

С. Г. КАРАПЕТЯН, Б. М. МЕЛИКСЕТЯН

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В НОВЕЙШИХ ЛИПАРИТ-ДАЦИТОВЫХ ВУЛКАНИТАХ АРМЯНСКОЙ ССР

Изучение особенностей распределения акцессорных минералов и микроэлементов в кислых и, особенно, в стекловатых породах имеет важное значение, с одной стороны, как критерий при решении проблемы зарождения и характера эволюции кислой магмы, с другой—таких вопросов, как генезис акцессорных минералов и особенности поведения и распределения микроэлементов в полнокристаллических и стекловатых разностях пород, тем более, что в некоторых случаях они могут явиться концентратами ряда редких элементов.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПАРИТОВЫХ ВУЛКАНОВ

Структурная позиция. В пределах Центральной складчатой зоны Армении липаритовые вулканы приурочены к отдельным вулканоструктурным подзонам (Арагацской, Гегамской, Сюникской и др.), составляющим звенья в единой цепи вулканических нагорий, протягивающихся с северо-запада на юго-восток примерно на 250—300 км.

В тектоническом отношении указанные подзоны тяготеют к неогеновым глубоким наложенным прогибам, которые по геофизическим данным на фоне общего минимума силы тяжести зоны повсеместно характеризуются относительными отрицательными аномалиями силы тяжести.

Липаритовые вулканы на территории республики распределены следующим образом: комплекс Артени (Мец и Покр Артени) в Арагацской вулканоструктурной подзоне; Атис, Гутансар, Спитаксар и Гехасар в Гегамской подзоне; Базенк, Мец Сатанакар, Покр Сатанакар и Барцратумб в Сюникской подзоне.

Наряду с указанными рассматриваются также продукты двух не-больших вулканов—Фонтан, Алапарс и среднеплиоценовых куполов—Гюмуш и Авазан, расположенных в районе вулканов Атис и Гутансар.

Строение вулканов. Общие особенности строения новейших липаритовых вулканов, описанных в ряде работ С. Г. Карапетяна (1964, 1966, 1968 и др.), указывают на то, что их формирование происходило в результате экструзий, эффузивных и эксплозивных извержений вязкой липарито-дацитово-й магмы из центральных каналов и сопряженных с ними небольших трещин, с образованием на месте их выхода часто крупной куполовидной вулканической постройки. Последние характеризуются веерообразной, паточной, слоистой и более сложными структурами.

Размеры вулканов различны: диаметр их основания колеблется от 170 до 3500 м, высота—от 160 до 500 м, площадь основания (включая



Фиг. 1. Схема распределения новейших липаритовых куполовидных вулканов на территории Армянской ССР.

I—районы распространения плио-плейстоценовых вулканогенных образований. II—границы вулканоструктурных подзон: А—Арагацкая, Г—Гегамская, В—Варденисская, С—Сюникская. III—большие кружки: крупные липаритовые вулканы: 1—комплекс Артеши (Мец и Покр Артеши), 2—Гутансар, 3—Атис, 4—Спитаксар, 5—Гехасар, 6—Базенк, 7—Мец Сатанакар, 8—Покр Сатанакар, 9—Барцратумб; маленькие кружочки—небольшие вулканы: 10—Алапарс, 11—Фонтан; среднеплиоценовые купола: 12—Авазан, 13—Гюмуш. IV—границы административных районов с районными центрами.

и потоки)—от 1,2 до 45 кв. км, а объем изверженного материала—от 0,2 до 5 куб. км.

Породы, слагающие эти вулканы, представлены липаритами, липарито-дацитами и их стекловатыми разностями—обсидианами, перлитами, литондными пемзами, а также их туфами и брекчиями. Последние, часто перемежаясь с лавовыми потоками, указывают на многоактивность деятельности этих вулканов. Количество актов извержений отдельных вулканов доходит до 4—5, иногда и до 8 (Артеши).

Формированию вулканических построек предшествовали сильные взрывы с образованием пирокластических перлит-пемзовых покровов.

Далее следовали извержения перлит-пемзовых, липаритовых и обсидиановых потоков. Деятельность большинства вулканов завершается экзотрузией и излияниями липарито-дацитовых и дацитовых лав.

Петрохимический и минералогический состав. Породы рассматриваемых вулканов по составу подразделяются на две группы: липаритовую и липарито-дацит—дацитовую. Первая образовалась в начальные стадии деятельности вулканов, вторая—в конечные.

Породы первой подгруппы подразделяются на закристаллизованные разности—липариты и стекловатые—обсидианы, перлиты, пемзы и их обломочные разности, характеризующиеся (кроме обсидианов) белесоватыми, светло-желтыми или светло-серыми цветами. Породы же липарито-дацитовой группы характеризуются более темными—буровато-серыми цветами и сравнительно более ярко выраженной полосчатостью.

В обеих группах пород встречается в общем одинаковая ассоциация минералов-вкрапленников, но в разных количественных соотношениях. Они представлены плагиоклазом, кварцем, реже санидином, биотитом и, еще реже, пироксеном (авгитом). Количество вкрапленников колеблется в пределах 0,4—5%. В липаритах преобладают калийные минералы, в дацитах—темноцветные, главным образом базальтическая роговая обманка. В нормативном составе пород калийные минералы составляют до 91—97% ее объема. Из этого количества на долю кварца в липаритовых разностях приходится 23—32%, в дацитовых—21—29%, а железо-магнезиальных, соответственно, 1,8—5,6 и 2,9—8,1%. В направлении от липаритов к дацитам количество свободного кварца постепенно уменьшается до полного исчезновения, а в плагиоклазах количество анортитовой составляющей закономерно увеличивается от Ap_{18-28} (в липаритах) до Ap_{38-48} (в липарито-дацитах) и Ap_{53-57} (в дацитах). Калиевый полевой шпат встречается в виде вкрапленников чрезвычайно редко. Биотит (лепидомелан, мероксен) и особенно базальтическая роговая обманка образуют крупные (до 0,5—2 мм) кристаллы в дацитах, а в липаритах встречаются преимущественно в основной массе.

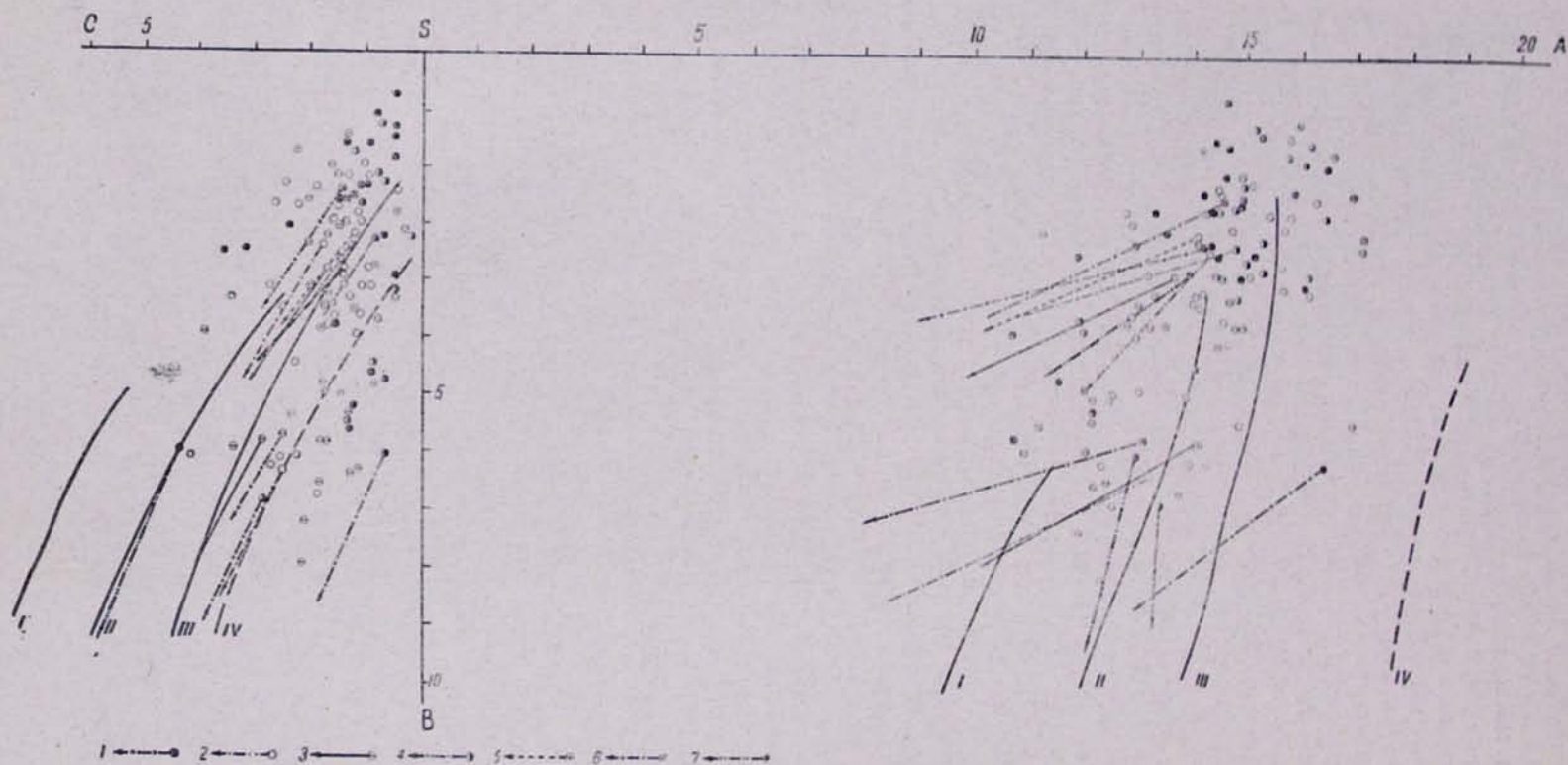
Основная масса пород представлена преимущественно стеклом, местами девитрифицированным в микрофельзитовый, фельзитовый и сферолитовый агрегаты. В последних большое участие принимают кварц, тридимит, кристобалит и калий-натриевый полевой шпат.

