

О ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ОСТРОВОДУЖНЫХ МАГМАТИТОВ МАЛОГО КАВКАЗА, СОСТАВЕ МАГМ И МАНТИЙНОЙ ИЛИ КОРОВОЙ ИХ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Г.В.Мустафаев

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

В статье рассматриваются составы первичных магм мезозойских островодужных магматов Малого Кавказа и возможные уровни их генерации по геохимическим данным.

Известно, что магмы являются генераторами образования большой группы металлических месторождений, при этом состав магм предопределяет формирование месторождений определенных групп металлов, поэтому исследователи (академики Л.Н.Когарко, Н.Д.Рябчиков и др.) отмечают необходимость определения каким именно (коровым или мантийным) является происхождение магматов каждого региона или крупных структур (или блоков).

Для освещения данного вопроса на примере Малого Кавказа нами выбраны мезозойские магматиты Лок-Агдамской тектономагматической зоны – наиболее полно развитого сегмента малокавказской мезозойской островодужной системы. В этой зоне широкое развитие получили эффузивы базальт-риолитовой формации средней юры, среднеюрские плагиограниты и интрузивы габбро-диорит-гранодиоритовой формации позднеюрско-нижнемелового возраста. Геология указанных магматов наиболее полно описана в многотомнике «Геология Азербайджана», т.Ш, Магматизм (2005). Эта зона характеризуется промышленными медно-золоторудными колчеданными месторождениями в связи с субвулканической фацией риолитового комплекса и месторождениями железа, кобальта, полиметаллов, медно-молибденовых и др. руд различных генетических типов в связи с интрузивами. Регион относится к геологически и петрологически хорошо изученным, однако геохимически он исследован фрагментарно.

В данной статье нами упор сделан на освещение геохимических аспектов состава магм различных петрохимических типов вул-

каногенных и интрузивных пород данного региона. С этой целью выбраны три группы химических элементов:

1) щелочные – Na, K, Li, Rb; 2) щелочноземельные – Ba, Sr; и 3) сидерофильные – Cr, Co, Ni, V.

Выбор этих групп элементов обусловлен следующими причинами:

1) щелочные элементы Na и K являются широко распространенными породообразующими элементами, а Li и Rb в своем распределении четко коррелируются с их распределением и содержанием. В совокупности эта группа элементов позволяет получить информацию об относительной глубине формирования магматических расплавов, провести типизацию групп пород, установить их первичное или гибридное происхождение и др.

2) Ba и Sr относятся к некогерентным элементам (Грин, Рингвуд, 1968) и являются показателем процессов, протекающих в магмах при высоких температурах, высоких или низких давлениях; первичности мантийного происхождения магм; обогащения ими пород в процессе мантийного метасоматоза и др. К этому надо добавить резкое различие содержания Ba и Sr в породах мантийного субстрата и континентальной коры (Лутц, 1975).

3) сидерофильные элементы по концентрации в породах мантийного и корового генезиса резко отличаются, что позволяет использовать их при генетических построениях.

Приведенная группа элементов сравнивается с их кларками по А.П.Виноградову (1962) ввиду широкого их использования; данными Б.Г.Лутца (1975) по различным типам базальтов и континентальной коре; дан-

ными Б.П.Золотарева (1979) по тихоокеанским островным дугам и др. А.А.Беусом и др. в 1976 г., а позже в ИМГРЭ (Москва) опубликованы средние содержания химических элементов, которые за редким исключением не имеют принципиальных отличий от данных А.П.Виноградова. В 2007 г. группой исследователей (Коваленко и др., 2007) опубликованы составы магм и мантии срединно-океанических хребтов, внутриплитных океанических и континентальных обстановок, которые использованы нами частично, ввиду несопоставимости этих данных с таковыми островодужных базальтов Малого Кавказа.

Распределение щелочных элементов Na, K, Li, Rb

На Малом Кавказе, в островодужной Лок-Агдамской зоне, в средней юре (нижний байос) широкое площадное развитие получили базальты и андезибазальты общей мощностью, по Р.Н.Абдуллаеву, около 3 км, среди

них выделены толеитовые, известково-щелочные и высококалийные базальты (Абдуллаев, Мустафаев, 1995). Содержание Na во всех трех типах базальтов (табл.1) близкларковое. В первых двух типах базальтов содержание Li (18 г/т) несколько выше кларка основных пород, а в высококалийных базальтах (22 г/т) несколько выше, чем в средних породах (табл.1). Зависимость содержаний Li от Na не фиксируется. В распределении же калия в базальтах Малого Кавказа четко выявляется увеличение его содержания от толеитов через известково-щелочные базальты к высококалийным базальтам (0,26; 0,54 и 0,95% соответственно). Однако такой последовательности в распределении Rb в разнотипных базальтах не установлено, его содержание составляет 25, 20 и 24 г/т соответственно. Однозначно определено резко пониженное содержание рубидия во всех типах базальтов – в два раза ниже кларка и в 3-4 раза ниже содержания рубидия в континентальной коре.

