

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД БАЗУМСКОГО ХРЕБТА

Несмотря на сравнительно детальную изученность щелочных интрузий Северной Армении, некоторые вопросы их минералогии и геохимии все еще остаются слабо освещенными. В основу настоящей статьи положены результаты исследований авторов в 1962—1965 гг. при изучении интрузивного магматизма Базумского хребта.

Геолого-структурное положение интрузий

Характерным геолого-структурным условием размещения щелочных интрузий Базумского хребта, как и других щелочных массивов Армении, является приуроченность к краевым частям геосинклинальных зон, к крыльям и приосевым частям крупных синклинальных структур, к участкам развития глубинных разломов СЗ простирания и сочленения с ними крупных поперечных разрывных нарушений, образовавшихся в стадию послескладчатого воздымания и раскалывания крупных платформенных структур.

Щелочные интрузии Базумского хребта расположены к северо-востоку от собственно Тежсарского вулcano-плутонического комплекса и представлены двумя сравнительно крупными интрузивами — Бундукским и Гарнасарским и рядом небольших апофизных выходов: Лермонтовским, Ачаджурским, Блданским и другими.

Все эти выходы щелочных интрузий приурочены к Севанской геосинклинальной зоне, представляющей собой узкий наложенный прогиб по ЮЗ периферии Сомхетско-Кафанской пологоскладчатой зоны и прошедший цикл геосинклинального развития и формирования в палеогене.

В истории интрузивного магматизма Севанской зоны нами выделяются два разновозрастных комплекса: 1) синорогенный среднеэоценовый щелочноземельный многофазный комплекс (Базумский) представленный габброидами, кварцевыми диоритами и гранодиоритами и 2) позднеорогенный верхнеэоценовый щелочной многофазный комплекс (Памбакский), включающий: щелочные, нефелиновые и псевдолейцитовые сиениты, порфировидные граносиениты.

Описываемые интрузивные тела Базумского хребта рассматриваются как саттелиты верхнеэоценового щелочного комплекса. По данным Г. П. Багдасаряна (1965), среднее значение возраста Бундукской и Гарнасарской интрузий равно соответственно 36 ± 2 млн. лет, что отвечает верхнему эоцену — нижнему олигоцену.

Краткая геолого-петрографическая характеристика интрузивных массивов

Рассматриваемые интрузии изучались целым рядом исследователей: В. Н. Котляром (1958), Г. П. Багдасаряном (1951), С. И. Баласаняном (1957), Б. Д. Акопян (1963), К. А. Мкртчяном, А. И. Адамяном (1959) и другими.

Вкратце остановимся на геолого-петрографической характеристике этих массивов щелочных пород.

Бундукский интрузив имеет дайкообразную форму и падает под крутым углом на север. Он протягивается узкой полосой от с. Амзачиман в широтном направлении до с. Фиолетово и далее расширяется до 1,5 км, доходя до вершины г. Бундук. Площадь массива 4,5—5 кв. км. Бундукский массив прорывает вулканогенную толщу среднего эоцена, представленную на юге различными андезитами, а на севере туфами, туфобрекчиями и туфопесчаниками. По мнению В. Н. Котляра (1958) интрузив приурочен к зоне тектонического нарушения и сопровождается милонитизацией. Отдельные небольшие выходы щелочных пород, как и сам Бундукский интрузив характеризуются более интенсивно проявленными процессами гибридизации. В петрографическом отношении они представлены щелочными и субщелочными сиенитами, монцонитами, кварцевыми и бескварцевыми сиенитами, габбро-сиенитами и эссекситами, а также жильными породами.

Главная интрузивная фация представлена щелочными среднекрупнозернистыми амфибол-биотитовыми и биотитовыми сиенитами. В северо-восточной части в виде дополнительной интрузии протягивается полоса фельдшпатолитов-пегматоидных калиевых щелочных лейкосиенитов, которые по мнению предыдущих исследователей постепенно переходят в щелочные сиениты главной фации. Нами в гребневой части массива в нескольких пунктах между названными породами установлен резкий контакт. В восточной расширенной части эндоконтактная зона, ошибочно принятая Р. Г. Геворкяном (1964) за вторую фазу среднеэоценового комплекса, представлена гибридизированными сиенитизированными мелкозернистыми габбро-сиенитами, инъецированными апофизами щелочных сиенитов и фельдшпатолитов.

В совместном маршруте с Г. П. Багдасаряном была установлена широкая полоса магматического замещения Бундукской интрузией андезитов среднего эоцена с постепенными переходами от ороговикован-

ных разностей к пятнистым габбро-сиенитам эндоконтактовой зоны, которые инъецированы щелочными сиенитами и фельдшпатолитами.

