

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПОРОДАХ МУРОВДАГСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (МАЛЫЙ КАВКАЗ)

© 2020 г. Н. А. Имамвердиев^а, *, В. М. Баба-заде^а, М. И. Мансуров^а, Ш. Ф. Абдуллаева^а

^аБакинский Государственный Университет

ул. Академ. З. Халилова, 23, Баку, AZ1148 Азербайджанская Республика

*e-mail: inazim17@yahoo.com

Поступила в редакцию 21.11.2018 г.

После доработки 24.03.2019 г.

Принята к публикации 25.03.2019 г.

В статье рассматриваются распределение редкоземельных элементов в магматических и метасоматических породах Муровдагского рудного района Малого Кавказа. Установлено, что метасоматиты и вмещающие породы Муровдагского рудного района характеризуются преобладанием легких редкоземельных элементов над тяжелыми. Весь комплекс полученных данных свидетельствует о том, что в составе рудообразующих флюидов преобладали компоненты магматической природы. Но, не исключается смешение магматических флюидов с метеорными водами. Выяснено, что метасоматиты и вмещающие магматические породы изученных месторождений обладают близкими параметрами распределения, что может свидетельствовать о том, что аналогичные магматические породы стали субстратом для метасоматоза.

Ключевые слова: Муровдагский рудный район, Малый Кавказ, редкоземельные элементы, метасоматиты

DOI: 10.31857/S0016752520020053

ВВЕДЕНИЕ

Редкоземельные элементы широко используются при изучении магматических пород. По этой проблеме существуют многочисленные публикации. Относительно немного публикаций посвящено особенностям распределения редкоземельных элементов в магматических породах Кавказа (Гугушвили и др., 2002; Имамвердиев, 2003; Попов и др., 2002). Для метасоматических пород Малого Кавказа и сопровождающей их гидротермальной минерализации данные по редкоземельным элементам практически отсутствуют. Нами изучено содержание редкоземельных элементов в метасоматитах и вмещающих их магматических породах Муровдагского рудного района и сделан ряд генетических выводов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы пород исследовались методом масс-спектрографии с индуктивно-связанной плазмой (ISP-MS). Аналитические исследования выполнялись в аналитической лаборатории USGS Геологической службы США (г. Денвер). При анализах использованы аттестованные внутренние стандарты. Для оценки окислительно-восстановительных

условий среды рудообразования использовано отношение Eu/Eu^* ($Eu/Eu^* = Eu/(Sm + Gd)/2$), для выявления степени дифференциации легких и тяжелых РЗЭ в изученных породах – отношения La/Yb , Ce/Yb , для выявления природы флюидов – Ce/Ce^* ($Ce/Ce^* = Ce_N/((2La_N + Sm_N)/3)$).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

Муровдагский рудный район Малого Кавказа известен наличием гидротермальной минерализации разного типа: медной, молибденовой, свинцово-цинковой и др. Основными являются группы Кошкардагской медно-порфировой и Муровдагской медно-полиметаллической минерализации (Баба-заде и др., 1990; Минер. сырьевые ресурсы Аз-на, 2005).

В геологическом строении рудного района принимают участие нижнебайосские вулканогенные, вулканогенно-пирокластические образования основного и среднего состава, принадлежащие к базальт-андезитобазальтовому комплексу, контрастной базальт-риолитовой формации (Геол. Аз-на, 2003).

Вулканогенная толща нижнего байоса прорвана Кошкарчайским интрузивным комплексом, представленным Кошкардагским, Оджагдагским

и Баладжа-Кошкарчайским гранитоидными массивами. Эти интрузивы прорывают мощный комплекс эффузивно-пирокластических образований среднеюрского возраста и оказывают на них контактное воздействие. Большинство исследователей относят интрузивы Муровдагской группы к габбро-диорит-гранодиоритовой формации. Сложена она габбро, габбро-диоритами, кварц-диоритами, гранодиоритами.