Таблица 1

Средние содержания щелочных элементов в мезозойских магматитах Малого Кавказа по материалам Р.Н.Абдуллаева, М.А.Мустафаева (1995) и Г.В.Мустафаева

Место взятия проб	Породы	Na	K	Li	Rb	Na/Li	K/Rb
Малый Кавказ, верхнебайосские кислые магматиты	Лавовая фация (20)	2,69	2,06	11,5	33,5	2339	615
	Субвулканическая (12)	2,83	1,48	4,9	22,5	5775	657
	Интрузивная (7)	3,73	0,84	4,7	17	7803	4941
	Среднее	3,08	1,46	7,0	24,3	5305	2071
Малый Кавказ, нижнебайосские основные магматиты	Толеиты (48)	2,63	0,26	18	25	1455	100
	Изв.-щелочные базальты (27)	2,68	0,54	18	20	1483	305
	Высококалийные базальты (39)	2,48	0,95	22	24	1127	404
	Среднее	2,59	0,58	16	23	1355	296
Кларки по А.П.Виноградову	Кислые породы	2,77	3,34	40	200	692	167
	Средние породы	3,0	2,30	20	100	150	230
	Основные породы	1,9	0,83	15	45	1293	184
По Б.Г.Лутцу	Состав континентальной коры	2,68	2,33	16	85	1600	275
	Состав мантии	0,38	0,05	1,6	2,3	2400	240

Примечание: в скобках указано количество анализов. Содержания Na и K даны в %, Li, Rb – в г/т.

Нижнебайосские базальты во времени сменяются верхнебайосскими риолитами. В табл.1 приводится содержание щелочных элементов в интрузивной, субвулканической и лавовой фациях риолитовой составляющей формации. В распределении Na намечается слабое уменьшение его содержания от интрузивной к субвулканической и лавовой фациям. В распределении же калия фиксируется увеличение его содержания в той же последовательности. В содержании натрия ни в базальтовом, ни в риолитовом комплексах существенных отличий нет, но калия значительно больше в риолитовой составляющей, хотя по сравнению с кларком кислых пород в них содержание калия в 1,5-3 раза ниже. Соответственно ниже (до 9 раз относительно кларка кислых пород) в них содержания не только лития, но и рубидия. Интересно, что средние содержания рубидия в толеитовом и риолитовом комплексах байосской базальт-риолитовой формации Малого Кавказа практически не отличимы: 24,3 г/т – в базальтах, 23 г/т – в риолитах. По данным Б.Г.Лутца, содержание рубидия в континентальной коре составляет 85 г/т (что ниже кларка средних пород по А.П.Виноградову). В малокавказских магматитах независимо от типа пород содержание рубидия в 3-4 раза ниже даже этой оценки. Из рисунка 1 видно, что в распределении Na, K, Li в базальтах различных геодинамических обстановок наблюдается определенная закономерность, хотя анализы выполнены разными лабораториями в различные годы. Но четко выделяется высокий кларк рубидия в основных породах по А.П.Виноградову (45 г/т). Вычисления А.А.Беус и др. (1976) подтверждают высокое содержание в основных породах рубидия, составляющее 50 г/т.

В верхнеюрско-нижнемеловых интрузивах (табл.2) распределение щелочных элементов выражено следующим образом. В полифазных интрузивах (Дашкесанский и др.) содержание Na в габброидах I фазы, гранитоидах II фазы и гранитах III фазы варьирует слабо, в пределах 2,70-2,92%, хотя в кварцевых диоритах Гядабейского и Мехманинского интрузивов содержание Na несколько выше (3,08 и 3,86%), но не выходит за пределы кларка средних пород. В габбро содержание Na выше кларка, а в гранитоидах равно кларку. Содержание Li, за исключением габбро Дашкесана (20 г/т), в которых оно несколько превышает

кларк основных пород (15 г/т), в целом по всем интрузивам и гранитоидным фазам полифазных интрузивов в два-три раза ниже кларка. При этом в Дашкесане содержание Li от габброидов I фазы к гранитам III фазы закономерно понижается от 20 до 8 г/т, тогда как оно должно было по направлению к кислым породам повышаться. В отличие от Na и Li распределение K и Rb соответствует общей закономерности, т.е. от габбро к гранитам содержание K повышается, закономерно повышается также содержание Rb, тем не менее, его содержание в средних и кислых породах ниже кларков в 2-2,5 раза. Исследователи отмечают в габброидах ранней фазы Дашкесана фациальные переходы от габбро к габбро-диоритам и диоритам, а в гранитоидах второй фазы – многочисленные ксенолиты вмещающих пород и пород первой фазы. Такие нерастворенные ксенолиты установлены также в Габахтапинском, Учтепе-Гызылгаинском и других интрузивах. Однако эти местные изменения составов пород, выраженные гибридизацией и контаминацией, не могли существенно влиять на состав инициальной магмы, характеризующейся вышеприведенными особенностями – повышенными содержаниями лития в основных породах при резко пониженном содержании рубидия в кислых породах.

Распределение щелочноземельных элементов Ba, Sr

Распределение Ba и Sr в магматических породах мезозоя Малого Кавказа и сопоставление их с аналогичными породами других регионов, коры и мантии приводятся в табл. 3 и на рис. 2. Сопоставление распределения и содержаний Ba и Sr в базальтоидной и риолитовой составляющих контрастной базальт-риолитовой формации Малого Кавказа показало, что содержание стронция закономерно понижается от базальтов к риолитам, что характерно для распределения этого элемента, однако содержание бария не увеличивается, как должно было бы быть, а, наоборот, уменьшается. Это трудно объяснить. В породах обоих комплексов содержание этих элементов более высокое, в 1,5 раза превышает их кларки. Эти содержания выше, чем в континентальных толеитах и в целом во всей континентальной коре.

