

Общие формулы изменения  $\Delta U(z)$  для столбообразных и пластообразных рудных тел можно записать следующим образом:

$$\Delta U(z) = b_1 \times \operatorname{arsh} z \quad \text{при } z < 0$$

$$\Delta U(z) = b_2 \times \operatorname{arsh} z \quad \text{при } z > 0$$

Распределение скачка потенциала на границе сферического рудного тела будет выражаться следующими формулами:

$$\Delta U(z) = d_1 \times \operatorname{arsh} z \times \cos \theta \quad \text{при } z < 0$$

$$\Delta U(z) = d_2 \times \operatorname{arsh} z \times \cos \theta \quad \text{при } z > 0$$

Материалы, представленные в статье, могут служить основой для совершенствования теории распределения ЕЭП сульфидных месторождений.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР

Поступила 22.IX.1989.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян С. В., Газарян Г. О., Гамоян В. Б. Подземная электроразведка на рудных месторождениях Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1980, 222 с.
2. Гамоян В. Б. О результатах применения метода естественного электрического поля в подземных горных выработках и в горизонтальных скважинах некоторых месторождений Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1971, № 1, с. 71—74.
3. Рысс Ю. С., Тясто А. С. Структура естественных электрических полей на рудных месторождениях и ее использование при поисках и разведке полезных ископаемых. Обзорная серия: Региональная, разведочная и промысловая геофизика, вып. 2, М.: ОНТИ ВИЭМСа, 1966, 68 с.
4. Семенов А. С. Электроразведка методом естественного электрического поля. Л.: Недра, 1968, 380 с.

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, 1990, XLIII, № 1, 71—75

УДК: 552.313 (479.25)

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. К. ЮХАНЯН

### НЕКОТОРЫЕ ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ И ИХ ВМЕЩАЮЩИХ ЛАВ В НЕОВУЛКАНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ АРМЕНИИ

Полевые исследования, проведенные автором в пределах неовулканической зоны Армении, выявили широкое распространение включений глубинных пород в лавах и шлаках верхнеплиоцен-четвертичного возраста. В вулканических областях\*, особенно в восточной, проявляются глубинные включения примерно одного и того же состава, но в различных количественных соотношениях для каждой фации вмещающих лав.

Помимо различных вулканогенно-осадочных и метаморфических пород фундамента (переплавленные пемзы, гранитоиды, сланцы и др.), отобранные включения по своим петрогенетическим особенностям

\* Названия вулканических зон и подзон заимствованы из работы [2].

группируются в три минерало-петрографические группы—пироксениты (табл. 1), габброиды и амфиболиты. В каждой группе наблюдается широкая вариация минералогического состава, структуры, а также различная степень измененности, возможно обусловленная процессами в коре до захвата магмой или под действием вмещающих магм.

Таблица 1

Структуры и отличительные особенности глубинных включений

Глубинные включения	Вмещающие лавы	Структуры глубинных включений	Отличительные особенности глубинных включений
Пироксениты	Базальт Дацит	Бластовый, гетеробластовый, гранобласт панциморный, пористый, пористый	Следы плавления с появлением интерстициального стекла Амфиболизация пироксенитов с появлением единичных чешуек биотита
Габброиды	Базальт Андезитобазальт Андезит Дацит	Габбровый, габбродиабазовый, гранобластовый, бластопорфировый	Интерстициальное плавление ортопироксена и плагиоклаза. Следы плавления ортопироксена и плагиоклаза. Амфиболизация пироксенов и плагиоклаза с появлением единичных чешуек биотита.
Амфиболиты	Базальт Андезитобазальт Андезит Дацит	Гломерогранобластовый, гетеробластовый	Некоторые амфиболиты находятся в предликвидусном состоянии. Интенсивная биогитизация Диссоциация и коррозия амфибола и плагиоклаза.

Анализ петрографических исследований, приведенный в табл. 1, показывает, что глубинные включения в ассоциации с вмещающими лавами разной кислотности в подзонах Армении в целом обладают одинаковым составом, структурой и степенью измененности. Отметим, что существенные термические изменения наблюдаются во включениях глубинных пород, ассоциирующих с лавами базальт—андезитобазальт—андезитового состава и слабая измененность—во включениях, ассоциирующих с лавами более кислого состава.