Особенности химизма. По петрохимическим особенностям преобладающая часть новейших липарит-дацитовых пород Армянской ССР отвечает тихоокеанской средней известково-щелочной ассоциации (фиг. 2); характеризуется насыщенностью кремнекислотой ($Q=19,0-37,4$) и обогащенностью щелочами ($a/c>8$). В сумме щелочей отношение $K_2O : Na_2O$ в породах разных вулканов не постоянно, но в преобладающих случаях оно в липаритах ≥ 1 , а в дацитах всегда < 1 . Большая часть липаритов на диаграмме Р. Иванова (1963) попадает в семейство нормальных риолитов (липаритов), меньшая—натриевых и калиевых. Дациты попадают в семейство деленитов (дацитов)—фиг. 3.

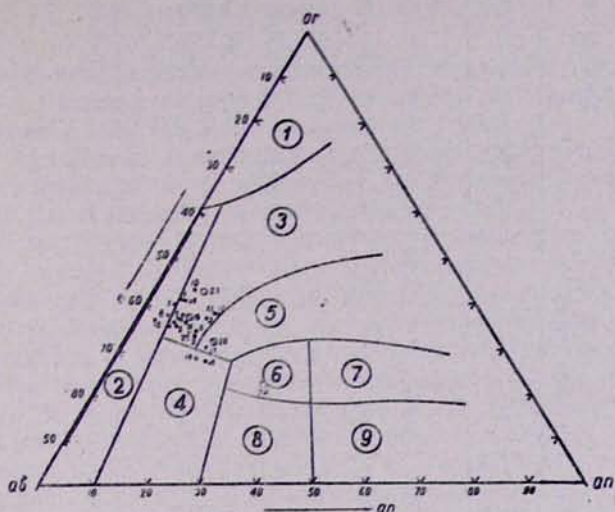
Отношение $FeO : MgO$ от липаритов к дацитам непрерывно возрастает (от 0,8 до 1,06), а общая железистость (по В. С. Соболеву, 1950) понижается (от 83 до 77%).

На треугольной диаграмме $Q-Ab-Or$ (фиг. 4) изученные породы располагаются близко к точке эвтектики; в ходе эволюции состава пород (от липаритов до дацитов) количество альбитовой составляющей постепенно увеличивается.

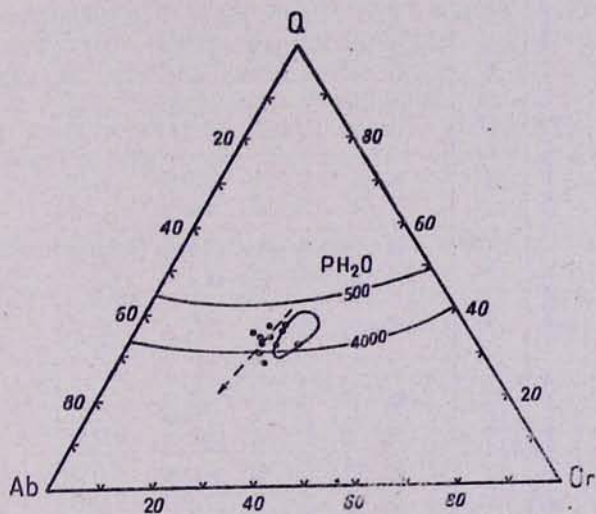
В целом изученные вулканиды обнаруживают большое сходство со средними типами соответствующих пород по Дэли, отличаясь от них несколько более лейкократовым характером.



Фиг. 2. Диаграмма химических составов новейших липарит-дацитовых пород. Кружочки обозначают фигуративные точки анализов, векторы—средние составы пород вулканов: 1—Артени, 2—Атис, 3—Гутансар, 4—Спитаксар и Гехасар, 5—сюникской группы, 6—средний липарит и дацит Армянской ССР; 7—средний липарит и дацит по Дэли. Римскими цифрами обозначены вариационные кривые по Ц. Р. Бурри и А. Н. Заварицкому: I—Пеле, II—Лассен-Пика, III—Иеллоустонского парка, IV—Этна.



Фиг. 3. Тройная диаграмма Or—Ab—An для спределения состава вулканогенных пород (по методу Р. Иванова). Цифры в кружках обозначают семейства пород: 1—калиевые липариты; 2—натриевые липариты; 3—нормальные липариты; 4—плаггиолипариты; 5—дациты; 6—липарито-дациты; 7—риобазальты; 8—андезиты; 9—базальты.



Фиг. 4. Составы новейших липарит-дацитовых пород на трех-компонентной диаграмме Q—Ab—Or.

Наряду с общими петрохимическими особенностями, характерными для пород всех вулканов, выявляются также специфические особенности, присущие породам вулканов разных вулcano-структурных подзон и даже отдельного вулкана группы (табл. 1). Это, видимо, свидетельствует о том, что отдельные вулканы были связаны с главным очагом (общим для всех вулканов данной группы—подзоны) посредством промежуточной камеры, где и происходило окончательное формирование их продуктов.

Средние составы новейших липарит-дацитовых пород Армянской ССР (по подзонам)

Таблица 1

	Подзоны	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O+	H ₂ O-	P ₂ O ₅	Cl	S	SO ₃	п. п. п	Сумма
Липариты	Артегинская группа	73,76	0,05	13,47	0,74	0,62	0,05	0,28	0,67	3,97	4,08	0,84	0,07	0,05	—	0,04	—	0,95	99,63
	Атис-Гутансарская группа	72,08	0,15	13,79	1,35	0,91	0,07	0,56	1,60	4,13	3,98	0,58	0,10	0,07	—	0,08	—	0,77	100,64
	Спитаксар - Гехасарская группа	74,29	0,11	13,47	1,14	0,59	0,06	0,15	1,01	4,16	4,20	0,04	0,33	0,01	—	—	—	0,61	100,17
	Базенк-Сатанакарская группа	73,68	0,05	13,76	0,90	0,53	0,16	0,38	1,00	3,71	4,28	0,40	1,00	0,05	0,01	—	0,03	0,06	100,03
	Артегин	67,88	0,66	15,27	1,74	1,28	0,07	1,15	0,51	4,80	4,10	—	0,11	—	—	—	—	1,75	99,30
Дациты	Атис	69,17	0,35	16,45	1,37	1,29	0,05	0,87	2,01	4,15	3,90	—	0,19	0,08	—	—	—	0,91	99,89
	Гутансар	67,81	0,38	16,83	2,03	1,05	0,09	0,92	2,36	4,13	3,51	0,02	0,15	0,14	—	0,05	—	0,80	100,42
	Липарит	73,41	0,15	13,71	1,18	0,66	0,08	0,38	1,27	4,02	4,10	0,44	0,31	0,04	0,08	0,03	0,01	0,51	100,38
Средние	Липарито-дацит	69,46	0,25	16,34	1,46	1,17	0,11	0,63	2,12	3,85	3,29	0,07	0,01	0,06	—	0,03	—	1,34	100,19

Методика исследования. Специальной методики для исследования эффузивов в настоящее время нет. Нами была принята методика, разработанная в ИМГРЭ В. В. Ляховичем (1963).