В пределах интрузии пегматитовые жилы сосредоточены в западной суженной части массива. В центральной части интрузии обнажается крупная меланократовая дайка керсантина, а в восточной — ряд даек бостонитов, которые Р. Г. Геворкяном (1964) идентифицированы с щелочными трахитами («арменитами») Гарнасарского массива, что вряд ли правомерно на основании сравнения лишь химических составов.

Лермонтовский выход расположен западнее Бундукского интрузива и обладает эллипсоидальной формой, площадью 0,4 кв. км. Он прорывает и ороговиковывает среднеэоценовые андизиты. Сложен розовато-серыми щелочными сиенитами среднезернистого сложения.

Блданский интрузив по С. И. Баласаняну расположен севернее Бундукского массива и сложен сиенитами, щелочными сиенитами, а в эндоконтактах — монцонитами и сиенито-диоритами. В них много ксенолитов андезитового состава.

Ачаджурский интрузив расположен северо-западнее Бундукского массива у зимовки Ачаржур. Интрузия прорывает липариты, андезиты и туфопесчаники среднего эоцена. Она сложена среднезернистыми мезократовыми щелочными сиенитами, переходящими к эндоконтактовой зоне в меланократовые сиениты и монцониты. Около западного контакта обнажаются пегматоидные крупнокристаллические лейкократовые сиениты розового цвета, а в туфопесчаниках экзоконтакта отмечаются явления калневого метасоматоза.

Щелочные сиениты представлены амфибол-биотитовыми, амфиболовыми и биотитовыми разностями. По текстурным особенностям выделяются пегматоидные, крупнозернистые, среднезернистые, и мелкозернистые. Последние представлены лейкократовыми разностями. В минералогическом составе преобладающего типа щелочных сиенитов принимают участие пертитовый калиевый полевой шпат (45—75%), олигоклаз (15—30%), железистая роговая обманка (0—15%), биотит (1—10%) и очень редко, в виде незамещенных реликтов — моноклинный пироксен.

В минералогическом составе этой группы пород вариации довольно значительны от сиенитов и субщелочных сиенитов до щелочных разностей. В ряде участков щелочные сиениты изменены и замещены калиевым полевым шпатом и серицитом.

Фельдшпатолиты или лейкократовые щелочные сиениты — это своеобразные породы розового или кирпично-красного цвета. Контакт с серыми щелочными сиенитами рвущий. В составе породы резко преобладает ортоклаз — пертит (60—85%), в меньшем количестве встречаются олигоклаз (15—30%) и еще реже форрогастингист (2—3%) и альбит (0—3%).

Габбро-сиениты и монцониты слагают небольшие обособленные участки в эндоконтактах интрузий. По внешнему облику и по петрографическим особенностям это типичные гибридные меланократовые породы неоднородного строения, обычно пятнистые, реже полосчатые. Содержание темноцветных минералов варьирует от 15—25% до 35—40%. Структуры этих фаций имеют отчетливые переходы от гипидиоморфно-зернистой к монцонитовой. Переход к ороговикоподобным вмещающим андезитам постепенный. Описываемые породы обычно инъецированы лейкократовыми щелочными сиенитами; вокруг инъекции развивается процесс амфиболлизации. Помимо резко варьирующих количеств калишпата (10—50 %) и андезина (15—45 %) встречаются амфибол, моноклинный пироксен и реже биотит, в сумме составляющие 15—40%.

Керсантиты — меланократовые породы, состоящие из основного плагиоклаза (№ 54), моноклинного пироксена и амфибола. Калишпат и биотит составляют не более 5—7%. Облик породы меланократовый, норфировый.

Бостониты слагают ряд даек розового цвета и представлены мелкозернистыми породами, состоящими из калишпата и олигоклаза с характерной бостонитовой структурой. Из темноцветных встречается лишь биотит, до 10%.

Пегматиты представлены безнефелиновыми разностями; слабо зональными. Центральная часть сложена белым сахаровидным альбитом и калиевым полевым шпатом. Почти всегда пегматитовые жилы альбитизированы.

Сиенит-аплиты в виде тонких жил встречаются редко. Порода серого цвета, мелкозернистого сложения с игольчатым амфиболом. Структура породы гипидиоморфнозернистая.

Гарнасарская интрузия щелочных трахитоидных сиенитов представляет собой субвулканическое лополитообразное тело, приуроченное к свите трахиандезитов верхнего эоцена восточной части Базумского хребта, подстилающейся андезитовыми вулканическими породами лютетского яруса. В структурном плане района интрузия приурочена к участку ундуляции шарниров Базумской и Бабаджанской синклиналей. Гарнасарская интрузия ранее В. Н. Котляром рассматривалась как эффузивная толща трахиандезитов, дацитов и липаритов верхнего эоцена; позже детальными исследованиями К. А. Мкртчяна и А. И. Адамяна (1959) была установлена их интрузивная природа, а породы по ряду признаков описаны под названием «армениты». Для Гарнасарского интрузива характерна постоянная смена средне-мелкозернистых разностей щелочных сиенитов типичными эффузивными трахитами, хорошо прослеживающаяся в вертикальном разрезе.