Таблица 2

Средние содержания щелочных элементов в верхнеюрско-нижнемеловых интрузивах Малого Кавказа по Г.Х.Эфендиеву и др.(1965), с дополнениями Г.В.Мустафаева

Интрузивы	Породы	Na	K	Li	Rb	Na/Li	K/Rb
Дашкесанский	Габброиды, I ф.	2,78	1,34	20	50	1390	268
	Гранитоиды, II ф.	2,92	2,34	12,5	50	2336	468
	Граниты, III ф.	2,83	4,06	8	72	2892	564
Учтепе-Гызылгаинский	Гранодиориты, I ф.	2,87	2,60	13,3	103	2158	252
	Граниты, II ф.	2,70	3,72	7,2	124	3750	300
Чанахчичайский	Габброиды, I ф.	2,79	0,89	7,6	10	3671	890
	Кварц. диориты II ф.	2,80	1,33	9,4	36	2978	363
Гядабейский	Кварц. диориты II ф.	3,08	1,12	9,2	28	3347	396
Мехманинский	Кварц. Диориты, тоналиты	3,86	0,9	8,1	23	4736	346
Средние содержания по типам пород	Габброиды (12)	2,78	1,12	14	30	2014	373
	Кварц. диориты (35)	3,0	1,17	9	32	3320	362
	Гранодиориты (12)	2,9	2,47	13	76	2248	325
	Граниты (10)	2,76	3,89	7,6	98	3632	397
Кларки по А.П.Виноградову (1962)	Кислые породы	2,77	3,34	40	200	692	167
	Средние породы	3,0	2,3	20	100	1500	230
	Основные породы	1,94	0,83	15	45	1266	184
	Ультраосновные	0,57	0,03	0,5	2	2850	150
Состав континентальной коры по Б.Г.Лутцу (1975)		2,68	2,33	16	85	1600	275
Состав мантии под континентами по Б.Г.Лутцу (1975)		0,38	0,05	1,6	2,3	2400	240

Примечание: в скобках указано количество анализов. Содержания Na и K даны в %, Li, Rb – в г/т.

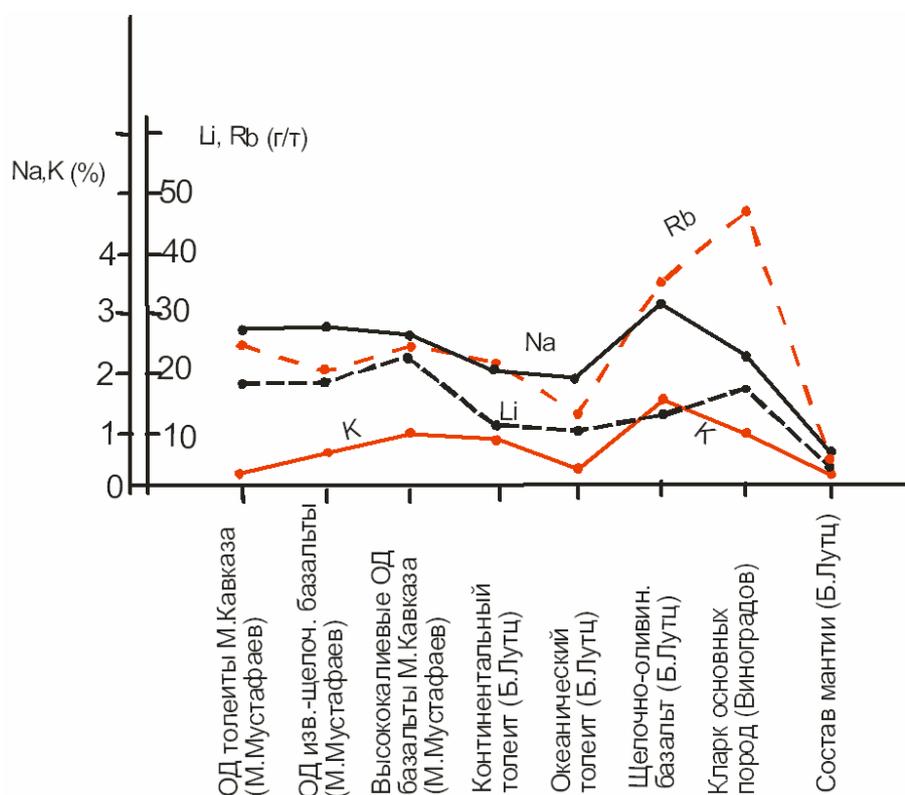


Рис. 1. Средние содержания щелочных элементов в базальтах различных геодинамических обстановок.
Примечание: ОД-островодужные

Сравнение с базальтами других геодинамических структур (рис. 2), а также с континентальной корой и мантией, по Б.Г.Лутцу (1975), показывает, что содержание Sr в островодужных толеитовых и известково-щелочных базальтах мезозоя (нижний байос) (Малый Кавказ) значительно, в 2 раза выше, чем в тихоокеанских островодужных базальтах (по Б.П.Золотареву, 1979). Возможно, высокие содержания Ba и Sr в базальтах малокавказской островной дуги объясняются более древним возрастом мезозойских базальтов относительно тихоокеанских островных дуг (кайнозой), соответственно, возможным привнесом данных элементов в период их длительного существования, либо же большей насыщенностью указанными элементами первоначального состава магматического расплава. С другой стороны, содержание стронция в базальтах Малого Кавказа близко к таковым щелочно-оливиновых базальтов, хотя и несколько ниже, но выше чем в континентальных то-

леитах и в целом в 2 раза выше, чем в континентальной коре. Согласно Б.Г.Лутцу, содержания Ba и Sr в океанических толеитах, и в верхней мантии резко пониженные (стронций 123 г/т и 35 г/т соответственно, а бария – всего 19 и 26 г/т), максимальные же содержания Sr – 1220 и Ba – 3040 г/т, по В.И.Коваленко и др. (2007), определены в магматических расплавах континентальных внутриплитных обстановок.