Пробы брались из различных структурных типов (раскристаллизованных, стекловатых) и фаций пород (эффузивных, эксплозивных) и с возможно максимальной площади обнажения.

Имея в виду структурные особенности изученных пород, пробы отбирались весом не менее 15 кг; измельчение их доводилось на щековой и валковой дробилках до диаметра менее 0,25 мм. Дальнейшая обработка проб проводилась на концентрационном столике КС-4, электромагнитных сепараторах и в тяжелых жидкостях. Подсчет зерен и определение весового процента проводились под бинокулярным микроскопом по формуле, предложенной В. В. Ляховичем (1963). Состав минералов определялся микроскопически, а также химическими, спектральными и рентгенометрическими анализами*.

Ниже приводится краткая характеристика ряда аксессуарных минералов, полный список и содержание которых изображены на фиг. 5.

Группа железо-титановых минералов

Магнетит является одним из наиболее распространенных аксессуарных минералов; содержание его от стекловатых и пористых разновидностей увеличивается в сторону раскристаллизованных и плотных (от 1 до 3 кг/т). В шлихах он присутствует как в виде правильных октаэдров, так и бесформенных выделений черного и буровато-черного цветов, часто образующих сростки с породообразующими минералами.

Как показали спектральные, химические и рентгенометрические анализы (табл. 2), среди минералов группы магнетита в отдельных типах пород присутствуют титаномагнетит ($TiO_2=5,02-6,20$), магнезиоферрит ($Mg=3-10\%$), манганмагнетит ($Mn=1-3\%$; $Ti=1-3\%$).

Таблица 2

Содержание элементов группы железа в магнетитах из липарит-дацитовых пород

Порода	Вулкан	Спектральные определения							Химические определения
		Mg	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	V	TiO_2
Липарит	Артени	0,2	0,65	0,65	0,01	0,065	0,002	0,03	1,42
Липарито-дацит	Артени	1	1-3	0,65	0,01	0,01	0,01	0,1	1,70
Липарит	Атис	0,1	0,3	1-3	0,03	0,065	0,01	0,03	0,80
Липарито-дацит	Атис	1	0,3	1-3	0,03	0,065	0,003	0,03	0,99
Перлит	Гутансар	0,65	0,65	0,3	0,001	0,003	0,002	0,65	5,02
Липарито-дацит	Гутансар	1-3	1-3	1	0,003	0,01	0,003	0,1	6,20

Кроме указанных элементов, установлены также: Nb (0,003), Ga (0,003), Zr (0,02), Cu (0,01), Pb (0,002), Zn (0,03), Li (0,01), Sn (0,01).

* Спектральные (полуколичественные) и рентгенометрические анализы выполнены в соответствующих лабораториях ИГН АН Арм. ССР.

Гематит и мартит встречаются также во всех шлихах, но особенно много (мартит) в лавах куполов Гюмуш и Авазан. Гематит образует пластинчатые кристаллы и обломки разной формы железо-черного цвета. По краям пластинки просвечивают ярким вишнево-красным цветом.

Мартит образует псевдоморфозы по магнетиту и титаномagnetиту; имеет матовый блеск, шероховатый облик и нередко лейкоксенизирован.

Ильменит встречается почти во всех типах пород. Образует характерные уплощенные по пинакoidу (0001) пластинчатые кристаллы; часто разведен и замещен агрегатом беловато-серого лейкоксена. В лавах вулканов Арteni, Гутансар, Спитаксар встречается также богатая Mn (3—10%) разновидность — манганильменит. Из элементов-примесей в ильменитах и манганильменитах определены (в %): Nb (0,03), Cu (0,03), Pb (0,03), Ag (0,002), Sn (0,01), Ga (0,001), La (0,03), Be (0,0001), Sc (0,03), Li (0,0003).

Шпинель встречается в единичных зернах в продуктах вулканов Арteni, Атис, Гутансар. Образует мелкие октаэдрические кристаллики буровато-черного цвета. В микронавеске спектральным анализом определены высокие содержания марганца (Mn—0,01), позволяющие отнести его к марганцевым разновидностям. Определены также (в %): Fe (0,03—0,1), Zn (0,03), Ag (0,03), Mg (0,001), Ti (0,003) и Cu (0,01).

Рутил встречается редко и в единичных зернах; представлен призматическими бипирамидальными кристаллами красно-бурого цвета.

Анатаз также встречается в единичных зернах и только в продуктах Арteni. Представлен в виде зеленоватых, обычно прозрачных обломков, реже бипирамидальных остроконечных кристаллов.

Лейкоксен замещает ильменит и титаномagnetит. Представлен скрытокристаллическим порошковатым агрегатом беловато-желтого, серовато-бурого и коричневого цветов.

Группа кальциево-редкоземельных минералов

Сфен встречается в продуктах всех вулканов. Максимальная концентрация его обнаружена в лавах вулканов Сюникской группы (до 3 кг/т). Встречается в виде таблитчатых, клиновидных или конвертообразных кристаллов медово-желтого цвета. Показатели преломления: $N_g = 2,00—2,006$; $N_p = 1,860—1,911$. Спектральными анализами определены (в %): Mn (0,03—0,1), Ti (10), Zr (0,01), Cu (0,0001), Pb (0,001), Zn (0,003), Sn (0,01), Ga (0,0003), Li (0,0003).

Апатит является одним из самых распространенных минералов изученных пород, но содержания его в продуктах разных вулканов неравномерны. В исследованных породах по цвету, составу и морфологии выделяются три типа апатитов.

а) Темные апатиты по времени образования считаются самыми ранними. Характеризуются неравномерной окраской с потемнением от центра к периферии и в виде концентрических колец. От периферии к центру тянутся пылеватые бахромки тонкодисперсного вещества; в литературе они известны как апатиты с плеохроирующими ядрами (Vasker, 1941; Ляхович, 1963). Включения, судя по большой магнитной восприимчивости, представлены магнетитом и темноцветными минералами.

б) Бесцветные апатиты имеют длиннопризматический, игольчатый габитус с хорошо развитыми бипирамидами (1011) и (1021).

в) Молочно-белые апатиты представлены короткопризматическими гексагональными кристаллами размерами до 0,3 мм.

С повышением окраски апатитов увеличивается показатель их преломления (табл. 3).

Таблица 3

Оптическая характеристика апатитов

№ проб	Порода	Вулкан	Характеристика	No	Ne	No-Ne
515	Липарит	Артени	Бесцветный	1,635	1,630	0,005
814	Липарито-дацит	Артени	Молочно-белый	1,638	1,632	0,006
1305	Липарито-дацит	Атис	Темный, дымчатый	1,642	1,638	0,004

Судя по показателям преломления, изученные апатиты относятся к фторгидроапатитам.

Гранаты являются довольно характерными минералами изученных пород. Значительные скопления их приурочены к липаритам Артени и липарито-дацитам купола Авазан. Представлены они идиоморфными тетрагонтриоктаэдрами, ромбо- и пентагондодэкаэдрами, нередко с комбинацией других форм и их осколками. Цвет варьирует от светло-желтого, оранжевого до темно-коричневого и черного. Среди них выделяются: меланит ($N=1,840-1,860$), альмандин ($N>1,80$) и спессартин ($N=1,81$).

В спессартинах определены следующие элементы-примеси (в %): Мп (3—10), Ni (0,003), Ti (0,1—0,3), Zr (0,001), Cu (0,0003), Y (0,01) Be (0,0001), Sc (0,003—0,001), Yb (0,003).

Химический анализ спессартина показал высокое содержание марганца (17,32%).

Эпидот встречается редко и в единичных зернах. Образует неправильные обломки зеленовато-желтых цветов. В иммерсии сильно плеохроирует от ярко-желтого по Ng до бесцветного по Np. $Ng=1,760-1,780$; $Np=1,730-1,784$; $Ng-Np=0,036-0,048$.

Ортит встречается чаще, чем эпидот, в содержаниях от единичных знаков до 5—10 г/т, образует удлиненные призматические обломки буровато-коричневого до черного цветов. Минерал однороден и часто просвечивает $Ng=1,780$, $Np=1,762$.

Группа редкометалльных минералов

Циркон является одним из самых распространенных аксессуаров, присутствующим во всех пробах, но в незначительных количествах. Окраска цирконов бледно-розовая, кристаллы прозрачны и иногда содержат выделения рудного минерала.

В изученных породах встречаются все пять типов цирконов, выделенных И. И. Шафрановским (1933).

