группы: первая – с обычным (более 45 %  $\text{SiO}_2$ ), другая – с весьма низкими содержаниями  $\text{SiO}_2$  (меньше 40 %). Последними сложена основная масса включений в блоках метаморфизованного серпентинитового меланжа. Эти амфиболиты, помимо низких количеств  $\text{SiO}_2$ , выделяются

аномально большими содержаниями  $Al_2O_3$  и  $CaO$ , высоким –  $MgO$ . Будучи формально ультраосновными ( $SiO_2 < 45 \%$ ), такие амфиболиты по содержаниям  $Al_2O_3$  и  $CaO$ ,  $MgO$  и  $Na_2O$  не находят своих аналогов среди изверженных пород этого класса [12]. Их нормативный состав, рассчитанный по системе CIPW, показал почти повсеместное наличие в нем нефелина, оливина и корунда. Характерно, что плагиоклаз в этих амфиболитах очень основной, близкий к анортиту.

По присутствию специфических минералов указанные амфиболиты подразделяются на несколько групп [9]. **Корундсодержащие** амфиболиты включают в себе до 3-5 % неправильных очертаний зерен корунда лилово-серой, индигово-синей и малиновой окраски. В переменных количествах основной объем породы слагают анортит, паргасит или чермакит, гранат (пиропистый гроссуляр-альмандин), темно-зеленая шпинель (герцинит), призмы клиноцоизита, редко – цоизита, отдельные зерна ставролита, рутила, ильменита, биотита, мельчайшие округлые зернышки бесцветного незонального циркона. В этой разновидности амфиболитов, как и в описанных ниже других, слагающие их минералы не замещают друг друга, а находятся в компромиссных соотношениях, что, по мнению В. А. Попова, говорит об их синхронном образовании.

Существенно **клиноцоизитовые и цоизитовые** амфиболиты слагают многие глыбки на Савелькульском и Уразбаевском участках. Содержание клиноцоизита в них нередко превышает 20 %. На фоне среднезернистого агрегата анортита и амфибола (паргасит или чермакит) скопления клиноцоизита образуют участки офитовой структуры, пятнистой текстуры. Спорадически в этих породах встречается гранат (гроссуляр-альмандин), сфен, ильменит. Довольно часто кристаллы плагиоклаза, клиноцоизита или амфибола содержат включения мелких (10-50 мкм) округлых зерен циркона.

Амфиболиты, **содержащие в заметных количествах диопсид**, - это преимущественно полосчатые, иногда массивные неравномернозернистые меланократовые породы, наполовину сложенные анортитом. 35-40% объема породы образуют зерна амфибола (паргасит или магнезиальная роговая обманка). Отдельные полосы в породе сложены гранатовой разновидностью, где гранаты занимают до 15 % объема. Зерна граната по

составу отвечают гроссуляр-альмандину, в котором пироповому миналу принадлежит 10-17 %. Чаще всего в них наблюдается прямая химическая зональность, но встречаются и зерна с обратной зональностью. В заметном количестве присутствует темно-зеленая шпинель (герцинит), кристаллы сфена. Разбросанные зернадипсиданеравномерно распределены в плагиоклаз-амфиболовой матрице, занимая 3-9 % объема породы. Породообразующие минералы содержат мелкие включения апатита, ильменита, циркона. Небольшие гнезда в породе сложены кальцитом.

**Фассаитовые** амфиболиты встречены пока лишь в одном обнажении у северо-западного подножья горы Савелькуль. Они сложены округлые и пластовые обособления поперечником в несколько сантиметров в гранат-клиноцоизит-фассаитовом метагаббро. Это массивные полнокристаллические мелкозернистые меланократовые породы, образованные паргаситом (31.8 %), темно-коричневым фассаитом (23.2 %), герцинитом (17.1 %), анортитом (15.5 %) с пойкилитовыми включениями зернышек клиноцоизита, апатита, корунда, кальцита и циркона, ильменитом (2.7 %).