При установлении закономерностей распределения Ba и Sr в полифазных интрузивах (табл.4) выявляется, что от габброидов к гранитам содержание стронция уменьшается, а бария увеличивается. Эта тенденция четко прослеживается не только в отдельных интрузивах, но в целом по средним их содержаниям в петрохимических типах пород и отражает общую закономерность их распределения. Что же касается вопроса концентрации указанных элементов, то содержание и бария, и стронция в мезозойских интрузивах во всех типах пород в 1,5 раза выше их кларков.

Таблица 3

Средние содержания Sr и Ba (г/т) в байосской базальт-риолитовой бимодальной серии Малого Кавказа по материалам Г.В.Мустафаева и М.А.Мустафаева

Породы	Петрохимические типы	Sr	Ba	Ba/Sr
Базальты (95 пр.)	Толеитовые	540	1290	2,4
	Известково-щелочные	580	1390	2,4
	Высококалиевые изв.-щелочные	590	1445	2,2
	Среднее	570	1375	2,4
Кислые эффузивы (55 пр.)	Дациты	930	480	0,43
	Плагioriодациты	390	1210	3,1
	Низкощелочные дациты	288	1183	4,1
	Высокомагнезиальные риолиты	375	1286	3,5
	Среднее	496	1040	2,8
Кларки пород (Виноградов, 1962)	Кислые	300	830	2,7
	Средние	400	650	1,6
	Основные	440	300	0,7
	Ультраосновные	10	1	0,1
Состав базальтов и континентальной коры (Лутц, 1975)	Континентальный толеит	450	244	0,15
	Щелочно-оливиновый базальт	669	500	0,74
	Состав континентальной коры	321	658	2,0

Примечание: в скобках указано количество проб.

Таблица 4

Средние содержания Sr и Ba (г/т) в мезозойских интрузивах Малого Кавказа по Г.В.Мустафаеву

Интрузивы	Породы	Sr	Ba	Ba /Sr
Дашкесанский	Габброиды, I ф.	690	1300	1,88
	Гранитоиды, II ф.	480	1550	3,23
	Граниты, III ф.	450	1850	4,11
Гядабейский	Габброиды, I ф.	710	1400	1,97
	Кварц. диориты II ф.	600	1800	3,0
Чанахчайский	Габброиды, I ф.	460	1129	2,45
	Кварц. диориты, II ф.	560	1430	2,55
Кошкардагский	Габброиды	500	1185	2,37
	Кварц. диориты	520	1180	2,27
Мехманинский	Кварц. диориты	540	1161	2,15
Дашбулагский	Кварц. диориты	670	1117	1,67
Барумский	Гранодиориты	560	1540	2,75
Атабекский	Плагииграниты, II ф.	230	1580	6,86
	Лейкограниты, II ф.	140	1430	10,2
Средние содержания по типам пород	Габброиды (28)	590	1253,5	2,12
	Кварц. диориты (34)	578	1337,6	2,31
	Гранодиориты (9)	520	1545,0	2,97
	Граниты (4)	450	1850,0	4,11
	Плагииграниты (5)	230	1580	2,87
	Лейкограниты (5)	140	1430	10,2
Кларки по А.П.Виноградову (1962)	Основные породы	440	300	0,68
	Средние породы	400	650	1,62
	Кислые породы	300	830	2,76
Состав континентальной коры по Б.Г.Лутцу (1975)		321	658	2,0

Примечание: в скобках указано количество анализов.

Касаясь Ba/Sr отношения, надо отметить, что в базальтах Малого Кавказа оно равно 2,3, что соответствует этому отношению в континентальной коре, равному 2,0 по Г.Б.Лутцу. В кислых же эффузивах Ba/Sr отношение варьирует в пределах 3,1-4,1 (за исключением дацитов, где высокое, трехкратное, содержание Sr и во столько же пониженное значение Ba дают величину Ba/Sr=0,43). В остальных же типах кислых эффузивов высокое значение Ba/Sr отношения есть результат пресыщенности кислого магматического расплава барием, что оправдывает его некогерентность.

Распределение сидерофильных элементов Cr, Co, Ni и V

Необходимо оговориться, что ванадий одними исследователями относится к лито-

фильным, другими – к сидерофильным элементам, но нами ванадий использован ввиду того, что он устанавливается во всех типах пород независимо от региона и петрохимического типа пород и постоянно присутствует в анализах.

Указанная группа сидерофильных элементов относится к когерентным элементам, и в отличие от Ba и Sr их содержания варьируют не так сильно. Они характерны для мантийных и глубинных магматических пород, непосредственно выплавляющихся из мантии. Выявление характера распределения сидерофильных элементов необходимо нам для возможного установления состава инициальной магмы мезозойских магматических формаций и степени их гибридности.