Цирконовый тип кристаллов встречается с хорошо развитыми гранями тетрагональной призмы (110), а также бипирамид (111) и иногда (331). Отношение длины кристалла к ширине равно 2 : 1, 3 : 1.

Гиацинтовый тип образует комбинации одной или двух призм (100), (110) с бипирамидами (131), (111) и (331).

Копьевидный тип представлен хорошо развитыми гранями (110), меньше (100) на вершинках, обычно с (111) или (131). Отношение длины к ширине кристаллов доходит до 6 : 1 и 7 : 1.

Изометрический тип кристаллов характеризуется широким развитием бипирамид (111), (131) и сравнительно меньше—граней (110) и (100).

Циртолит—малаконовая разность цирконов встречается в единичных знаках. Имеет короткостолбчатый габитус и оранжево-красный цвет. Радиоактивен и содержит, как правило, Hf, Th, U, TR.

Монацит встречен только в липаритах и перлитах вулканов Артени и Атис (в единичных знаках). Представлен округлыми зернами или пластинчатыми кристаллами со скошенными краями, имеющими совершенную спайность. Цвет медово-желтый или бледно-желтый, со стекловатым блеском; излом раковистый. $Ng=1,840$, $Np=1,795$.

Группа металлогенных рудных минералов

Минералы этой группы представлены сульфидными и самородными типами. Из сульфидных часто встречаются: пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, реже реальгар, аурипигмент, киноварь, еще реже, борнит, антимонит, марказит, арсенопирит и молибденит (фиг. 5).

Из самородных минералов наиболее распространенными являются: медь, свинец, цинк, реже олово и золото.

Группа эксгальационно-гидротермальных минералов

Турмалин представлен призматическими и игольчатыми кристаллами буровато-коричневых цветов и стеклянным блеском. По оптическим константам он соответствует шерлу: $Ng=1,667$, $Np=1,640$, $Ng-Np=0,027$. Спектральным анализом в турмалине из липаритов купола Авазан определены (в %): Mn (0,03—0,1), Ni (0,003), Ti (0,3), V (0,01), Cr (0,0003), Zr (0,03), Cu (0,03), Pb (0,03), Ag (0,001), As (0,01), Zn (0,03), Ga (0,01), Y (0,001), Sr (0,01), Ba (0,01), Li (0,003—0,01), Be (0,003), Sc (0,003), B (1).

Химический анализ шерла показал 8,12% B_2O_3 .

Флюорит встречается почти во всех шлихах, но в единичных зернах. Представлен неправильными обломками и кубическими кристаллами. Окраска его неравномерная: от бесцветной до фиолетовой. Изотропен: $N=1,432$.

Барит относительно редко встречающийся минерал (в единичных зернах). Представлен бесцветными, прозрачными, иногда молочно-белыми пластинками или табличками (010) с характерной спайностью. При надавливании по указанной спайности он раскалывается на более мелкие пластинки. $Ng=1,650$, $Np=1,638$, $Ng-Np=0,042$.

Прочие аксессуарные минералы

Корунд встречен только в липаритах и липарито-дацитах вулкана Артени (в единичных зернах). Представлен осколками (до 0,1—0,2 мм) желтовато-зеленого цвета. $Ng=1,767$, $Np=1,682$, $Ng-Np=0,085$. Блеск алмазный, излом неровный, раковистый.

Муассанит встречается в большинстве изученных проб, но в единичных зернах. Представлен обычно неправильными, остроугольными осколками ярко-синего, ярко-зеленого цветов и с сильным металлическим блеском. Окраска их неравномерная: гуще в толстых участках и просветляется в краях. Показатель преломления >2 .

Вулканы	Минералы Породы	I Железо - титановые										II Са - редко - земельные			III Редко - металлы		IV Рудные металлогенные															V Эвкализионно - гидротермальные				VI Прочие аксессуарные										
																	Сульфидные										Самородные																			
		Магнетит	Гематит	Мартит	Ильменит	Юцит	Шпинель	Рутил	Анастаз	Лейкоксен	Сфен	Апатит	Гранат	Эпидот	Ортит	Циркон	Цирколит	Моноцит	Пирит	Халькопирит	Борнит	Галенит	Сфалерит	Аурипигмент	Реальгар	Антимонит	Кингвар	Марказит	Арсенопирит	Молибденит	Медь	Свинец	Цинк	Олово	Золото	Турмалин	Флюорит	Барит	Корунд	Муассанит	Малахит	Азурит	Лимонит			
Армения	Липариты	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	
	Перлиты	◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐	◐	◐		◐	◐					◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐	◐	◐		◐							
	Туфы	◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐	◐	◐	◐			◐		◐			◐	◐		◐						◐	◐	◐			◐	◐								◐		
	Липарито - дациты	◐	◐	◐	◐				◐	◐		◐	◐			◐		◐	◐		◐	◐	◐	◐						◐		◐					◐	◐		◐						
Амурс	Липариты	◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐		◐			◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐						
	Перлиты	◐	◐		◐					◐		◐	◐	◐	◐	◐		◐	◐		◐	◐		◐	◐	◐		◐			◐				◐	◐			◐		◐	◐	◐	◐		
	Туфы	◐	◐	◐							◐	◐	◐					◐				◐										◐				◐	◐			◐						
	Липарито - дациты	◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐	◐	◐	◐		◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐	◐						◐	◐	◐	◐		◐	◐	◐	◐	◐		◐			◐				
Гуансар	Липариты	◐	◐	◐	◐	◐					◐	◐	◐		◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐				◐	◐	◐	◐					◐	◐	◐		◐						
	Перлиты	◐	◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐	◐		◐		◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐		◐				◐		
	Липарито - дациты	◐	◐	◐	◐				◐			◐		◐	◐	◐	◐	◐	◐		◐	◐									◐					◐	◐			◐					◐	
Фонтан	Липариты	◐	◐	◐	◐	◐					◐	◐			◐			◐			◐		◐			◐		◐	◐	◐	◐					◐	◐		◐							
Алапарс	Перлиты	◐	◐	◐	◐	◐					◐	◐	◐		◐	◐			◐	◐		◐	◐		◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐		◐					◐		
Спитаксар	Липариты	◐	◐		◐	◐				◐	◐	◐	◐		◐	◐			◐	◐		◐	◐					◐	◐		◐						◐	◐		◐						
Гехасар	Липариты	◐	◐		◐	◐				◐	◐	◐	◐		◐	◐			◐	◐		◐	◐					◐		◐							◐	◐								
Меч Сатанар	Липариты	◐	◐	◐	◐	◐					◐	◐	◐	◐	◐	◐			◐					◐								◐	◐													
Покр Сатанар	Перлиты	◐	◐	◐	◐						◐	◐	◐		◐	◐			◐													◐	◐													
Гюмуш	Липарито - дацит	◐	◐	◐	◐					◐		◐	◐	◐	◐	◐			◐	◐		◐							◐		◐	◐	◐			◐	◐	◐		◐						
Авазан	Липарито - дацит	◐	◐	◐						◐		◐	◐		◐	◐			◐	◐				◐								◐	◐			◐	◐	◐		◐						

Содержание аксессуарных минералов в породах даны в весовых процентах

● - 1,0-0,5 ◐ - 0,5-0,3 ◐ - 0,3-0,1 ◐ - 0,1-0,03
 ◐ - 0,03-0,05 ◐ - 0,005-0,001 ◐ - 0,001-0,0005 ◐ - 0,0005 - ед зерна

Фиг. 5. Диаграмма распределения и содержания аксессуарных минералов в новейших липарит-дацитовых породах.

Малахит и азурит встречаются очень редко и в единичных зернах. Обычно образуют наросты на пластинках самородной меди и халькопирита.

Лимонит также один из редких аксессуаров. Образует либо самостоятельные лапчатые пластинки и дендриты буровато-желтых и ржавых цветов, либо—тонкую пленку на поверхности пирита и магнетита.

Особенности распределения и нахождения аксессуарных минералов в липарит-дацитовых породах

В изученных породах обнаружено всего сорок два аксессуарных минерала. Исследования показывают, что продукты отдельных вулканов и отдельных типов пород характеризуются как различной ассоциацией минералов, так и изменчивостью их количественных соотношений и иногда морфологических особенностей.

Среди аксессуаров имеются как «сквозные» минералы, характерные для всех или большинства исследованных пород, так и «специфические», характеризующие только отдельный вулкан или тип породы.

«Сквозными» минералами являются: магнетит, гематит, ильменит, апатит, гранат, циркон, пирит. Содержание их в различных типах пород различно и колеблется в заметных пределах (1—10 кг/т); однако магнетиты в отдельных типах пород или в породах отдельных вулканов представлены разновидностями, отличающимися по составу и морфологическим особенностям.