В виде единственного обнажения в 0.5 км севернее западной околицы дер. Уразбаево наблюдались выходы **меланократовых гранат-паргаситовых амфиболитов (горнблендитов)**. Они слагают изолированное тело поперечником 8x15 м среди метагипербазитов. Порода на 40-50 % состоит из пластинок клинохлора, зерен граната (18-27 %), химически зональных и отвечающих пиропистому гроссуляр-альмандину, призматических кристаллов паргасита (15-20 %), герцинита (5 %), ильменита (около 3 %), гнезд и прожилков кальцита (до 5 %), редких зерен анортита. Гранаты содержат многочисленные включения ильменита, турмалина (дравита), апатита, паргасита, иногда – кианита. Нами было сделано предположение [9], что эти специфические породы могут быть диафторированными апоэклогитовыми амфиболитами.

В отличие от амфиболитов селянkinской и ильменогорской толщ, среди амфиболитов из глыб – включений в метагипербазитах **существенно биминеральные разновидности** встречаются относительно редко (восточное побережье Ключенного болота у оз. Бол. Таткуль). Примерно в равных коли-

чествах породе слагают изумрудно-зеленая хромистая магнезиальная роговая обманка и мелкозернистый агрегат изометричных зерен анортита. Изредка здесь встречаются зерна диопсида, ильменита и рутила.

Ряд крупных выходов вдоль южного побережья оз. Бол. Таткуль образуют **анортитовые дуамфиболовые пироксеновые** амфиболиты. В них преобладает ярко-зеленая хромистая магнезиальная роговая обманка, наряду с которой присутствуют зерна других кальциевых амфиболов (чермакита, эденита или малохромистой магнезиальной роговой обманки), выделяющихся своим буроватым цветом. Следов замещения их друг другом не отмечено. Довольно крупными (1-3 мм) изолированными кристаллами в породе представлен диопсид, из аксессуаров обычны ильменит и рутил.

Несколько изометричных изолированных выходов на южном побережье оз. Бол. Миассово среди кварцитов и биотитовых кристаллосланцев кыштымской толщи слагают полосчатые **пироксен-амфиболовые скаполитовые породы**, по облику и набору минералов близкие к амфиболитам. Их основной объем образован среднезернистым агрегатом скаполита и анортита. Параллельные полосы в породе обогащены диопсидом или гасдингситом. Редкие зерна принадлежат гранату. Довольно часты идиоморфные кристаллы сфена.

Описанные разновидности амфиболитов выделены достаточно условно, поскольку могут содержать минералы, характерные для других групп. Важно, что каждая глыба-включение амфиболита сложена каким-то одним типом породы и зональности в их составе не наблюдается.

### **Состав и распределение редкоземельных элементов в экзотических амфиболитах**

Определение РЗЭ в рассматриваемых ниже породах Ильменогорского комплекса было произведено Л.Ф. Баженовой в химической лаборатории Института минералогии УрО РАН методом бумажной хроматографии по известной методике Е.М. Гельман [5]. Ее недостатком является совместное определение Gd и Eu, Tb и Y.

Из данных табл. 1 следует, что описываемые амфиболиты Ильмен резко выделяются в ряду подобных образований Урала и других регионов [1, 3, 7, 14, 15] повышенными количествами РЗЭ, редко опускающимися ниже 50 г/т. В отдельных пробах цоизитовых амфиболитов (табл. 1, пробы У-84-1, У-84-2) количества РЗЭ достигают чрезвычайно больших величин (998-1246 г/т). Среди амфиболитов в большинстве случаев отмечено существенное преобладание легких РЗЭ (до 60-80 %), и весьма низкие содержания тяжелых РЗЭ (в пределах 1,4 – 6,3 %). Необычными выглядят и заметные количества Nd, его преобладание над La, преимущественно Ce состав РЗЭ в амфиболитах, полное отсутствие Lu. Подобные соотношения РЗЭ наблюдаются в средних составах северо-американских и европейских сланцев [7], а также в толеитах континентов [4]. В целом же по перечисленным параметрам экзотические амфиболиты Ильменогорского комплекса не находят своих аналогов среди близких по химизму изверженных основных и ультраосновных пород [4, 7, 14, 15]. По относительным содержаниям РЗЭ (рис. 1) эти амфиболиты ближе к характеру распределения РЗЭ в среднем европейском сланце [7], чем к апоэффузивному амфиболиту ильменогорской толщи [1], считающемуся представителем офиолитовой триады. От последнего экзотические амфиболиты отличаются и более иттриевым составом РЗЭ (отношение Ce/Y в них в пределах 1-3, а у ильменогорских амфиболитов – 2-5). Это обстоятельство косвенно подтверждает наше предположение [10], что часть указанных экзотических амфиболитов Ильмен может являться сильно метаморфизованными продуктами дезинтеграции древней коры выветривания по основным и ультраосновным породам. Другая часть амфиболитов могла произойти за счет магматических пород основания континентальной коры, выведенных на поверхность при ее разрыве в процессе рифтогенеза. Механизмом выведения были как серпентинитовые протрузии, так и явления обдукции. Повышенные количества РЗЭ в амфиболитах могут объяснены влиянием синхронных процессов генерации щелочных магм (миаскитов) при этом рифтогенезе.