Минеральный состав габброидов, наряду с основным плагиоклазом (Ap_{52-56}), представлен пироксенами (ромбические, частично моноклинные), роговой обманкой и в кварцевых разностях незначительно кварцем (3–4%). Из аксессуаров присутствуют ильменит, магнетит, апатит, эпидот. Породы являются среднезернистыми массивными породами темно-серого цвета с гипидиоморфно-зернистой и габбровой структурой.

Кварцевые диориты – породы главной интрузивной фации, – представляют полнокристаллические среднезернистые породы серого, зеленовато-серого цвета с гипидиоморфно-зернистой структурой. Минеральный состав выражен плагиоклазом (Ap_{45-48}), кварцем, роговой обманкой, авгитом, биотитом, аксессуарными – магнетитом, апатитом, эпидотом, цоизитом. Гранодиориты распространены менее чем кварцевые диориты и отличаются относительно меньшим содержанием плагиоклаза и роговой обманки и несколько большим содержанием кварца.

Пространственное распределение медно-порфинового и полиметаллического оруденения контролируется разрывными нарушениями различного направления, определяющими блоковое строение рудного поля (Фаталиев, 1995; Мин. сырьевые ресурсы Аз-на, 2005). Многие из них сопровождаются гидротермальными изменениями пород: окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, эпидотизацией (рис. 1). Гидротермально-метасоматические изменения развиты также по контактам интрузивных пород, зальбандам, даек и жил. Исходными породами, преобразованными в метасоматиты, являются как интрузивные, так и вмещающие их вулканогенные образования.

Вокруг рудогенерирующего интрузива можно выделить три постепенно сменяющие друг друга в пространстве метасоматические зоны. Внутренняя зона, охватывающая эндоконтактовую и апикальную части порфинового интрузива, представлена интенсивно окварцованными, почти нацело преобразованными во вторичные кварциты породами. Отмечаются чешуйки серицита, мусковита. Судя по минеральному составу, данная зона соответствует кварц-серицитовой фации вторичных кварцитов.

Рудоносность зон кварц-серицитовых метасоматитов обычно слабая. Причина этому редкая

вкрапленность сульфидов, преимущественно халькопирита. С глубиной содержание меди увеличивается от 0.01% на поверхности до 0.05%. При этом в составе прожилков появляются кальцит и хлорит, увеличивается количество серицита. Глубже из-за значительного увеличения количества хлорита метасоматиты переходят в кварц-серицит-хлоритовую фацию вторичных кварцитов, в которой содержание меди уже достигает 0.15%. Т.е. наблюдается вертикальная зональность метасоматитов.

Промежуточную (среднюю) зону метасоматитов можно отнести к кварц-серицит-хлоритовой фации вторичных кварцитов. Минеральный состав пород зоны представлен кварцем, хлоритом, серицитом, эпидотом, кальцитом и пиритом (первые три минерала являются главными). На эти породы накладывается медно-порфировая минерализация прожилково-вкрапленного типа.

Третья, внешняя зона метасоматитов представлена пропиловитовой фацией вторичных кварцитов. Породы данной фации сложены хлоритом, эпидотом, цоизитом, альбитом, серицитом, а также пиритом. В этой зоне иногда наблюдаются небольшие рудные интервалы с повышенным содержанием меди. В рудных прожилках установлено относительно высокое содержание серебра, а также наличие сфалерита. В этой зоне локально проявлены также хлорит-кварцевая и аргиллитовая ассоциации.

Таким образом, в районе исследования широко развиты интрузивные и вулканогенные образования, подвергающиеся в различной степени метасоматическому изменению. Последние представлены в основном вторичными кварцитами различных фаций. Нами изучены составы редкоземельных элементов в интрузивных, вулканогенных породах и их метасоматически измененных продуктах – вторичных кварцитах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение редкоземельных элементов во вмещающих породах и метасоматитах рудного района приведено в табл. Все породы, в том числе все метасоматические породы характеризуются небольшим преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми. Отношение La/Yb составляет 1.4–4.6. Только в диоритах наблюдается существенное преобладание легких лантаноидов над тяжелыми, $La/Yb = 13.4$. Цериевая аномалия Ce/Ce^* в метасоматитах составляет 0.81–1.03. Отсутствие цериевой аномалии в метасоматитах может указать на преобладание магматогенных флюидов в составе формирующих метасоматиты и рудную минерализацию флюидов. Об этом также свидетельствуют данные распределения редкоземельных элементов в метасоматитах и вмещающих магматических породах. Как видно из рис. 2,