Исследования ряда включений, выполненные с помощью метода рентгеноспектрального микроанализа, позволили сопоставить составы однотипных минеральных фаз во включениях и вмещающих лавах, а также установить некоторые структурные особенности взаимоотношений минералов.

Пример состава минералов, слагающих одно из габброидных включений в базальтовой лаве Сюникского нагорья, приведен в таблице 2. Прежде всего отмечается отличие в составе и наборе минералов-включений от состава и типа минералов-вкрапленников во вмещающей лаве. Следует обратить внимание на различия в составах титаномагнетитов из лавы и из включения, а также на состав интерстициального стекла во включении. Отмечаются низкие содержания  $TiO_2$  в твердом растворе титаномагнетитов (как правило, не более 7—10 вес. %). При этом во включениях рудные несколько обогащены титаном относительно титаномагнетитов лав. Титаномагнетит во включениях и в лавах часто представлен сильно неоднородными по составу зонами, с резкими границами между ними. Создается впечатление, что подобная структура минерала—вторичная, обусловленная диффузионным перераспределением компонентов. При высокотемпературном окислении исходных гомогенных титаномагнетитов структурный рисунок имеет совершенно другой вид: субпараллельная или пересекающаяся под углом  $60^\circ$  система различных фаз (магнетит—ильменит или магнетит—ульвошпинель).

То, что в разных по составу вмещающих вулканитах встречаются однотипные петрографические разновидности включений, а также то, что в одной вмещающей породе мы находим разнообразный набор

включений с различным характером термических изменений, свидетельствует о ксеногенной природе включений. Действительно, трудно представить себе, что и в базальтах, и в дацитах кристаллизация в глубинном магматическом очаге привела к образованию всей рассмотренной гаммы включений. С другой стороны, для гомогенных включений (т. е. образованных относительно тугоплавкими близкижидусными минералами) трудно представить себе механизм термического воздействия, приведший к вторичному проплавлению их.

Таблица 2  
Характерные составы минералов габброидного включения и вмещающей базальтовой лавы из сюнникской вулканической подзоны

Минералы	Л а в а			В к л ю ч е н и я			
	Т—Мт	Кп	Ол	Оп	Т—Мт	Слюда	Стекло
Оксиды							
SiO <sub>2</sub>	0.2—0.5	49.6	39.0	47.4—51.8	0.1—0.2	37.1	61.4
TiO <sub>2</sub>	4.8—5.0	1.2	0.04	0.3—0.8	7.8—8.8	4.5	0.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.3—2.5	5.8±1.1	н. об.	0.9—5.1	1.0—4.9	15.7	20.2±4.5
FeO	78.2—78.3	8.2±0.6	18.4	17.3—20.8	69.0—77.8	9.3	2.1—4.8
MnO	0.5—0.6	0.2	0.3	0.7—1.5	1.0—1.4	0.1	0.7
MgO	5.1—5.4	13.7	40.0	22.0—27.0	3.4—8.4	17.1	0.7—1.1
CaO	0.1—1.0	20.8	0.2	0.5—1.7	0.01—1.2	0.02	3.8—5.2
K <sub>2</sub> O	н. об.	н. об.	н. об.	н. об.	н. об.	8.5	3.8
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.2	н. об.	н. об.	0.0—0.2	0.1—0.2	н. об.	н. об.
n	2	1	1	6	5	1	1

Примечание: n—количество проанализированных зерен; Т—Мт—титаномагнетит; Кп—клинопироксен; Ол—оливин; Оп—ортопироксен.

Особенности состава титаномагнетитов указывают на то, что формирование магм происходило в более окислительных условиях (или высокотемпературных), чем образование пород включений. Это также указывает на определенную независимость включений от вмещающих магм. Скорее наоборот, можно допустить образование магм широкого спектра составов (от андезито-базальтов до риолитов) в условиях земной коры при переплавлении субстрата, близкого по составу хотя бы к ряду пород включений.