Некоторые аксессуары характеризуют только породы отдельных вулканов или тип породы, другие—группы вулканов или группу пород, а третьи присутствуют в породах большинства вулканов, но в разных количественных соотношениях.

К «специфическим» минералам, характеризующим продукты отдельных вулканов, относятся: анатаз, аурипигмент, молибденит, корунд, малахит (вулкан Артени), барит (вулкан Гутансар).

Интересны также качественные отличия в содержании аксессуарных минералов между отдельными типами пород—раскristализованными (липариты, липарито-дациты) и стекловатыми (перлиты, обсидианы, пемзы, туфы) и однотипными породами разных вулканов. В целом, раскristализованные породы отличаются относительно большими содержаниями железо-титановых аксессуаров, а стекловатые—эксталяционно-гидротермальных.

Минералы, характерные для раскristализованных пород: мартит, иоцит, шпинель, анатаз, циртолит, пирит, сфалерит, аурипигмент, марказит, самородная медь, молибденит (для вулканов Артени и Атиса), мартит, ортит, арсенипирит (для Гутансара), мартит, ильменит (для Фонтана и Алапарса) и т. д.

Минералы, характерные для стекловатых пород: турмалин (для Артени) реальгар, киноварь, азурит, лимонит (для Атиса) марказит, свинец (для Гутансара), иоцит, сфен, халькопирит, галенит, антимонит, марказит, цинк, флюорит, азурит (для Фонтана и Алапарса) и т. д.

Остальные минералы встречаются в обоих типах пород, но в разных содержаниях.

Минералы, характерные для однотипных пород разных вулканов. Наибольшим разнообразием минералов характеризуются липариты Артени. В них, в отличие от минералов других вулканов, имеются: рутил, анатаз, аурипигмент, корунд, магнетит и лимонит. Липариты других вулканов в этом отношении в общем довольно близки, только лавы Атиса отличаются от лав Гутансара наличием антимонита, мар-

казита, олова, золота, а от лав Спитаксара—мартита, эпидота, цирконита, монацита, антимонита, барита и отсутствием ряда элементов: анатаза, рутила, киновари и т. д.

Заметные отличия в содержании аксессуаров проявляются также в липарито-дацитовых лавах разных вулканов. Так, лавы Артеи отличаются от других присутствием анатаза, аурипигмента, реальгара, цинка, корунда, малахита и отсутствием иоцита, шпинели, марказита, арсениопирита, молибденита, олова, золота, турмалина, флюорита, муассанита (от лав Атиса), турмалина, лимонита (от лав Гутансара) и т. д.

Аналогичные различия, в частности в содержаниях иоцита, шпинели, эпидота, марказита и других наблюдаются также и в стекловатых разновидностях отдельных вулканов.

Помимо указанных минералов, встречаются также минералы, которые на фоне более или менее равномерного содержания в некоторых типах пород выделяются относительно высокими концентрациями. Из таких минералов можно отметить гранат и циркон в лавах вулканов Артеи, Фонтан, Алапарс, Гюмуш и Авазан (в последнем также турмалин), сфен в лавах Мец и Покр Сатанакар.

В подобных исследованиях очень важно также определение видового состава и морфологических особенностей аксессуарных минералов в различных типах пород и вулканов. Изучение их довольно трудно ввиду отсутствия специальной методики обработки проб для эффузивов, но все же наблюдаются некоторые типоморфные особенности для цирконов, сфена, граната, магнетита и пирита.

Морфологические особенности аксессуарных минералов и их парагенезис с породообразующими минералами позволяют выделить среди них три основные генетические группы:

I. Раннемагматические минералы—магнетит, ильменит, темный апатит, циркон, реже, гранат (альмандин); они образовались в интрателлуристическую стадию кристаллизации магмы. Эти минералы в виде включений содержатся в породообразующих (плагноклаз, кварц, биотит и др.) и в более поздних аксессуарных (apatит, циркон и др.) минералах.

II. Позднемагматические минералы—магнетит, игольчатый циркон, молочно-белый апатит, возможно часть сульфидов и самородные минералы; образовались в эффузивную стадию кристаллизации магмы. Они сконцентрированы обычно в основной массе пород.

III. Поствулканические или эксгальационные минералы—гранат (спессартин), турмалин, барит, возможно часть сульфидов; являются низкотемпературными, отложившимися из растворов и газов в трещинах, порах пород и в литофизах.

Из всего вышеизложенного видно, что изученные породы имеют в целом близкий и характерный для кислых магм состав аксессуарных минералов. Отмеченная выше специализация продуктов отдельных вулканов свидетельствует в определенной мере и о специфических физико-химических процессах, происходящих в отдельных магматических камерах, которые питали эти вулканы. Качественные и количественные различия аксессуарных минералов в породах разных фаз и разных типов пород одного и того же вулкана говорят о том, что происходила некоторая миграция пневматофильных элементов в верхние части очага, неравномерное перераспределение их, связанное со специфическими свойствами и эволюцией исходной кислой магмы и т. д.

Для выяснения геохимических особенностей новейших липарито-дацитовых пород, по данным приближенно-количественных анализов* вычислены средние содержания микроэлементов и построены соответствующие диаграммы для главных типов пород и продуктов отдельных вулканов. При вычислении средних содержаний элементов учитывалась частота их встречаемости в общем числе анализов для отдельного вулкана. Для каждого элемента высчитаны проценты содержаний: выше кларка, кларковые и ниже кларка (к данному количеству анализов, принятому за 100%) и построена диаграмма (фиг. 6). Для общей наглядности по этим данным построена также вариационная диаграмма, отдельно для липаритовых (липариты, обсидианы, перлиты, пемзы) и липарито-дацит-дацитовых пород (фиг. 7). Кроме того, отдельно составлены вариационные кривые средних содержаний микроэлементов для всех липаритовых, стекловатых и раскристаллизованных разновидностей пород (фиг. 8).

Данные спектральных анализов сравнивались с кларками для кислых пород (по А. П. Виноградову, 1962).

Ниже рассматривается поведение элементов-примесей, сгруппированных согласно геохимической классификации А. Н. Заварицкого (1944).

Группа малых петрогенных элементов

Литий является одним из характерных микроэлементов для изученных липаритовых пород и повсеместно встречается в содержаниях, превышающих кларк от 2 до 5—10 раз.

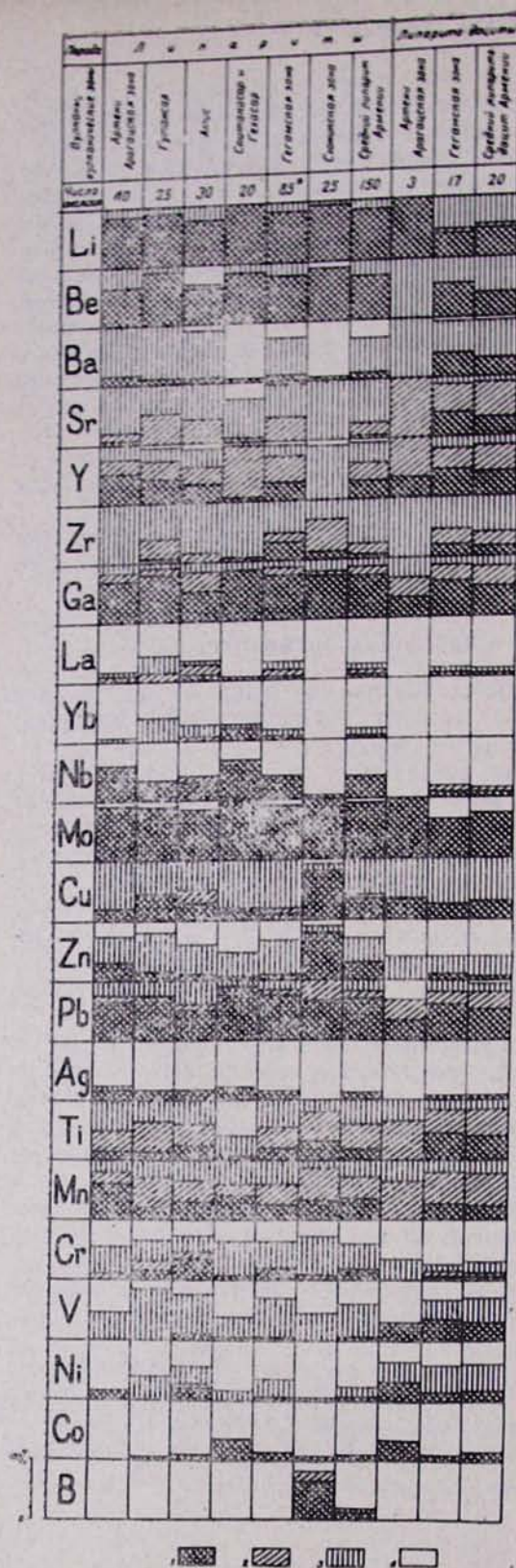
В липарито-дацитах Артени встречается в содержаниях 0,01—0,003%, однако в целом в липарито-дацитах содержания его составляют 0,01—0,03% и значительно превышают кларк. От липаритов к дацитам содержание постепенно убывает. Максимальная концентрация отмечается в плотных стекловатых и раскристаллизованных разновидностях.