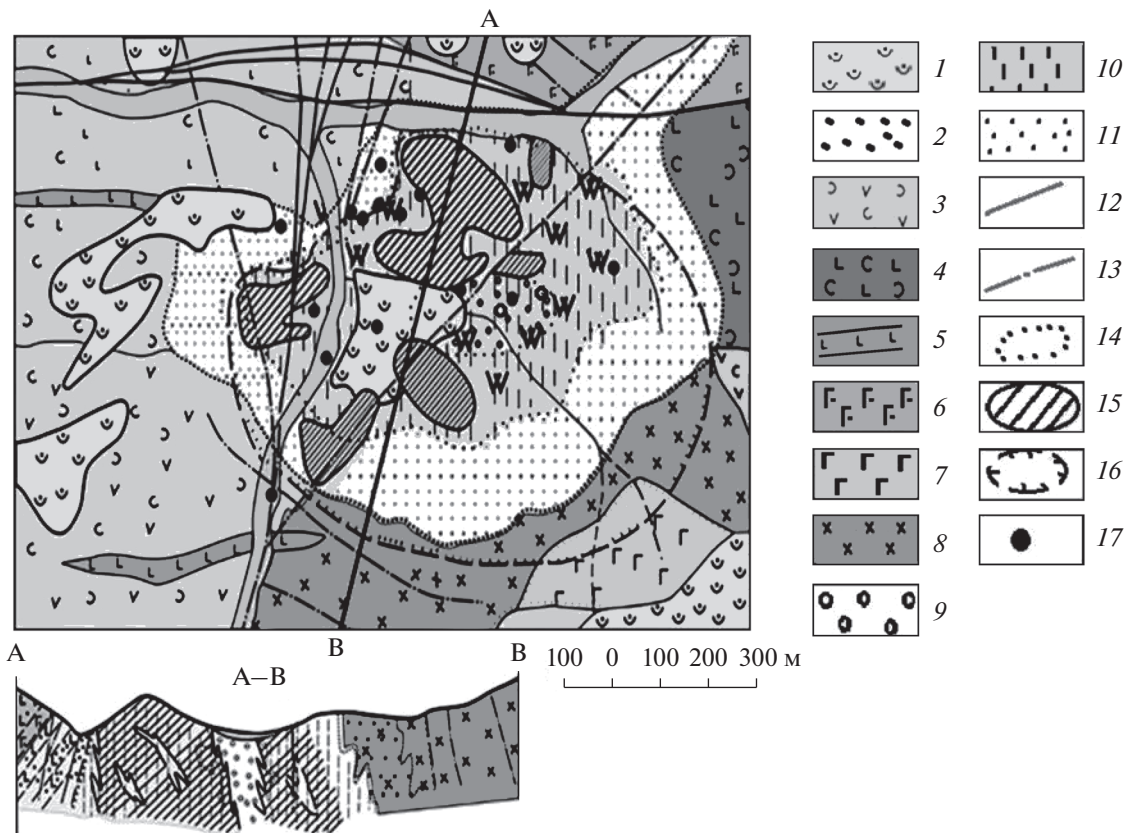


Рис. 1. Геологическая карта Кошкарчайского месторождения медно-порфировых руд (масштаб 1 : 10 000). 1 – современные элювиально-делювиальные отложения; 2 – алювиальные, пролювиальные отложения; 3 – андезиты и их туфы; 4 – диабазы и их туфы; 5 – дайки диабазовых порфиритов; 6 – пластовые тела габбро, габбро-пироксенитов; 7 – габбро, габбро-диориты; 8 – диориты, кварцевые диориты. Фации вторичных кварцитов: 9 – монокварцевая; 10 – кварц-серицитовая; 11 – пропилитовая (хлоритизированные, окварцованные, кальцитизированные, эпидотизированные и пиритизированные породы с прожилково-вкрапленной рудной минерализацией). Разрывные нарушения: 12 – региональные рудоконтролирующие; 13 – прочие; 14 – границы фации вторичных кварцитов; 15 – контуры медно-порфировых рудных тел с промышленным содержанием на поверхности; 16 – ореолы распространения медно-порфировых руд; 17 – буровые скважины.