Петрохимические данные, полученные для большого количества образцов, позволили выявить особенности пространственных вариаций петрохимических характеристик вулканических пород и включений. В основу обработки петрохимических данных положено разделение пород на известково-щелочной и щелочной тип по дискриминантной функции, полученной эмпирическим путем Ле Метрем [5]:

$$D = -0.316 \text{SiO}_2 + 0.511 \text{TiO}_2 - 0.273 \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.213 \text{Fe}_2\text{O}_3 - 0.155(\text{FeO} + \text{MnO}) + 0.001 \text{MgO} - 0.356 \text{CaO} + 0.386 \text{Na}_2\text{O} - 0.445 \text{K}_2\text{O}$$

Таблица 3  
Соотношение известково-щелочных и щелочных эффузивов и глубинных включений в подзонах Армянского вулканического нагорья

Зоны	Подзоны	Общее к-во анализов, шт.	Вулканыты		Общее к-во анализов, шт.	Ксенолиты	
			щелочные, %	известково-щелочные, %		щелочные, %	известково-щелочные, %
Западная	Кечутская Арагацкая	6	33	67	0	—	—
		23	—	100	0	—	—
Восточная	Гегамская	21	38	62	53	19	81
	Айодзор-Варшеннисская	25	8	92	11	—	100
	Сюнникская	28	43	57	16	74	56
	Кафанская	27	100	—	13	48	52

\* Имеются литературные данные о глубинных включениях в этой вулканической подзоне [3].

Для щелочных пород значения  $D > -24,6$ , тогда как для известково-щелочных  $D < -24,6$ . Необходимо отметить, что все химические анализы, включенные в обработку, были получены в одной и той же химлаборатории Управления «Укрчерметгеологии». Это позволяет надеяться на достоверность результатов относительного сопоставления всей изученной группы пород.

Основные результаты приведены в табл. 3, где показаны соотношения долей пород вмещающих вулканитов и включений из разных вулканических пород, принадлежащих к щелочной и известково-щелочной сериям. Подтвержден принципиальный вывод, полученный ранее авторами работы [2], об увеличении щелочности верхнеплиоцен-четвертичных лав (доли щелочных разностей) в восточных подзонах по сравнению с западными. Однако обнаруживается выпадение из этой закономерности пород Айоцзор-Варденинской подзоны. Причина этого не совсем понятна. Можно отметить корреляцию данной особенности лав указанной подзоны с тенденцией к понижению общей щелочности и относительной доли  $\text{Na}_2\text{O}$  с развитием вулканизма в четвертичное время, которое приведено на рис. 1. По-видимому, самым интересным оказывается параллельное с вмещающими лавами изменение щелочности включений. Выполненные исследования показали, что в Восточной, Сюникской и Кафанской подзонах доля включений, принадлежащих к щелочной серии пород, выше чем в Гегамской подзоне, расположенной западнее Сюникской.