С.Ф. Соболев [15] считает, что основная масса РЗЭ в основных и ультраосновных породах Урала содержится в главных породообразующих минералах: плагиоклазе, пироксене и рого-

Таблица 1  
Содержание редкоземельных элементов (г/т) в амфиболитах, слагающих включения в метагипербазитах

РЗЭ	Цоизитовые и клиноцоизитовые						
	У-84-1	У-84-2	У-718-А	У-39-1	У-295-2	ИК-173-5-1	ИК-173-6
La	121	158	172	8	98	22	21
Ce	280	354	118	24	185	58	52
Pr	33	41	14	4	17	8	4
Nd	159	178	53	17	77	35	28
Sm	32	39	10	4	11	7	6
Gd+Eu	37	51	11	7	11	9	8
Tb+Y	228	294	36	23	24	25	17
Dy	38	42	7	6	5	4	4
Ho	10	10	1	1	1	2	1
Er	31	38	3	1	3	4	2
Tm	6	4	0.4	0.4	3	3	4
Yb	23	37	3	4	4	3	4
ΣРЗЭ	998	1246	428.4	99.4	439	180	151
Относительное количество (%)							
Легких РЗЭ	59.4	58.7	81.2	53.4	85.9	68.3	69.6
Средних РЗЭ	34.6	35.0	17.4	41.2	11.8	26.1	23.8
Тяжелых РЗЭ	6.0	6.3	1.4	5.4	2.3	5.6	6.6

Продолжение таблицы 1

РЗЭ	Диопсидсодержащие					
	У-305-4	ИК-118-1	ИК-118-3	ИК-173-1	ИК-173-8	ИК-173-14
La	6	3	10	31	12	9
Ce	15	7	26	88	23	22
Pr	3	1	4	12	3	3
Nd	10	5	18	54	14	12
Sm	2	2	4	13	3	2
Gd+Eu	3	2	7	17	3	4
Tb+Y	9	9	26	74	7	5
Dy	1	2	5	15	2	2
Ho	-	1	2	5	-	-
Er	1	2	4	10	1	-
Tm	-	0.4	-	4	-	-
Yb	-	3	2	11	-	-
ΣРЗЭ	50	37.4	108	334	68	59
Относительное количество (%)						
Легких РЗЭ	68.0	42.8	53.7	55.4	76.5	78.0
Средних РЗЭ	30.0	42.8	40.7	37.1	22.1	22.0
Тяжелых РЗЭ	2.0	1.4	5.6	7.5	1.4	-

Продолжение таблицы 1

РЗЭ	Корундсодержащие		Биминеральные		
	ИК-125-2	ИК-156-5	ИК-115-6	ИК-117-2	У-84-1-14
La	49	3	5	11	34
Ce	55	7	17	25	77
Pr	6	1	4	2	11
Nd	27	7	14	14	40
Sm	6	4	4	3	8
Gd+Eu	8	4	6	4	16
Tb+Y	34	12	11	6	86
Dy	5	3	4	3	11
Ho	1	1	-	-	5
Er	3	2	1	-	9
Tm	0.4	0.4	-	-	1
Yb	3	3	-	-	9
ΣРЗЭ	197.4	47.4	66.0	68.0	307.0
Относительное количество (%)					
Легких РЗЭ	66.4	38.0	60.6	76.5	52.8
Средних РЗЭ	27.4	50.6	37.9	23.5	41.0
Тяжелых РЗЭ	3.2	11.4	1.5	-	6.2