тренды распределения редкоземельных элементов в метасоматитах наследуют особенности распределения этих элементов в исходных породах, подвергшихся метасоматическим преобразованиям (габброидов, диоритов и андезитов). При этом максимальная величина суммы редкоземельных элементов наблюдается для диоритов (91 г/т), а минимальная – для габбро (6.5 г/т). Обогащение легкими лантаноидами диоритов видно и по величине Ce/Yb соотношения: в отличие от пород других типов, для этих пород она составляет 25.7, что может указывать на магматогенный источник флюидов.

ОБСУЖДЕНИЕ

В целом низкие Eu/Sm отношений в магматических породах (0.4), вторичных кварцитах (0.3–0.5) и вторичных кварцитах с рудной минерализацией (0.4–0.5) указывает на то, что все дорудные

и рудные процессы протекали в верхней коре, в близких по глубине формирования условиях (Гушвили и др., 2002). В остальных породах и метасоматитах суммарное содержание редкоземельных элементов приблизительно одинаковое. Eu/Eu^* отношение во всех типах пород в целом приближается к 1, что свидетельствует об участии относительно восстановленных флюидов при образовании этих пород (Балашов, 1976). Для оценки поведения редкоземельных элементов при образовании метасоматитов проведены нормирование рудно-метасоматических пород по фоновым содержаниям этих элементов в исходном неизменном габбро (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что при образовании рудных метасоматитов редкоземельные элементы проявляют различную подвижность. В целом, за исключением одного образца, наблюдается слабая подвижность редкоземельных элементов. В од-

Таблица 1. Содержание редкоземельных элементов в магматических, метасоматических породах Муровлягского рудного района

Компонент	Габбро				Диорит	Базальт	Андезит			Вторичный кварцит	Рудный вторичный кварцит			Медно-порфировая руда
	G-72	G-73	G-74	G-79			G-80	G-82	G-75		G-76	G-77	G-78	
La	0.77	0.79	1.5	1	18.7	5.2	1.4	0.94	0.97	0.79	1.1	0.68	3.2	1.1
Ce	1.5	1.5	2.9	2.2	36	10	2.8	2	2.1	1.6	2.3	2	5.8	2
Pr	0.24	0.25	0.41	0.32	4.6	1.4	0.42	0.29	0.32	0.24	0.39	0.35	0.9	0.28
Nd	1	1	1.8	1.4	16.5	5.8	1.9	1.3	1.4	1.1	2	1.8	3.6	1.2
Sm	0.32	0.31	0.51	0.47	3.2	1.7	0.57	0.4	0.43	0.37	0.71	0.58	0.95	0.31
Eu	0.13	0.14	0.18	0.19	1.1	0.57	0.22	0.17	0.17	0.17	0.22	0.17	0.36	0.17
Gd	0.52	0.48	0.73	0.68	3.3	2.2	0.87	0.62	0.64	0.51	0.98	0.95	1.1	0.43
Tb	0.1	0.098	0.16	0.15	0.58	0.46	0.2	0.14	0.14	0.12	0.21	0.19	0.22	0.094
Dy	0.72	0.66	1.1	1	3.1	3	1.3	0.97	0.98	0.8	1.4	1.2	1.3	0.62
Ho	0.16	0.16	0.24	0.22	0.6	0.63	0.29	0.22	0.22	0.18	0.27	0.28	0.28	0.14
Er	0.56	0.53	0.8	0.74	1.7	2.3	1	0.73	0.75	0.59	0.88	0.94	0.88	0.52
Tm	0.094	0.081	0.13	0.13	0.24	0.36	0.16	0.11	0.13	0.1	0.14	0.15	0.13	0.08
Yb	0.49	0.48	0.77	0.72	1.4	2	0.98	0.64	0.77	0.53	0.85	0.89	0.74	0.58
ΣPЗЭ	6.604	6.479	11.23	9.22	91.02	35.62	12.11	8.53	9.02	7.1	11.45	10.18	19.46	7.524
La/Yb	1.571	1.645	1.948	1.388	13.357	2.6	1.428	1.468	1.259	1.490	1.294	0.764	4.324	1.896
La _n /Y _{bn}	1.127	1.180	1.397	0.996	9.581	1.864	1.024	1.053	0.903	1.069	0.928	0.548	3.101	1.360
Eu/Eu*	0.969	1.106	0.901	1.026	1.025	0.900	0.953	1.040	0.989	1.196	0.806	0.696	1.073	1.423
Ce/Ce*	0.856	0.845	0.888	0.936	0.987	0.891	0.883	0.929	0.936	0.863	0.809	1.028	0.856	0.866
Σ(PЗЭ) _n	35.518	34.581	56.537	49.476	343.65	172.10	64.395	45.571	48.394	38.803	61.694	56.569	88.65	60.215
Ce/Yb	3.061	3.125	3.766	3.055	25.714	5	2.857	3.125	2.727	3.018	2.705	2.247	7.837	3.448
Eu/Sm	0.406	0.451	0.352	0.404	0.343	0.335	0.385	0.425	0.395	0.459	0.309	0.293	0.378	0.548