Щелочные породы, слагающие Гарнасарский интрузив, представлены: в полнокристаллической фации трахитоидными щелочными сиенитами, гипидиоморфнозернистой структуры, слабо варьирующего сос-

тава; в эффузивной фации — преимущественно щелочными трахитами и трахифонолитами бостонитового и афанитового сложения с переменным составом, но при постоянном преобладании калия над натрием.

Минеральный состав гарнасарских щелочных сиенитов таков: пертитовый ортоклаз (58—84%), олигоклаз (5—10%), авгит и зональный эгирин-авгит (3—4%), амфибол—железистая роговая обманка гасдингситового состава (5—10%), биотит-мероксенового состава (5—10%). Из других минералов отметим характерные крупные выделения цеолитов-мезолита, а также альбита и редкого хлорита.

По мнению большинства исследователей Гарнасарский интрузив по совокупности петрографо-петрохимических особенностей очень близок к Бундукскому массиву. В заключении мы возвратимся к этому вопросу. Здесь же отметим, что структурно-петрологические и петрохимические особенности Гарнасарской интрузии позволяют рассматривать ее как типичный субвулкан, по времени и генезису близкий к щелочным трахитам и трахифонолитам Тежсарского комплекса, и характеризующийся меньшей дифференцированностью и глубиной становления.

Особенности химического состава

Химические составы пород Гарнасарской интрузии близки к составам вулканических и субвулканических пород Памбакского комплекса. Средний химический состав Гарнасарского массива близок к щелочному трахиту и щелочному сиениту с отчетливо выраженным калиевым характером: $K_2O:Na_2O=1,4-2$ (табл. 1). Характерна насыщенность глиноземом, повышенная известковистость при преобладании CaO над MgO и отношений $FeO:MgO \geq 2$, а $Fe_2O_3:FeO=1,5-2$.

Бундукские щелочные породы характеризуются более изменчивым химическим составом. Средний химический состав главной фации представленной амфибол-биотитовыми щелочными сиенитами близок к составу щелочного сиенита, отличаясь повышенной известковистостью и пониженной щелочностью, что приближает их к составу лаурвикита. Субщелочные сиениты и лейкосиениты близки по химическому составу к нордмаркиту, но как правило с повышенной известковистостью. Составы эндоконтактных фаций габбро-сиенитов приближаются к моноцитам и эссекситам (табл. 1). Характерным для химизма Бундукского интрузива является повышенная известковистость, преобладание K_2O над Na_2O (от 1,1 до 1,6), при резком преобладании CaO над MgO , а также аналогичными Гарнасару отношениями $FeO:MgO$ равными 1,5—2 и $Fe_2O_3:FeO=1,5-2$.

Особенности распределения и характеристика акцессорных минералов

Щелочные породы Бундукского и Гарнасарского массивов опробованы с целью характеристики акцессорных минералов. Всего взято и

Таблица 1

Химический состав щелочных пород Базумского хребта

Окислы в вес. %	Трахит щелочной Гарнасар	Субщелоч- ной сиенит Бундук	Щелочный сиенит Бундук	Моноцит Бундук	Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому				
№	I	II	III	IV		I	II	III	IV
SiO ₂	58,46	59,04	60,84	56,03	a	19,4	18,2	19,3	12,2
TiO ₂	0,67	0,33	0,36	0,79	b	2,3	3,6	3,3	4,4
Al ₂ O ₃	17,30	18,47	18,77	23,03	c	8,6	8,8	6,3	19,0
Fe ₂ O ₃	3,04	3,63	3,22	2,20	S	69,7	69,4	71,1	64,3
FeO	2,54	2,58	1,70	4,04	f'	60,8	66,4	71,5	30,8
MnO	0,08	0,08	0,14	0,14	m,	22,5	24,8	24,1	8,2
MgO	1,17	1,25	0,93	2,06	c'	16,7	8,8	4,4	1—
CaO	2,05	5,52	2,82	3,65	a'	—	—	—	51,0
Na ₂ O	3,98	4,22	4,11	3,37	t	0,8	0,4	0,4	1,0
K ₂ O	6,81	5,73	6,81	3,40	s	31,6	36,8	44,0	10,0
P ₂ O ₅	—	—	—	0,58	n	46,7	52,7	47,8	60,0
п. п. п.	2,89	0,10	0,36	0,63	Q	-1,7	+1,2	+0,3	0,4
Сумма	100,19	100,01	100,06	100,92	a/c	8,4	5,0	5,8	2,8
Среднее из	6	3	4	2					

обработано 12 проб по 10 кг. Методика обработки проб количественно-го подсчета и исследования акцессорных минералов изложены в ранее опубликованных статьях одного из авторов (1960). Кратко остановимся на морфологической характеристике и видовом составе и содержании акцессорных минералов (табл. 3).