Продолжение таблицы 1

РЗЭ	Двуамфиболовые	Фассаитовые	Гранатовые и безгранатовые горнблендиты	
	ИК-149	ИК-173-13-2	У-933-1	ИК-164-3
La	2	10	329	7
Ce	7	28	65	18
Pr	1	4	8	3
Nd	7	18	37	14
Sm	2	6	11	4
Gd+Eu	4	7	25	5
Tb+Y	19	17	95	12
Dy	3	4	14	3
Ho	1	1	3	-
Er	2	3	8	1
Tm	-	0.4	1	-
Yb	-	3	10	-
ΣРЗЭ	48.0	101.4	606.0	67.0
Относительное количество (%)				
Легких РЗЭ	35.4	59.2	72.5	62.7
Средних РЗЭ	60.4	34.5	24.4	35.8
Тяжелых РЗЭ	4.2	6.3	3.1	1.5

Примечания: анализы выполнены Л. Ф. Баженовой методом бу-  
мажной хроматографии в Институте минералогии УрО РАН, г. Миасс.

Продолжение примечания к таблице 1.

Пробы отобраны В. Г. Кориневским на территории Ильменского заповедника: У-84-1, У-84-2, У-718-А, У-39-1, У-295-2 – Уразбаевский участок; ИК-173-5-1, ИК-173-6 – Савелькульский участок; У-305-4 – Уразбаевский участок; ИК-118-1, ИК-118-3 – южное побережье оз. Бол. Таткуль; ИК-173-1, ИК-173-8, ИК-173-14 – Савелькульский участок; ИК-125-2 – южный берег оз. Бол. Таткуль у Змеиной горки; ИК-156-5 – северный берег оз. Бол. Миассово у Гранатовой горки; ИК-115-6 – островок у западного берега оз. Ынышко; ИК-117-2 – межозерье Бол. Миассово – Бол. Таткуль; У-84-1-14 – Уразбаевский участок; ИК-149-восточное побережье оз. Бол. Таткуль; ИК-173-13-2 – Савелькульский участок; У-933 – Уразбаевский участок; ИК-164-3 – верховья р. Ильменки, левобережье.

вой обманке. Исследования Ф.П. Леснова [11] показали, что амфиболы являются важнейшими концентраторами РЗЭ в магматических породах. При этом среди РЗЭ резко преобладают Се и Nd. Именно этим обстоятельством можно объяснить весьма существенную роль Се и Nd в составе РЗЭ экзотических амфиболитов Ильмен. Заметную долю в такое распределение Се и Nd вносят и гранаты, в которых легкие лантаноиды также преобладают [2]. Вместе с тем следует заметить очень большую разницу в содержаниях и относительной роли РЗЭ в составе гранатов из амфиболитов ильменогорской толщи [2] и гранатов экзотических (корундовых) амфиболитов (табл. 2, проба У-718-А). По предварительным данным микрозондового анализа в последних содержатся необычайно высокие количества Pr, Gd, Tb и, особенно, Dy (3219 г/т) Такие различия в спектре составов РЗЭ и их количеств в гранатах из амфиболитов различного происхождения позволяют использовать РЗЭ в качестве индикаторного признака. Нами установлены (табл. 2) и очень высокие концентрации РЗЭ в цоизитах и клиноцоизитах, играющих заметную роль в составе экзотических амфиболитов. Видимо, почти все количество Pr, Dy, Eu и Lu в этих породах сконцентрировано в указанных минералах группы эпидота. На долю апатита также падает существенная часть содержаний Се, Eu, Tb, Dy, Er и Lu, но его количество в амфиболитах редко достигает 1 % объема породы и поэтому мало сказывается на ее валовом составе.

Таблица 2

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в некоторых минералах из амфиболитов Ильменских гор  
(предварительные данные)

РЗЭ	Апатит	Цоизит	Клиноцоизит	Гранат		
	У-295-2	У-295-2	У-718-А	У-718-А	7	8
La	-	51	-	-	1.6	6.8
Ce	405	243	-	-	9.7	12
Pr	-	1328	4980	913	-	0.9
Nd	-	609	-	-	5.5	6.2
Sm	-	-	-	-	3.3	6.4
Gd	-	-	-	261	6.7	10.9
Eu	609	-	870	-		
Tb	160	-	-	320	55.8	38.1
Y	-	-	-	-		
Dy	267	478	870	-	2.6	2.6
Er	267	267	-	-		
Yb	-	-	-	-	8.3	7.3
Lu	352	484	528	-	-	-

Примечания: минералы из проб У-295-2 и У-718-А (амфиболиты из включений в метагипербазитах Уразбаевского участка) проанализированы на микрозонде JXA-733 в Институте минералогии УрО РАН, аналитик Е. И. Чурин. 7 и 8 – гранаты из амфиболитов ильменогорской толщи [2].