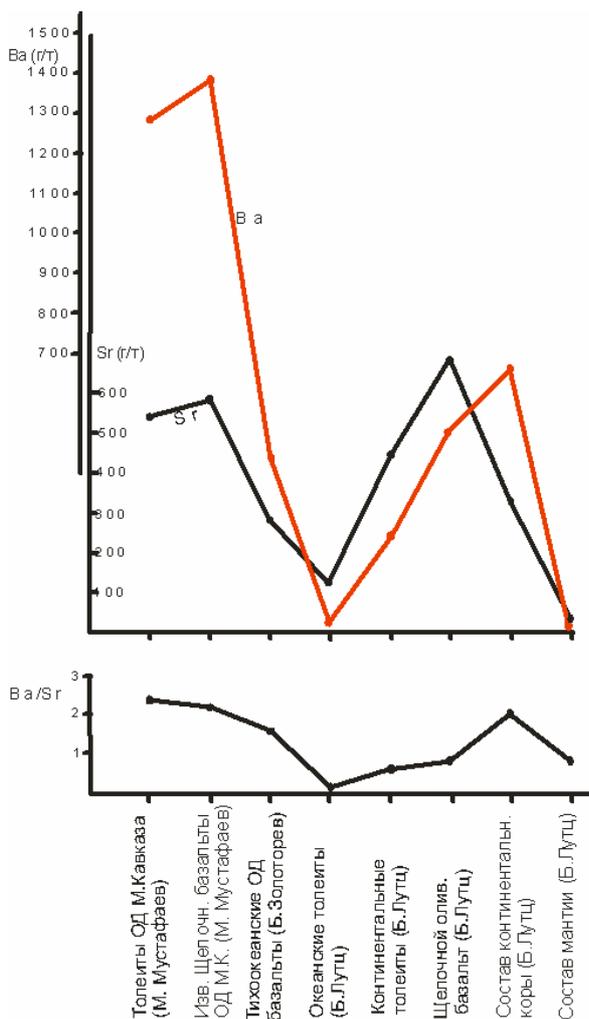


Рис. 2. Средние содержания Ba, Sr (г/т) в базальтах различных геодинамических обстановок

Содержания Cr, Co, Ni и V в малокавказских среднеюрских базальтах и данные, с которыми они сопоставляются, приводятся в табл.5, из которой следует, что в островодужных базальтах независимо от их петрохимического типа средние содержания Cr, Ni составляют 75,6 и 48,6 соответственно, что в 2,5-3 раза ниже их кларка в основных породах, больше соответствуют кларку средних, только содержание Co соответствует кларку основных пород. В вулканитах риолитового комплекса базальт-риолитовой формации средней юры Малого Кавказа содержание Cr, Ni, Co в 1,5-4 раза выше кларка кислых пород, а ванадия – кларковое. Таким образом, в отличие от базальтовой составляющей формации ее кислые члены содержат указанные

элементы меньше, чем основные, но значительно больше, чем кларки кислых пород. Сравнение содержаний сидерофильных элементов в базальтах различных геодинамических обстановок (рис. 3) показало следующее. В островодужных толейтах мезозоя Малого Кавказа содержания Cr, Ni, Co выше, чем в Тихоокеанских островодужных толейтах и близки к их содержанию в континентальной коре по Г.Б.Лутцу. Содержание Cr ниже, чем в континентальных толейтах в 2 раза, относительно кларка основных пород и рифтогенных толейтов Севано-Акеринской зоны – в 3 раза, а океанских толейтов – в 4 раза, и несопоставимо низко по сравнению с породами мантии. Содержание же Co в базальтах всех сравниваемых структур близкларковое. Резко повышенное содержание кобальта наблюдается только в мантийных породах. Содержание ванадия в толейтах Малого Кавказа соответствует составу континентальной коры, но ниже кларка основных пород. В остальных типах пород и геодинамических обстановок содержание ванадия значительно выше кларка.

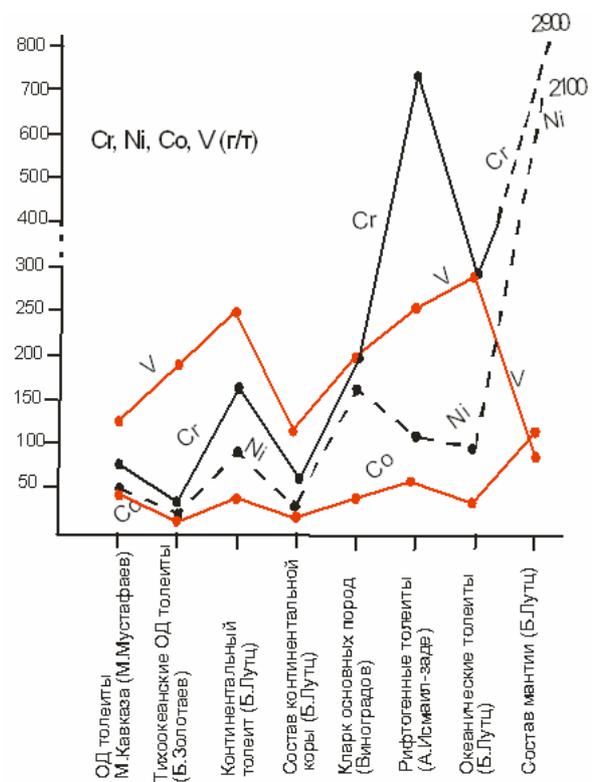


Рис. 3. Средние содержания Cr, Ni, Co, V в базальтах различных геодинамических обстановок