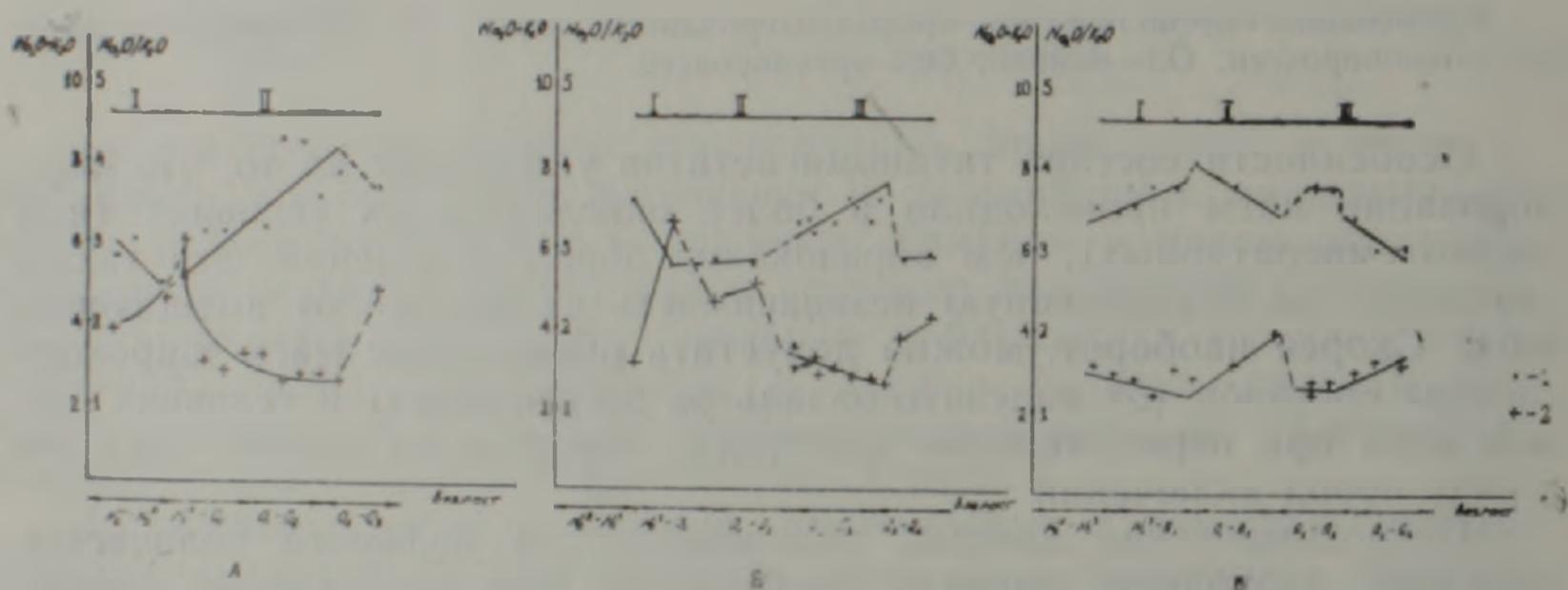


Рис. 1. Временная вариация щелочности ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) и соотношения в вулканитах Кечутской (А), Гегамской (Б) и Айоцзор-Варденинской (В) вулканических подзон. 1—среднее значение  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ . 2—среднее значение  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ . I, II, III—эруптивные этапы.

В рассматриваемом регионе, по данным работы [2], в верхнеплиоцен-четвертичное время выделяются несколько этапов наиболее интенсивного проявления вулканизма. Сопоставляя параметры щелочности вулканитов в пределах каждой из вулканических подзон, наблюдается изменение во времени общей щелочности лав и соотношения в них  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  (рис. 1).

Видно, что для одного и того же периода времени в разных вулканических подзонах наблюдаются различные тренды изменения щелочности и относительного содержания  $\text{K}_2\text{O}$  в лавах. Так, например, для I эруптивного цикла ( $\text{N}_2^2 - \text{Q}_1$ ) в лавах Кечутской и Гегамской подзон характерно уменьшение общей щелочности при преобладании содержания  $\text{Na}_2\text{O}$ . В то же время для Айоцзор-Варденинской подзоны отмечается увеличение общей щелочности лав с понижением относительной доли  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Увеличение щелочности и повышение относительного содержания в магме связаны, по-видимому, с переносом различных компонентов на глубину Земли флюидным потоком в верхние структурные этажи коры. Отмеченная биотитизация глубинных включений подтверждает вероятность такого процесса.

Приведенные результаты скоррелированных изменений щелочности вулканитов и включений из указанных вулканических подзон отражают общность процессов, формирующих оба типа пород. Отметим, что если справедлива модель последовательного преобразования субстрата земной коры неовулканической зоны Армении, включающая стадию метасоматического ощелачивания (обогащение калием) с последующим плавлением, рассмотренная автором в работах [1, 4], то ясно, что устанавливаемые генетические соотношения между магматическими породами (вулканитами) и включениями (исходное магматическое вещество и респит) объясняют общность их петрогеохимических характеристик.

ЕрПИ, г. Ереван

Поступила 3.V. 1989

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геншафт Ю. С., Юханян А. К., Везуни А. Т., Салтыковский А. Я., Геворкян Р. Г. Об особенностях эндогенного режима Армянского вулканического нагорья в кайнозое. Геотектоника, № 2, 1985, с. 67—75.
2. Состав, физические свойства и вопросы петрогенезиса новейших вулканических образований Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1980, 322 с.
3. Ширинян К. Г., Абовян С. Б. О находке обломков пироксенита в лавах ущелья р. Ахурян и его геологическом значении. ДАН АрмССР, т. 26, 1958, № 1, с. 47—51.
4. Юханян А. К., Геншафт Ю. С. Экспериментальное изучение плавления ксенолитов из лав Гегамского нагорья в условиях базальтового слоя земной коры. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 1, 1985, с. 39—44.
5. Le Maitre R. W. Chemical variation within and between volcanic rock series—a statistical approach.—J. Petrol, v. 9, 1968.