### Редкие земли в амфиболитах и кристаллосланцах кыштымской толщи

Амфиболиты в кыштымской толще, вопреки распространенному мнению [17], играют резко подчиненную роль среди преобладающих в ней кварцитов и гранат-биотитовых плагиогнейсов (кристаллосланцев). Их природа и форма залегания выяснены недостаточно [8]. Выше уже рассмотрены составы и условия залегания т. н. экзотических амфиболитов в кыштымской толще. Ниже пойдет речь об амфиболитах, слагающих пластовые тела, чередующиеся с кварцитами и кристаллосланцами. Отличительной их особенностью являются отчетливые сланцеватые текстуры, более широкий спектр состава плагиоклаза (от андезина до лабрадора), незначительное количество граната, присутствие диопсида и развитие по нему амфиболовых псевдоморфоз, отсутствие цоизита, клиноцоизита и корунда. Содержание РЗЭ пока определено лишь в одном образце таких

Содержания редкоземельных элементов (г/т) в амфиболитах и кристаллосланцах кыштымской толщи

РЗЭ	Амфиболиты с куммингтонитом, чермакитом, жедритом и антофиллитом				Сланцеватый амфиболит	Жедрит-биотитовые кристаллосланцы с гранатом		Кианитовые кристаллосланцы
	ИК-105-12	ИК-105-6	ИК-105-34	ИК-105-41	У-467	ИК-105-39	ИК-105-14	К-289-П
La	7	9	28	8	10	8	16	33
Ce	20	20	62	17	26	16	42	87
Pr	40	3	7	2	3	4	6	10
Nd	11	13	38	10	16	13	24	43
Sm	3	3	8	2	5	2	5	9
Gd+Eu	3	4	10	3	7	4	5	12
Tb+Y	9	11	18	6	15	11	14	61
Dy	1	2	2	2	4	1	2	6
Ho	-	1	-	-	1	-	-	3
Er	-	-	2	1	4	1	2	6
Tm	-	--	-	-	-	-	-	-
Yb	-	2	-	-	2	-	-	5
ΣРЗЭ	94	68	175	51	93	60	116	275
Относительное количество (%)								
Легких РЗЭ	83.0	66.2	77.1	72.5	59.1	68.3	75.9	62.9
Средних РЗЭ	17.0	30.9	21.7	25.5	34.4	30.0	22.4	33.1
Тяжелых РЗЭ	-	2.9	1.2	-	-	-	-	-

Примечания: анализы выполнены Л.Ф. Баженовой методом бумажной хроматографии в Институте минералогии УрО РАН, г. Миасс. Пробы отобраны В.Г. Кориневским на территории Ильменского заповедника: образцы с индексом ИК-105 взяты из стенок канавы на восточном берегу залива Зырянковка на восточном побережье оз. Бол. Миассово (копья 288); обр. У-467 – север Уразбаевского участка на левобережье р. Ильменки; обр. К-289-П – межозерье Ынышко-Бол. Таткуль (копья 289).

амфиболитов (табл. 1, проба У-467). Количество РЗЭ в нем достаточно велико (93 г/т), легкие РЗЭ заметно преобладают над средними. Как и в случае с экзотическими амфиболитами, в составе РЗЭ наиболее заметную роль играют La, Ce, Nd, Tb+Y.