Таблица 5

Средние содержание сидерофильных элементов (г/т) в базальтах и кислых вулканитах мезозоя Малого Кавказа и их сравнительная оценка

Структуры	породы	Cr	Ni	Co	V
ОД базальты М.Кавказа, Лок-Агдамская зона (ниж.байос). По М.А.Мустафаеву (95)	Толеитовый базальт	74	42	38	80
	Известково-щелочной базальт	75	50	45	85
	Высококалиевый базальт	78	54	45	125
	Среднее	75,6	48,6	43	97
ОД кислые вулканиты Малого Кавказа, Лок-Агдамская зона (верхний байос). По М.А.Мустафаеву (55)	Дациты	36	31	15	70
	Риодациты	48	15	23	10
	Низкощелочные риодациты	40	31	21	75
	Высокомагнезиальные риодациты	53	25	19	79
	Среднее	44,2	25,5	19,5	74
Базальты островных дуг Тихоокеанского бассейна по Б.П.Золотареву (1979)		30	20	15	180
Базальты по Б.Г.Лутцу (1975)	Океанический толеит	300	100	32	290
	Континентальный толеит	162	85	40	250
	Щелочно-оливиновый базальт	127	76	32	244
	Калиевый базальт	92	40	38	44
	Состав континентальной коры	62	30	21	117
Кларки по А.П.Виноградову (1962)	Основные породы	200	160	45	200
	Средние породы	50	55	10	100
	Кислые породы	25	8	5	40

Примечание: в скобках количество анализов. ОД-островодужные

Содержания сидерофильных элементов в кислых эффузивах базальт-риолитовой формации Малого Кавказа, естественно, ниже чем в базальтовой составляющей, но выше относительно кларков кислых пород в 1,5-4 раза.

В островодужной Лок-Агдамской зоне, в области развития вулканитов базальт-риолитовой формации, широко представленные гранитоидные массивы по возрасту разделяются на две группы: полифазные среднеюрские плагиогранитовые (Атабекский, Гилянбирский), являющиеся интрузивной фацией риолитового комплекса, а также верхнеюрско-нижнемеловые с габброидной I фазой (Дашкесанский, Гядабейский и др.) и монофазные кварц-диоритовые, гранодиоритовые (Мехманинский, Барумский и др.). Анализы на Cr, Co, Ni, V разновозрастных групп интрузивов (табл.6) показывают, что среднеюрские плагиограниты характеризуются нижекларковым (в 1,5-2,5 раза) содержанием Cr, Co, Ni, V, исключение составляют

более калиевые аплитовидные лейкограниты, в которых содержание Co и V выше кларка кислых пород.

В интрузивах верхнеюрско-нижнемелового комплекса содержания Cr и Ni относительно кларков в габброидах ниже в 4 и 3 раза, в средних – в 2 раза, в кислых они близкларковые; Co в габброидах несколько ниже кларка, в средних и кислых гранитоидах – близкларковые, а V – несколько выше кларка в основных и средних породах.

Обсуждение результатов

Анализ содержаний и распределения щелочных элементов показывает, что в целом, независимо от петрохимического типа пород и глубины их формирования (интрузивная или эффузивная фация), магматиты исследованного региона относятся к объектам с резко пониженным содержанием Li и Rb. Влияние петрохимических особенностей пород на распределение данных элементов

более ощутимо для рубидия. Низкие их содержания предопределены глубинными причинами, в частности составом магматических расплавов, из которых кристаллизовались исследованные породы. Судя по низким содержаниям Li и Rb, образование кислых пород из гранитной магмы исключается, поэтому надо принять, что они диффе-

ренциаты основной магмы. Но в основных породах исследованного региона содержания лития и рубидия также низкие. В результате мы имеем во всей колонке магматических пород юрского возраста аномально низкие содержания Li и Rb, что может быть обусловлено первичным составом мантийных и мантийно-коровых расплавов.

Таблица 6

Средние содержания сидерофильных элементов в мезозойских интрузивных комплексах Малого Кавказа по Г.В.Мустафаеву

Интрузивы	Преобладающие типы пород	Cr	Ni	Co	V
Верхнеюрско-нижнемеловые интрузивы					
Дашкесанский	Габброиды, I фазы	15	32	35	292
	Гранитоиды, II ф.	7	8	14	155
	Граниты, III ф.	10	17	5	40
Учтепе-Гызылгаинский	Гранодиориты, I ф.	45	18	12	130
	Граниты, II ф.	27	14	4	41
Гядабейский	Габброиды, I ф.	86	84	34	195
	Кварц. диориты II ф.	17	28	21	189
Мехманинский	Кварц. диориты	28	31	20	98
Габахтапинский	Кварц. диориты	15	20	29	176
Ново-Гореловский	Кварц. диориты	20	15	22	206
Дашбулагский	Кварц. диориты	15	6	25	157
Барумский	Гранодиориты	13	6	8	58
Среднеюрские интрузивы					
Атабекский	Плагииграниты, I ф	14	6	2	18
	Лейкограниты, II ф	6	4	2	12
Гильанбирский	Плагииграниты, I ф	7	4	6	30
	Аплитовидные плагииграниты, II ф	9	5	20	98
Средние содержания по типам пород	Габброиды (50)	50	58	34	243
	Кварц. диориты (139)	19	20	23	165
	Гранодиориты (105)	22	11	11	114
	Граниты (50)	18	15,5	4,5	40
	Плагииграниты (70)	9	4,5	7,5	39,5
Кларки по А.П.Виноградову	Основные породы	200	160	45	200
	Средние породы	50	55	10	100
	Кислые породы	25	8	5	40
Содержания в континентальной коре по Б.Лутца		62	30	21	117

Примечание: в скобках указано количество анализов.