Примечания. Eu/Eu* = Eu/((Sm + Gd)/2); Ce/Ce* = Ce_N/((2La_N + Sm_N)/3).

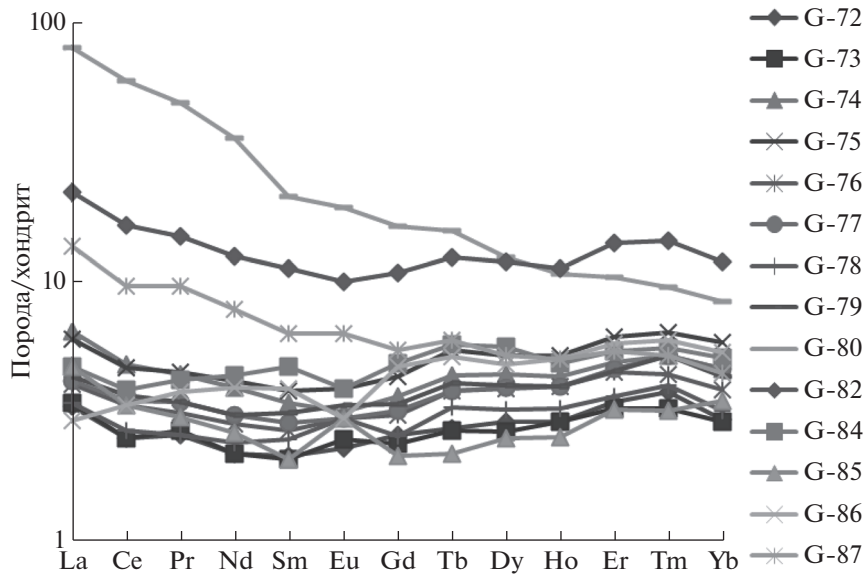


Рис. 2. Распределение редкоземельных элементов в магматических и метасоматических породах Муровдагского рудного района нормированных по хондриту (Sun, McDonough, 1989). (Номера проб см. табл. 1).