Из минералов установлен в мангильмените (0,0001%), турмалине (0,003—0,01%), сфене (0,0003%) и биотите (0,03—0,01%). Следует отметить, что лишь небольшая часть лития (10%) концентрируется в тяжелой фракции пород; главная масса рассеяна в породообразующих минералах и в стекле.

Бериллий встречается в основном в тех же породах с той же степенью концентрации, что и Li; исключение составляют липарито-дациты Артени, где, в противоположность Li, Be присутствует в содержаниях ниже кларка. В среднем бериллий в липаритовых разновидностях превышает кларк в 2—6 раз. Как в плотных раскристаллизованных, так и в стекловатых породах, бериллий содержится в одинаковых количествах. Главным носителем бериллия в породах является полевошпатовая основная масса; иногда он отмечается в мангильмените (0,0001%) и в турмалине (0,003%).

Барий в изученных породах встречается обычно в содержаниях, не превышающих кларк. Среднее содержание Ba в липаритах и липа-

* Спектральные приближенно-количественные определения рассматриваемых элементов выполнены в лаборатории ИГН АН Арм. ССР (300 анализов). Точность метода $\pm 30-40\%$, при чувствительности: 0,0001—Be, Ag; 0,0003%—Li, Yb, Ga, Sn, Cu, Mo, Cr, V, Mn, Bi; 0,001%—Y, Zr, Co, Ni, Au, Sc, B, Ti; 0,003%—Sr, Nb, Zn, Pb, Sn; 0,01%—La, Ba, As; 0,1—P, Hg.



Фиг. 6. Диаграмма распределения элементов-примесей в новейших липарит-дацитовых породах. Содержания элементов: 1 — выше кларка; 2 — кларковое; 3 — ниже кларка; 4 — ниже чувствительности метода.

рито-дацитах составляет 0,1—0,003%, достигая в липарито-дацитах Гехасара до 0,3%. Увеличение Ba в дацитовой ветви пород, видимо, связано с увеличением в породе вкрапленников плагиоклаза и биотита, где он может изоморфно замещать K^{+1} и в меньшей степени Ca^{+2} . Барий в главной части накапливается в минералах основной массы пород и в виде примеси установлен в магнезиоферрите (0,03%) и турмалине (0,01%), лишь редко образуя аксессуарный барит (Гехасар, Артени).

Стронций не менее характерен для изученных пород. В кларковых содержаниях встречается он в гутансарских и атисских липаритах и липарито-дацитах. В содержаниях выше кларка Sr встречается в некоторых разностях пород вулканов Артени, Спитаксар и Гехасар. Среднее содержание Sr в липаритах равно 0,02%, достигая в липарито-дацитах вулканов Атис и Гутансар до 0,1%. Заметна тенденция накопления Sr в основной массе продуктов изученных вулканов, где он обычно замещает Ca в кальцийсодержащих минералах.

Группа редких элементов

Галлий в изученных породах характеризуется заметно повышенными против кларка содержаниями при вариации его в пределах 0,01—0,003%. Относительная концентрация и частота встречаемости Ga от липаритов к дацитам несколько уменьшается.

Геохимическое поведение галлия в ходе дифференциации, как известно, тесно связано с поведением алюминия, что выражается в постоянстве отношения Ga/Al.

Примеси Ga встречены в полевых шпатах (0,003%) и турмалинах (0,01%).

Лантан не характерен для изученных пород. Он обычно отсутствует или присутствует в некоторых породах в содержаниях ниже и, реже, выше кларка (0,01—0,03%). В липаритах, как правило, связан с ортитом. Обычно, ввиду близости ионных радиусов La^{+3} и Ca^{+2} , первый маскируется в кальцийсодержащих минералах, в частности плагиоклазах (0,003%) и апатитах (0,1—0,03%).

Цирконий. Содержания циркония в липаритах и липарито-дацитах, по сравнению с кларком, занижены. Лишь в части пород отдельных вулканов (Гутансар, Спитаксар, Гехасар) он встречается в содержаниях выше кларка (до 0,003%). Главная масса циркония в породах связана с цирконом и достигает в тяжелых фракциях до 0,03—0,1%. Даже наличие его в роговых обманках и биотитах объясняется присутствием в последних очень мелких включений минерала циркона.

Иттрий в содержаниях выше кларка встречается в значительно большем количестве проб для каждого вулкана, чем цирконий. Им наиболее обогащены липариты вулкана Артени, затем Гутансара, Атиса и липарито-дациты последних; в сюникских породах иттрий либо отсутствует, либо обнаруживается в содержаниях ниже кларка. В поведении Y наблюдаются сходные черты с поведением щелочей и особенно калия; иттрий концентрируется в основной массе пород и частично в виде изоморфной примеси рассеян в кристаллической решетке цирконовых и кальциевых минералов.

Иттербий встречается обычно в содержаниях ниже кларка (0,0003%). Содержания выше кларка встречаются в породах вулканов Спитаксар и Гехасар (0,001%).

Ниобий встречается редко в содержаниях выше кларка (0,003%) и только в некоторых случаях (Атис) кларковых. Он наиболее характерен для пород вулканов Артени, Спитаксар и Гехасар. В об-

шем наблюдается тенденция понижения содержания Nb от липаритовых разностей пород в сторону дацитовых. Ниобий сосредоточен в тяжелой фракции (0,003—0,01%) и акцессорных минералах: магнезиоферрите (0,003%) и сфене (0,01%).

Группа металлогенных элементов

Молибден как ранее было отмечено (Ширинян, Адамян и др., 1963) является одним из характерных элементов изученной серии пород. В содержании выше кларка (0,001—0,003%) он встречается в преобладающем большинстве проб. Однако акцессорный молибденит встречается довольно редко и в единичных знаках, а содержание Mo в тяжелых фракциях составляет 0,003—0,01%. Это связано с тем, что Mo предпочтительно накапливается в полевых шпатах и в обсидианах. Содержание Mo от липаритов в сторону дацитов заметно понижается (фиг. 6).

Свинец после молибдена является самым распространенным элементом, содержащимся в значениях выше кларка в преобладающем большинстве стекловатых и раскристаллизованных пород. Среднее содержание Pb варьирует от 0,001 до 0,003%, реже достигая 0,01%.

На высокие содержания свинца в кислых вулканических сериях калиевого ряда указывают также С. Р. Ноккольдс и Р. Аллен (1958). Богатство свинцом кислых лав объясняется кристаллохимической близостью его к калию, что наблюдается по уменьшению калия и свинца в дацитовом ряде пород. Эта близость обуславливает накопление Pb и в калийсодержащих минералах, в частности биотитах (0,1—0,3%). Характерно высокое содержание свинца в тяжелых фракциях пород (0,01—0,3%), что обусловлено постоянным присутствием галенита и самородного свинца. Заметные количества Pb содержатся также в ряде акцессорных минералов: в магнезиоферрите (0,002), манганильмените (0,03%), сфене (0,001%), пирите (0,03%), сфалерите (0,3%), цинке (0,03%) и турмалине (0,03%).

Медь является характерным элементом изученных пород и встречается в содержаниях, близких к кларку, однако в содержаниях выше кларка (3—10 раз) она встречается в преобладающем большинстве пород Сюникской группы вулканов и несколько меньше — вулканов Гутансар и Атис (0,003%). В липарито-дацитовых породах разных вулканов Cu находится в почти одинаковых содержаниях (0,1—0,03%). Наибольшая концентрация меди наблюдается в обсидианах и липаритах, наименьшая — в пемзах и перлитах.

Медь содержится в ряде акцессорных минералов: в магнезиоферрите (0,01%), манганильмените (0,03%), в шпинели (0,01%), сфене (0,0001%), гранатах (0,0003%), пирите (0,3%), сфалерите (0,3—1%), турмалине (0,03%) и в медистом цинке (0,3%).

Цинк, так же как и медь, характерен для изученных пород. Он встречается в продуктах всех вулканов в содержаниях ниже кларка (0,003%), реже, выше кларка — в породах Сюникской группы вулканов (1,7—5 кларка).