Для всех мантийных пород – гранатовых перидотитов, пироповых эклогитов, шпинелевых лерцолитов и альпинотипных гипербазитов, согласно данным Б.Г.Лутца и других авторов, среднее отношение Ba/Sr близко к единице, хотя у различных авторов эти породы несколько отличаются по среднему содержанию. Установлено также повышение содержания Ba и Sr от

океанических толеитов через континентальные толеиты к щелочным оливиновым и калиевым базальтам. Вместе с ростом общей щелочности пород увеличивается и Ba/Sr отношение. Отмечается также, что магматические породы (базальты), выплавленные в мантии, по распределению Ba и Sr отличаются существенно высоким содержанием этих элементов относительно

собственно мантийных, исходных пород (перидотитов). Это явление Б.Г.Лутц объясняет экстракцией щелочноземельных элементов (Ba, Sr), при выплавлении базальтовых магм. Поэтому различны содержания этих элементов в континентальной коре и мантии. В первой из них содержания Ba и Sr выше в десятки раз, чем в мантии. Соответственно Ba/Sr отношение в континентальной коре составляет около 2 (в мантийных породах – около 1). В магматитах Малого Кавказа Ba/Sr отношения в целом соответствуют 2. Таким образом, по данным щелочноземельных элементов магмы исследованных пород отвечают условиям формирования на границе с верхней мантией (или в самой мантии) с дальнейшим внедрением в пределы коры. Данные по распределению Ba и Sr и Ba/Sr отношение свидетельствуют, о том, что магма толеитов и известково-щелочных базальтов Малого Кавказа – мантийно-корового происхождения и была насыщена щелочноземельными элементами, которые были в достаточном количестве поглощены при кристаллизации кальциевых минералов (плаггиоклаза и др.), а непоглощенный избыток гидротермами был вынесен на дневную поверхность, что обусловило формирование многочисленных баритовых жил и прожилков, а в ряде случаев и промышленных залежей барита и барит-полиметаллических руд (Човдарское, Башкышлагское месторождения).

Согласно Д.Х.Грин и А.Э.Рингвуду (1968), породы, обогащенные некогерентными элементами, при низких давлениях характеризуются быстрым увеличением K/Sr и Rb/Sr отношений. В базальтах Малого Кавказа отношение K/Sr равно 10, что соответствует океаническим толеитам (11), а в риолитах равно 29, указывая на их гибридный состав. Надо отметить, что и в базальтах, и в риолитах содержание рубидия одинаково (23 и 24 г/т), хотя по содержанию калия они существенно отличаются: в базальтах среднее содержание калия – 0,58%, а в риолитах – 1,14%. Другими словами, вслед за повышением содержания калия в эффузивах содержание рубидия не повышается. Полученные для Малого Кавказа цифры Rb/Sr отношений (0,04) в базальтах соответствуют данным Грина и Рингвуда по континентальным толеитам, а K/Sr отношение отражает низкие давления при процессе формирования магматических очагов риолитов, соответствующие гипабиссальным условиям, что подтверждается также

геологическими условиями формирования плаггиогранитовых интрузивов—глубинных коагматов риолитов.

Закономерности распределения никеля и кобальта в породах Малого Кавказа приведены ранее в соответствующем разделе. Согласно Л.И.Когарко (1973), Ni/Co отношение является надежным показателем мантийного происхождения магм. Это отношение для мантийных магм по данным как автора, так и других исследователей варьирует в пределах 2,2-7,6. На Малом Кавказе в базальтах контрастной базальт-риолитовой формации отношение Ni/Co в среднем составляет 1,14 не превышая 1,2, а в риолитовой составляющей формации оно равно 1,3. Следует отметить, что в интрузивных образованиях как среднеюрского, так и верхнеюрско-нижнемелового возраста это отношение не превышает 1,7 (в габброидах), за исключением малораспространенных гранитов, в которых оно равно 3,4 (но в гранодиоритах 1,0). В гранитоидах Локского массива, являющегося выходом кристаллического субстрата, по материалам Г.Т.Вашакидзе (2000), Ni/Co отношение также равно 1, более того, в мафических породах (метагаббро, метадиабазы и других типах пород) метафиолитовой тектонической пластины Локского массива Ni/Co отношение не превышает 1,5. Для сравнения: в гипербазитах Севано-Акеринской зоны Ni/Co отношение, по материалам З.Б.Абдуллаева (2007), составляет 14. Эти и вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что мезозойские магматиты Малого Кавказа не являются продуктами непосредственного плавления мантийного вещества, что доказывается также низкими содержаниями (за исключением ванадия), сидерофильных элементов, что наглядно видно при сопоставлении их с высокими содержаниями в базальтах и габброидах рифтогенной Севано-Акеринской структуры, с юга примыкающей к малокавказской островной дуге.