В составе кыштымской толщи выявлены необычные по набору минералов маломощные пластовые тела амфиболитов среди гранат-биотитовых жедритовых кристаллосланцев [8, 9]. Они вскрыты канавами и шурфами на восточном берегу залива Зырянковка на оз. Бол. Миассово. Амфиболиты характеризуются совместным присутствием 3-4х разновидностей амфиболов: куммингтонита, жедрита, чермакита, антофиллита. Амфиболиты, где совместно присутствуют эти минералы, на Урале отмечены еще лишь в Александровском комплексе [13], а так же в Вороньей тундре Кольского полуострова [6]. Куммингтонит с чермакитом, жедрит с антофиллитом нередко образуют синтаксические сростки [9]. Жедрит в этих амфиболитах Зырянковки является более поздним минералом, чем чермакит и куммингтонит, но следов замещения указанных амфиболов жедритом не зафиксировано. Примечателен очень основной (лабрадор-анортит) состав плагиоклаза, свежий облик всех минералов породы. Эти амфиболиты кыштымской толщи содержат еще больше РЗЭ (около 70-170 г/т)Ю в них резко доминируют легкие РЗЭ (66-83 %), а среди последних – Ce и Nd (табл. 3, пробы ИК-105-6, 12, 34).

Сходное с описанными выше амфиболитами 3-4х амфиболовых ассоциаций распределение РЗЭ обнаруживают и чередующиеся с ними жедрит-биотитовые кристаллосланцы (табл. 3, пробы ИК-105-39, 14, 41), нередко содержащие крупные кристаллы пироп-альмандина, заметные количества рутила, ильменита и ставролита. Плагиоклаз в кристаллосланцах так же основной.

Высокими содержаниями РЗЭ (275 г/т) характеризуются слюдястые силлиманит-кианитовые кристаллосланцы, залегающие в виде прослоя среди графитистых кварцитов кыштымской толщи между озерами Ынышко и Бол. Таткуль (табл. 3, проба К-289-П). Среди других пород кыштымской толщи они выделяются наибольшими количествами La, Ce, Pr, Nd, Tb+Y, что, возможно, обусловлено повышенными содержаниями в этих породах апатита.

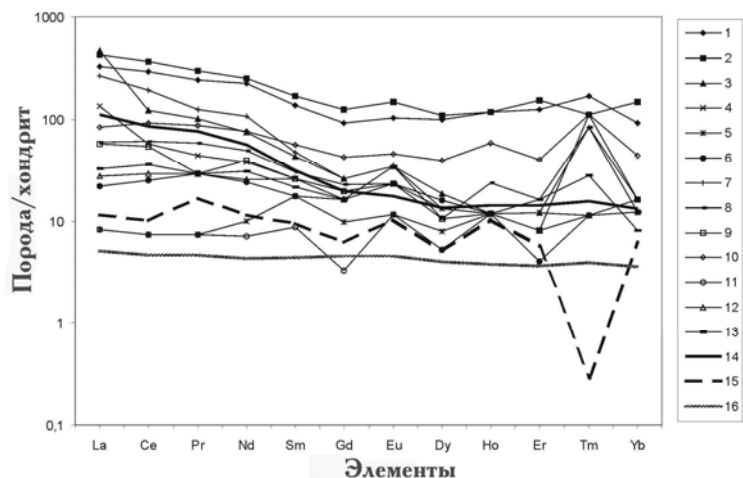


Рис. 1. Составы РЗЭ в экзотических амфиболитах Ильмен [10], нормированные по хондриту. 1-13- номера проб (см. табл. 1[10]). 14-средний европейский сланец [7], 15- апоэффузивный амфиболит ильменогорской толщи [1], 16- меланократовое амфиболовое габбро Давыдовского дунит-клинопироксенит-габбрового массива Среднеуральской платиноносной ассоциации [14].

### Выводы

Амфиболиты из глыб-включений в блоках метаморфизованного серпентинитового меланжа в кварцитах кыштымской толщи Ильменогорского комплекса по своему химизму формально относятся к ультраосновным породам (содержания  $\text{SiO}_2$  часто менее 40 %), но по высоким количествам  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , щелочей таковыми не могут являться. По этим признакам указанные породы не находят своих аналогов среди изверженных пород [12]. Чрезвычайно большие по сравнению с обычными основными и ультраосновными породами содержания РЗЭ в экзотических амфиболитах Ильмен, резкое преобладание в них легких РЗЭ, практическое отсутствие – тяжелых, повышенные содержания Ni и Cr, заставляют согласиться с предположением [10], что протолитом таких амфиболитов могли быть продукты дезинтеграции древней коры выветривания по основным и ультраосновным породам. Судя по минеральному составу и петро-

петрографическим особенностям, часть амфиболитов из включений в метагипербазитах может оказаться отторженцами интрузивных пород нижних частей земной коры Урала, выведенных на поверхность серпентинитовыми протрузиями, либо при обдукционных явлениях во время рифтогенеза.