Из остальных вулканов указанным элементом относительно более обогащены липариты Артени (0,01%). Цинк в большей степени концентрируется в обсидианах. Он в породах встречается в виде акцессориев: сфалерита и самородного цинка; кроме этого, значительная концентрация цинка (0,1—0,3%) обнаруживается в магнетитах. Довольно высокие содержания цинка выявлены также в акцессорных минералах: магнезиоферрите (0,03%), шпинели (0,03%), сфене (0,003%), арсенопирите (0,03%), турмалине (0,03%) и еще больше — в медистом цинке (15%).

Серебро встречается в породах, как правило, в содержаниях ниже кларка, реже выше кларка (Артени, Атис). Накапливается обычно в тяжелой фракции (0,003—0,01%) и встречается также в аксессуарном сфалерите (0,01%), арсенопирите (0,001), цинке (0,0004%) и турмалине (0,001%).

Элементы группы железа

Титан по данным химических и спектральных анализов содержится в большинстве проб в значениях ниже кларка (0,001—0,1%), составляя в среднем 0,09%. По сравнению с липаритами липарито-дациты резко обогащены Ti (0,36—0,21%), составляя в среднем 0,28%, что близко к кларку. Характерно, что в магнетитах из липаритов содержание Ti колеблется в пределах 0,45—0,85%, а в липарито-дацитах составляет от 1,2 до 3,7%.

В разнотипных породах липаритовой серии содержание TiO_2 колеблется в одинаковых значениях, но его относительно больше в обидианах и меньше—в перлитах. Титан в породах связан главным образом с магнетитом; его присутствие обусловлено наличием ильменита, рутила и анатаза.

Марганец в липаритах и липарито-дацитах встречается постоянно в содержаниях ниже кларка (0,02—0,06%), составляя в среднем 0,05%.

В темноцветных минералах и в основной массе пород двухвалентный марганец находится в рассеянном состоянии, замещая Fe, и устанавливается спектральным анализом в манганмагнетите (1—3%), магнезиоферрите (0,3%), манганильмените (3%), шпинели (0,01%), сфене (0,03—0,1%), гранатах (3—10%), пирите (0,03%), сфалерите (1%), арсенопирите (0,0003%), турмалине (0,03—0,1%). В тяжелых фракциях и в магнетитах, особенно в мангансодержащих магнетитах, содержание Mn составляет от 0,1—0,3 до 1—3%.

Хром. В содержаниях хрома наблюдаются значительные вариации, хотя в целом они не превышают кларк. Содержания выше кларка (0,01—0,03) встречаются в породах вулкана Атис. Содержание хрома, как и марганца от липаритов к дацитами несколько уменьшается, но в среднем липарите и даците содержание их, как и Mn, почти одинаково. В тяжелых шлихах содержания его составляют от 0,003—0,001 до 0,3—1%, а в магнетитах—от 0,001 до 0,03%.

Ванадий в липаритовых разностях пород встречается в незначительных количествах, только иногда несколько превышая кларковые содержания. Возрастает в дацитовых разностях (0,03%).

Кристаллохимическая близость ванадия к Ti^{+4} и Fe^{+3} обуславливает его накопление в титановых и железо-магнезиальных минералах. Максимальные концентрации его устанавливаются в магнетитах и в тяжелых фракциях (от 0,3 до 1%).

Никель, как и ванадий, в породах разных вулканов распределен неравномерно. Заметно преобладает он в липаритах вулкана Атис и в липарито-дацитах Артени. В остальных породах он или отсутствует, или встречается в содержаниях ниже кларка и, в редких случаях,—выше кларка (0,01—0,003%).

Кобальт встречается обычно в содержаниях, близких и несколько превышающих кларк, лишь в породах вулканов Спитаксар, Гехасар и липарито-дацитах Артени; содержание его достигает (0,001—0,003%), что превышает кларк в 2—6 раза.

С. Ноккольдс и Р. Аллен (1958) считают, что Со очень характерен для серии пород с повышенной железистостью. В наших породах заметных различий в содержании Со в липаритовых и дацитовых разностях пород не наблюдается. Различий не наблюдается также в разных структурно-текстурных типах липаритовых пород (фиг. 8).

Значительная концентрация Со отмечается в некоторых акцессорных минералах: сфалерите (0,01%), арсенопирите (0,003%) и т. д.

В магнетитах из тяжелых фракций Со содержится в тех же значениях, что и в породах (0,003—0,01%); в тяжелых фракциях содержание его несколько выше (0,01—0,03%).

Группа элементов магматических эманаций

Бор встречается обычно в кларковых содержаниях, и только в части пород (Сюникская группа) он содержится в значениях выше кларка (0,003%).

В турмалинизированных породах купола Авазан концентрация бора максимальная и достигает 1%. Главная масса бора, как правило, накапливается на поздних этапах кристаллизации и выделяется в виде турмалина. Содержания его в стекловатом или раскристаллизованном мезостазисе пород одинаковы.

Хлор определен в липаритах тремя частными анализами пород Сюникской группы вулканов. Содержание в липаритах высокое и составляет 0,12—0,36%. Концентрируется в основном в апатитах (0,1%).

Серa довольно характерный элемент кислых пород, но более обогащены ею породы вулканов Атис и Артени, где ее содержание варьирует от 0,04—0,16 до 0,20—0,35%, составляя в среднем 0,12%. Среднее содержание ее в липаритах составляет 0,04—0,15%, достигая в отдельных случаях—0,44%. В целом, изученные породы заметно обогащены серой, которая в 3 раза превышает кларк.

Фосфор имеет повсеместное распространение, однако его концентрация в породах варьирует в значительных пределах—от 0,02 до 0,27%. Среднее содержание фосфора в липаритах несколько превышает кларк (0,05%), в липарито-дацитах же оно составляет 0,07%. Рассматривая особенности распределения фосфора по вулканам, необходимо выделить вулканы Гутансар, Атис и Сюникскую группу, которые сравнительно более обогащены фосфором.

Основным концентратом фосфора является апатит.

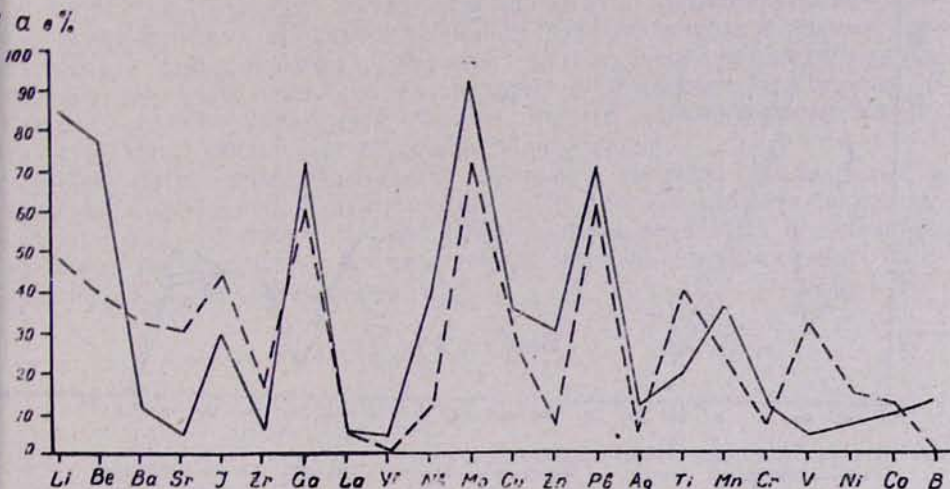
Новейшие липарит-дацитовые вулканы Армянской ССР характеризуются своеобразным комплексом микроэлементов, характерным для магмы кислого—липарито-дацитового состава (табл. 4).

Таблица 4
Концентрация микроэлементов в продуктах новейших липаритовых куполовидных вулканов Армянской ССР

Порода	Повышенная концентрация (2 и более)	Нормальная концентрация (в пределах кларка)	Пониженная концентрация (ниже кларка)
Липариты	Li, Be, Y, Nb, Mo, Pb, Cl, S, Ga, P	Sr, Cu, Co, P, Ba, B	La, Zr, Zn, Ag, Mn, Cr, Ni, Ti, Be
Липарито-дациты, дациты	Sr, Pb, B, S, P	Li, Be, Nb, Cu, Mn, Co, Ni, Cl, B, Ba	La, Zr, Zn, Hg, Cr, S

Наиболее характерными сквозными элементами для данной серии являются: Mo, Pb, Ga, Li, Be, которые содержатся в большинстве проб в количествах, превышающих их кларковые содержания.