На гибридный, и возможно, контаминированный, основной состав магмы магматитов мезозоя по результатам минералого-геохимических данных было указано ранее (Мустафаев, 1972; 2008), в связи с объяснением причины фемического профиля металлогении мезозойской малокавказской островной дуги. А.Д.Исмаил-заде (2006) опубликована новая точка зрения, объясняющая гибридный состав магматитов мезозоя Малого Кавказа ассими-

ляцией кислой магмой ультраосновных пород, что требует серьезного обоснования.

Заклучение

Установление по геохимическим материалам генетической связи исследованных магматитов как основного, так и кислого состава с конкретными типами расплавов указывает на их образование на различных уровнях – мантийном и мантийно-нижнекоровом, с дальнейшим внедрением расплавов в более высокие уровни коры. Нижнебайосские базальты толеитовой и известково-щелочной серии являются производными вещества мантии эклогитового состава. Кислового состава верхнебайосские вулканиды, унаследовавшие геохимические черты основных магм, есть результат расслоения магмы основного состава, сильно обогащенной дополнительным привнесом из глубин кремнекислых растворов. В результате не только плагиограниты интрузивной фации верхнебайосских вулканидов характеризуются высоким содержанием кремнезема, но и их ореолы насыщены кремнеземом в такой степени, что образовались широкие поля вторичных кварцитов. Верхнеюрско-нижнемеловые интрузивы характеризуются преобладанием кварцевых диоритов, соответствующих по химическому составу андезитам. Но в ряде случаев в них широко представлены гранодиориты и граниты (Дашкесанский и Учтепе-Гызылгаинский интрузивы). Однако геохимия исследованных элементов указывает на то, что они образовались не в результате прямой дифференциации родоначальной гранитной магмы «чистой линии», а кристаллизации гибридизированной и контаминированной разности инициальной магмы. Степень интенсивности этих процессов, вероятно, обусловила и гетерогенность магматических расплавов, отразившейся на вещественном составе как эффузивных, так и интрузивных пород различных структурно-формационных зон Малого Кавказа. Селективное и значительное обогащение всех типов пород региона щелочноземельными элементами, возможно, указывает также на процесс интен-

сивного мантийного метасоматоза, нашедшего отражение на продуктах контаминированных и гибридизированных магматических расплавов.

ЛИТЕРАТУРА

- АБДУЛЛАЕВ, Р.Н., МУСТАФАЕВ, М.А. 1995. Типы мезозойских вулканических серий Лок-Карабахской зоны Малого Кавказа. *Тр. Института геологии НАНА*, 25, 14-25.
- АБДУЛЛАЕВ, З.Б. 2007. Альпинотипные гипербазиты Азербайджана. Баку. Нафта-Пресс, 295.
- БЕУС, А.А., ГРАБОВСКАЯ, Л.И., ТИХОНОВАП, Н.И. 1976. Геохимия окружающей среды. Недр. Москва.
- ВИНОГРАДОВ, А.П. 1962. Распространенность элементов в горных породах. *Геохимия*, 7.
- ВАШАКИДЗЕ, Г.Т. 2000. Палеозойские гранитоиды Локского массива. *Тр. ГИН АН Грузии, новая серия*, 115.
- ГЕОЛОГИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА, т. III – Магматизм (под ред. Али-Заде Ак.А.). 2005. Баку. Нафта-Пресс. 434.
- ГРИН, Д.Х., РИНГВУД, А.Э. 1968. Петрология верхней мантии. Мир. Москва. 334.
- ЗОЛОТАРЕВ, Б.П. 1979. Петрохимия базальтоидов современного океана. В сб.: *Осадкообразование и вулканизм в геосинклинальных областях*. Тр. ГИН, 337. Наука. Москва.
- ИСМАИЛ-ЗАДЕ, А.Д. 2006. Петрологическая интерпретация процесса гибридизма в мезозойских гранитоидных интрузивах Малого Кавказа. *Известия НАНА. Науки о Земле*, 2, 9-19.
- ИСМАИЛ-ЗАДЕ, А.Д. 2007. Габбро-гипербазиты и проблемы офиолитов Малого Кавказа. Нафта-Пресс, Баку, 262.
- КОВАЛЕНКО, В.И., НАУМОВ, В.Б., ГИРНИС, А.В. и др. 2007. Средние составы магм и мантии срединно-океанических хребтов и внутриплитных океанических и континентальных обстановок по данным изучения расплавных включений и закалочных стекол базальтов. *Петрология*, 15, 4, 361-396.
- КОГАРКО, Л.Н. 1973. Отношение Ni/Co – индикатор мантийного происхождения магм. *Геохимия*, 10, 1441-1445.
- ЛУТЦ, Б.Г. 1975. Химический состав континентальной коры и верхней мантии Земли. Наука. Москва. 167.
- МУСТАФАЕВ, Г.В. 1972. О гибридизме магм мезозойских интрузивов Малого Кавказа и фемическом профиле эндогенного оруденения. В Тр. IV Всесоюз. петрограф. совещания: *Магматизм, формации кристаллических пород и глубины Земли*. Наука, Москва, 25-27.
- МУСТАФАЕВ, Г.В. 2008. К вопросу о влиянии вещества кристаллического фундамента на состав руд эндогенных месторождений. *Изв. НАНА. Науки о Земле*, 4, 13-21.
- ЭФЕНДИЕВ, Г.Х., ГЕЙДАРОВ, А.С., МУСТАФАЕВ, Г.В. 1965. К геохимии лития, рубидия и цезия в гранитоидах Малого Кавказа. *Изв. АН Азерб. ССР*, 3, 44-51.