Преобладание в составе амфиболитов с уникальным 3-4х амфиболовым парагенезисом и чередующихся с ними гранатовых жедрит-биотитовых кристаллосланцев кыштымской толщи легких РЗЭ; очень высокая глиноземистость, кальциевость и магнизиальность пород свидетельствуют в пользу мнения о первично-осадочном происхождении этих пород.

### Литература

1. Баженов А. Г., Баженова Л. Ф. Состав редких земель в породах Ильменогорского комплекса // Ежегодник-1972 Ин-та геол. и геох. УНЦ АН СССР. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. С. 89-91.
2. Баженов А. Г., Баженова Л. Ф., Иванов Б. Н., Попов В. А. Состав редкоземельных элементов в гранатах из пород Ильменогорского комплекса // Элементы-примеси в минералах и горных породах Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 65-66.
3. Балашов Ю. А., Кременецкий А. А., Швец В. М. Геохимические критерии природы докембрийских амфиболитов // Геохимия. 1972. № 11. С. 1358-1371.
4. Балашов Ю. А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 266 с.
5. Гельман Е. М. Редкоземельные элементы // Методы химического анализа минерального сырья. М.: ГНТИ, 1960. С. 17-28.
6. Глаголев А. А., Боронихин В. А. Парагенезисы и составы минералов трехамфиболовых амфиболитов района Вороньих тундр, Кольский полуостров // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1976. № 3. С. 25-37.
7. Интерпретация геохимических данных: Учеб. Пособие / Е. В. Скляр и др.; Под ред. Е. В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
8. Кориневский В. Г. Новые подходы к геологии Ильмен // Уральский геолог. журнал. 2000. № 2. С. 33-50.
9. Кориневский В. Г., Кориневский Е. В. Разнообразие минерального состава амфиболитов сайтовской и кыштымской толщ Ильменогорского комплекса // Минералогия Урала-2003. Т. 1. Общие вопросы минералогии и петрографии. Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. С. 74-84.
10. Кориневский В. Г., Кориневский Е. В. Экзотические амфиболиты Ильменских гор (Южный Урал): состав и геологическая позиция // Геология и геофизика. 2004. № 9. С. 33-35.

**11. Леснов Ф. П.** Закономерности распределения редкоземельных элементов в амфиболах // Записки ВМО. 2002. № 5. С. 75-98.

**12. Петрографический кодекс.** Магматические и метаморфические образования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. 128 с.

**13. Пыстин А. М.** Александровский гнейсово-амфиболитовый комплекс // Вулканизм, метаморфизм и железистые кварциты обрамления Тараташского комплекса. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 3-32.

**14. Смирнов В. Н.** Давыдовский дунит-клинопироксенит-габбровый массив – пример ассоциации платиноносного типа в восточной части Урала // Петрология. 2002. Т. 10. № 3. С. 254-269.

**15. Соболев С. Ф.** Редкоземельные элементы в ультраосновных и основных породах Урала // Геохимия. 1965. № 4. С. 433-442.

**16. Тугаринов А. И., Вайнштейн Э. Е.** Закономерности распределения редких земель, циркония и гафния в изверженных горных породах // Геохимия редких элементов в связи с проблемой петрогенезиса. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 20-35.

**17. Юрецкий В. Н., Петров В. И., Кузнецов Г. П. и др.** Отчет Ильменогорского геологосъемочного отряда о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000 Ильменогорской площади... в Каслинском и Аргаяшском районах и территориях г. г. Кыштым, Карабаш, Миасс, Чебаркуль Челябинской области за 1976-1982 годы (в 10 томах). Т. 1 (текст отчета). Челябинск, 1982. Геолфонды ЧКГЭ, УТГУ, Ильменского заповедника. 280 с.

**18. Номенклатура амфиболитов:** доклад подкомитета по амфиболитам КНМНМ. ММА// Зап. ВМО. 1997, № 6. с.82-102.