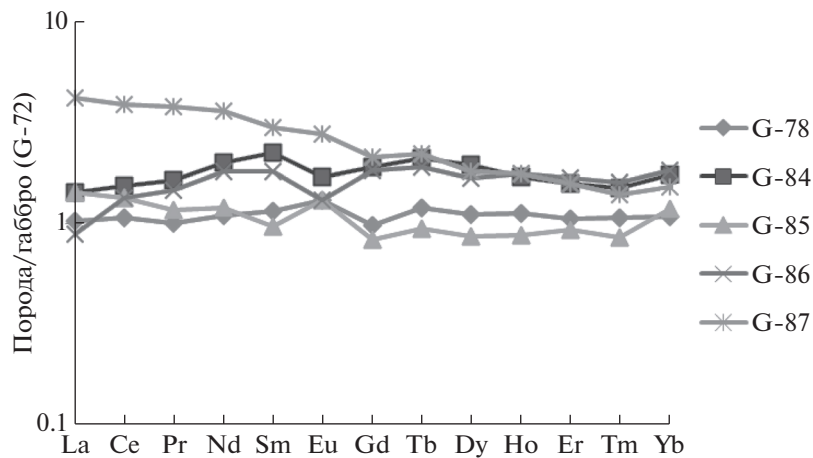


Рис. 3. Распределение редкоземельных элементов в магматических и метасоматических породах Муровдагского рудного района нормированных по габбро (обр. G-72) (номера проб см. табл. 1).

ном образце (G-87) наблюдается минимальная подвижность легких редкоземельных элементов (от La до Sm) и максимальный вынос тяжелых редкоземельные элементы.

Анализ полученных данных показывает, что метасоматиты и вмещающие магматические породы изученных месторождений обладают близкими параметрами распределения, что может свидетельствовать о том, что аналогичные магматические породы стали субстратом для метасоматоза.

Об этом свидетельствуют также закономерное распределение некогерентных элементов. На бинарных диаграммах La–Nb и Sm–Nb метасома-

титы и вмещающие породы образуют единый тренд (рис. 4).

В азербайджанской части Лок-Карабахской зоны медно-порфировое оруденение также установлено в Кедабекском (Карадаг, Хар-хар) и Карабахском (Демирли, Хачинчай, Джанятаг, Гюлятаг и др.) рудных районах (Баба-заде и др., 1990; Минер. сырьевые ресурсы Аз-на, 2005).

Указанные рудные районы характеризуются близостью геологического строения, металлогении и магматизма с вышеуказанными месторождениями Муровдагского рудного района и их всех можно отнести высоко сульфидным порфирово-

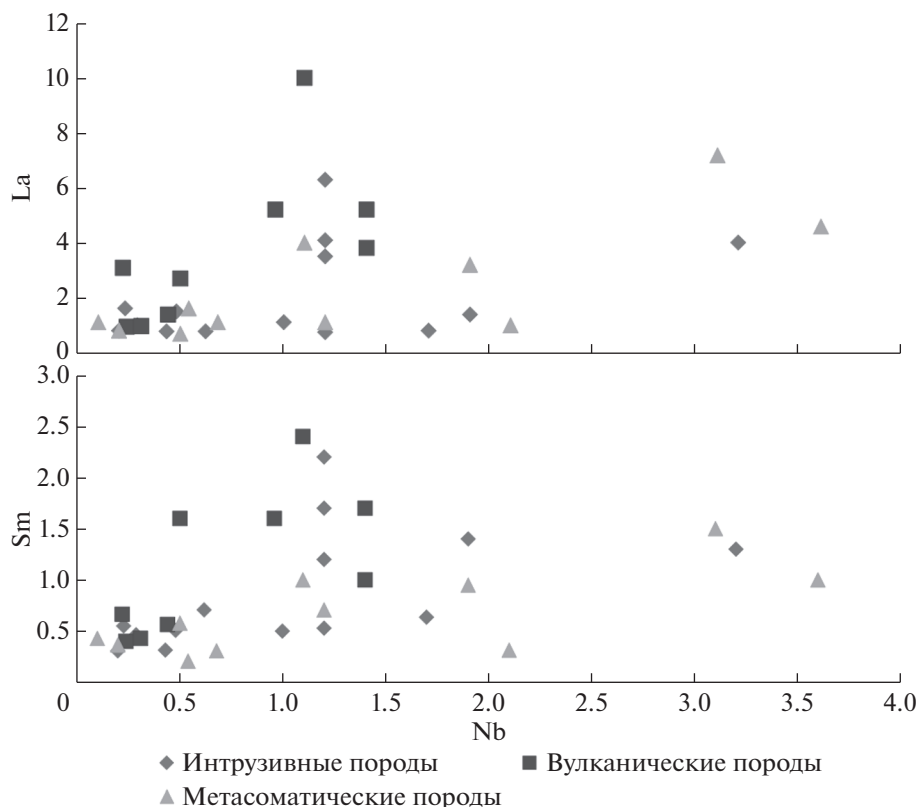


Рис. 4. Соотношение La–Nb и Sm–Nb в магматических и метасоматических породах Муровдагского рудного района. Интрузивные породы (габбро, габбро-долериты, диориты, кварцевые диориты); Вулканические породы (базальты, базальтовые андезиты, андезиты); Метасоматические породы (вторичные кварциты, рудные вторичные кварциты).