Наблюдается некоторая специализация элементов-примесей по вулканам и вулкано-структурным подзонам. В этом отношении особо выделяются породы вулканов Сюникской подзоны, характеризующиеся высокими содержаниями Mo, Pb и Cu, что, возможно, связано с особенностями погребенных под неогеновыми отложениями рудоносных участков Мисхано-Зангезурского медно-молибденового пояса, выделенного И. Г. Магакьяном и С. С. Мкртчяном (1957).



Фиг. 7. Вариационная диаграмма распределения элементов-примесей в содержаниях выше кларка для среднего липарита (сплошная линия) и липарито-дацит-дацита (пунктирная линия).

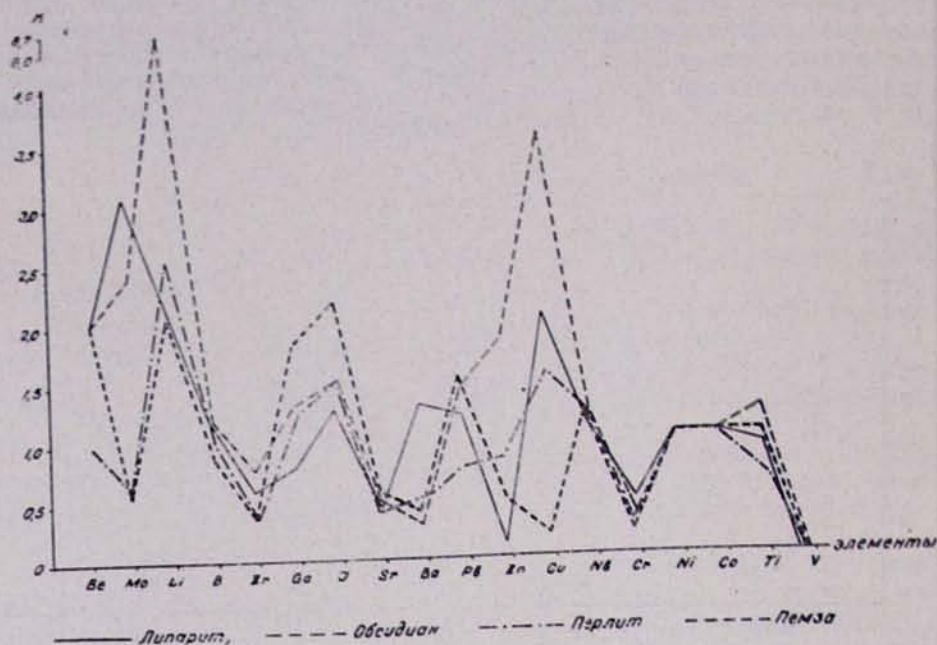
Определенные закономерности в распределении микроэлементов выявляются также в выделенных двух группах пород — липаритовой и дацитовой. В целом, содержания и частота встречаемости элементов, характерных обычно для основных серий пород (Ti, V, Ni и др.), заметно повышаются в сторону дацитовой ветви, однако не доходят до концентраций, характерных для основных пород.

Несмотря на идентичность составов, специализация наблюдается также по отдельным структурно-текстурным разностям липаритовых пород (плотным и пористым, стекловатым и раскристаллизованным). В обсидианах и липаритах наблюдается концентрация Mo, Li, Cu, в пемзах — Ga, V и Pb.

Определенная специализация элементов-примесей наблюдается также в различных фациях пород (экструзивной, эксплозивной, эффузивной). Так, более тяжелые элементы, связанные с железомagneзными минералами или входящие в основную массу породы в виде примесей, остаются в экструзивных фациях, а легкие уходят с пирокластикой и с потоками.

Содержания элементов-примесей варьируют также в разрезе и по простиранию потоков. В частности, это характерно для пневматофильных элементов (Be, Ba, Zr, Mo), которые образуют относительно повышенные концентрации в нижних и фронтальных частях потоков.

Приведенное выше представляет определенный интерес и позволяет выявить некоторые вопросы петрогенезиса, для окончательного решения которых требуются специальные, более детальные геохимические и другие точные методы исследования.



Фиг. 8. Вариационная диаграмма содержания микроэлементов в отдельных разновидностях липаритовых пород.

Исходя из всего вышеизложенного, можно прийти к следующему заключению.

1. Геологические, петрохимические, а также минералого-геохимические исследования изученных липарит-дацитовых пород определяют их принадлежность к родоначальной кислой магме. Состав последней был, вероятно, липарито-дацитовый, эволюционировавший во времени в сторону дацитового.

2. Наблюдается общая обогащенность указанных пород аксессуарами, характерными для гранитоидных пород. Наряду с магнетитом, ильменитом, цирконом и апатитом, характерно также присутствие ортита, сфена, монацита, ширтолита, молибденита и др.

Из элементов-примесей наблюдается общая обогащенность пород Be, Li, Pb, Mo, Ga, отчасти Cl, S, Nb, Ta и обедненность Ti, V, Ni, Co, Cr.

3. В ходе эволюции состава пород от липаритов до дацитов, наряду с соответствующим изменением состава главных породообразующих минералов, наблюдаются изменения также в видовом составе аксессуарных минералов и микроэлементов. В целом, содержания и частота встречаемости минералов и элементов, характерных обычно для основных серий пород (в частности, минералы и элементы группы железа) заметно повышаются в сторону дацитовой ветви, однако не доходят до концентраций, близких для основных пород.

4. Геохимическая и аксессуарно-минеральная специализация наблюдается также по отдельным структурно-текстурным разновидностям

(раскристаллизованным, стекловатым, пористым, плотным) липаритовой группы пород.

5. Проведенные минералого-геохимические исследования в комплексе с геолого-петрографическими данными позволяют принимать полигенный характер образования очагов кислой магмы. Последняя образовалась, по всей вероятности, за счет переплавления нижних частей гранитно-метаморфического основания земной коры, представленного преимущественно, кварц-полевошпатово-слюдистыми сланцами.

6. Наблюдающаяся петро-геохимическая и акцессорно-минеральная специализация продуктов вулканов, расположенных в разных вулкано-структурных подзонах, отражает, видимо, особенности тех участков коры, за счет переплавления которых образовались эти породы. В каждой вулкано-структурной подзоне имелся изолированный магматический очаг, общий для вулканов данной группы.

Некоторые индивидуальные особенности состава, выявленные в продуктах отдельных вулканов данной группы (подзоны), свидетельствуют о том, что окончательное формирование расплавов под каждым вулканом происходило в промежуточных магматических камерах, которые питались из общего очага.

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. *Геохимия*, № 6, 1962.
- Заварицкий А. Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. Изд. АН СССР, 1950.
- Иванов Р. По вопросу о химико-минералогической классификации главных изверженных горных пород. *Научные сообщения Карпато-Балканской геологической ассоциации*, т. 5, Бухарест, 1963.
- Карапетян С. Г. Куполовидные вулканы Арteni и Атис. Изв. АН Арм. ССР, № 3—4, 1964.
- Карапетян С. Г. Центры извержений плиоценовых кислых пород Армении. Тр. Третьего Всесоюзного вулканологич. совещания, т. II, «Вулканические и вулкано-плутонические формации». Изд. «Наука», 1966.
- Карапетян С. Г. Особенности строения и состава новейших липаритовых куполовидных вулканов Армянской ССР. Автореферат кандидатской диссертации, 1968.
- Ляхович В. В. Акцессорные минералы эффузивных и субэффузивных пород. Изв. АН СССР, № 12, 1963.
- Меликсетян Б. М. Закономерности распределения акцессорных минералов в гранитоидах Мегринского плутона. Сб. «Акцессорные минералы изверженных пород». Изд. «Наука», 1968.
- Ноккольде С. Р., Аллен Р. Геохимические наблюдения. ИЛ, 1958.
- Соболев В. С. Значение железистости феррических минералов и вспомогательные диаграммы для определения состава биотитов, роговых обманок и ромбических пироксенов. Мин. сб. Львовского геол. об-ва, № 4, 1950.
- Шафрановский И. И. Цирконы Вишневых гор. Зап. Всерос. Мин. об-ва, № 1, 1933.
- Ширинян К. Г., Адамян А. А., Карапетян К. И., Карапетян С. Г. Некоторые особенности рассеяния микроэлементов в новейших вулканических продуктах Армении. Зап. Арм. отд. Всесоюзн. минералогич. об-ва, вып. 2, Ереван, Изд. АН Арм. ССР, 1963.
- Backer G. Apatit crystals with colored cores in Victorian granitic rocks. *Amer. Mineral*, vol. 26, 1941.