эпитермальным системам (Cooke, Simmons, 2000; Sillitoe, 2010; Sillitoe, Hedenquist, 2003). Весь комплекс полученных данных свидетельствует о том, что в составе рудообразующих флюидов преобладали компоненты магматической природы. Но, не исключается смешение магматических флюидов с метеорными водами (судя по изотопным данным изотопа серы в аналогичных месторождениях Кавказа).

ВЫВОДЫ

1. Метасоматиты и вмещающие породы Муровдагского рудного района характеризуются преобладанием легких редкоземельных элементов над тяжелыми. Все породы имеют однотипное распределение редкоземельных элементов, что указывает на их генетическое единство.

2. При образовании рудных метасоматитов редкоземельные элементы проявляют различную подвижность. В целом наблюдается слабая подвижность редкоземельных элементов. Наблюдается минимальная подвижность легких редкоземельных элементов (от La до Sm), тяжелые же редкоземельные элементы максимально выносятся.

3. Метасоматиты и вмещающие магматические породы изученных месторождений обладают близкими параметрами распределения, что может свидетельствовать о том, что аналогичные магматические породы стали субстратом для метасоматоза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баба-заде В.М., Махмудов А.И., Рамазанов В.Г. (1990) Медно- и молибден порфиоровые месторождения. Баку: изд-во Азернешр, 376 с.
- Балашов Ю.А. (1976) *Геохимия редкоземельных элементов*. М.: Наука, 267 с.
- Винокуров С.Ф. (1996) Европийевые аномалии в рудных месторождениях и их генетическое значение. *ДАН* **146** (6), 792-795.
- Геология Азербайджана, т. III, Магматизм. (2003) Баку, изд-во "Nafta-Press", 524 с.
- Гугушвили В.И., Кекелия М.А., Мун Ч., Нацвлишвили М.П. (2002) Коровые и мантийные источники мелового вулканизма и сульфидного рудообразования в Болнисском рудном районе. *Труды ГИН АН Грузии, новая серия*. Вып. 117, 412-419.
- Имамвердиев Н.А. (2003) Геохимия редкоземельных элементов позднекайнозойских вулканических серий Малого Кавказа. *Геохимия* (4), 425-442.

- Imamverdiyev N.A. (2003) Rare Earth Element Geochemistry of Late Cenozoic Volcanic Series in the Lesser Caucasus. *Geochem. Int.* **41**(4), 379-394.
- Минерально-сырьевые ресурсы Азербайджана (2005) (Под ред. Баба-заде В.М.). Баку, Озан, 808 с.
- Попов В.С., Ляпунов С.М., Семина В.А. (1987) Редкоземельные элементы в плиоцен-четвертичных вулканах Кавказа. *Геохимия* (8), 1159-1173.
- Фаталиев Р.А. (1995) Геологические особенности медно-порфирирового оруденения Агдамского антиклинория Малого Кавказа и условия его формирования. Автореф. дисс. на соиск. степени к. г.-м. н., Баку, БГУ, 25 с.
- Cooke D.R., Simmons S.F. (2000) Characteristics and genesis of epithermal gold deposits. *Reviews in Econom. Geol.* (13), 221-244.
- Sillitoe R.H. (2010) Porphyry copper systems. *Econom. Geol.* (105), 3-41.
- Sillitoe R.H., Hedenquist J.W. (2003) Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits. *Spec. Public. Society of Econom. Geol.* (10), 315-343.
- Sun S.S., McDonough W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In Saunders, A.D., and Norry, M.J., eds., *Magmatism in the Ocean Basins*, Geol. Society London Spec. Public. (42), 313-345.