Магнетит. Содержание магнетита тем выше, чем выше цветной индекс пород и достигает 2,5%. Образует бесформенные, редко октаэдрические выделения довольно крупного размера (0,3—1,2 мм.). Обычно корродирован. Характерна тесная ассоциация с темноцветными минералами пород.

Таблица 2

Химический состав магнетитов*)

№	Породы	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	CaO	NiO	MnO
T-82	Магнетит из щелочного сиенита	8,06	0,49	0,21	—	0,002	0,50
T-131	Магнетит из щелочного трахита	6,18	0,26	0,068	0,001	0,009	0,36
T-85	Магнетит из фельдшпатолита	2,12	0,47	—	—	0,003	0,54

В аншлифах заметны тонкие прорастания магнетита ильменитом.

По данным химических анализов (табл. 2) для щелочных пород Бундукского и Гарнасарского интрузива характерно высокое содержа-

*. По данным количественных спектральных анализов УФАН СССР (Н. Ярош).

ние титана (8,06—2,12%) и ванадия (0,49—0,26%), а также хрома и никеля. Кроме того спектральным анализом установлены Pb (0,003%), Zn (0,1%), Ga (0,003%) и Sc (0,003%).

Гематит в свежих разностях пород встречается редко. Чаще устанавливается в виде мартита—псевдоморфоз по магнетиту. Состав элементов примесей аналогичен, однако, появляются сорбированные примеси: Be (0,0003%), Y (0,001%), Mo (0,0003%), La (0,01%).

Ильменит встречается в довольно значительных количествах в амфиболовых сиенитах, сравнительно в меньшем количестве в лейкократовых сиенитах и пегматитах. Образует мелкие пластинчатые кристаллы и вроски в магнетитах. Характерны высокие содержания ниобия (0,1—0,3%), а также ванадия, циркония, галлия, олова в тысячных долях процента.

Таблица 3

Содержание аксессуарных минералов в щелочных породах Базумского хребта (в г/т)

Породы Минералы	Бундукский массив			Щелочной сиенит Ачаджур	Щелочной трахит Гарнасар
	Щелочной сиенит	фельдшпа- толит	пегматит		
1. Магнетит	24842	9213	7440	12145	11486
2. Ильменит	1248	640	84	720	ед. зн.
3. Гематит	680	118	112	81	102
4. Анатаз	48	ед. зн.	34	—	142
5. Сфен	9686	3218	1113	986	600
6. Гранат	1008	105	ед. зн.	ед. зн.	ед. зн.
7. Флюорит	ед. зн.	160	240	120	148
8. Ортит	120	10	46	58	18
9. Монацит	61	78	55	ед. зн.	ед. зн.
10. Ксенотим	—	40	72	—	—
11. Давидит	—	5,5	ед. зн.	—	—
12. Гелландит	—	1,2	—	—	—
13. Ураноторит	3,0	3,4	6,0	ед. зн.	—
14. Бадделент	8,0	12	—	ед. зн.	—
15. Циркон	681,0	1211	840	538	141
16. Циртолит	14,0	180	251	14,6	ед. зн.
17. Апатит	1245	870	1281	1740	10842
18. Пироклор	ед. зн.	16	24	—	—
19. Барит	ед. зн.	14	ед. зн.	—	ед. зн.
20. Пирит	121	180	17	42	116
21. Халькопирит	18	41	3	ед. зн.	21
22. Галенит	ед. зн.	8,0	4	84	10
23. Самородный Pb	ед. зн.	12	—	3,5	5,0
24. Самородный Zn	—	ед. зн.	—	4,4	3,0
25. Турмалин	121	17	16	ед. зн.	ед. зн.

Анатаз образует редкие остроконечные бипирамидально-призматические кристаллы черно-бурого цвета, размером менее 0,2 мм. Спектральный анализ показал присутствие ниобия (0,1—0,3%), циркония (0,3%), бериллия (0,003%), а также V, Ni, Co и La. Сравнительно бо-

лее широко распространен лейкоксен, который образуется за счет ильменомagnetита и ильменита.

Сфен довольно широко распространен в щелочных сиенитах Бундукского, Ачаджурского интрузивов и в виде редких единичных зерен отмечается в Гарнасарском массиве. В породах Бундукского массива он образует неправильные желто-оранжевые зерна, обычно лейкоксенизированные. В гарнасарских щелочных сиенитах он образует конвертообразные бледно-желтые или бесцветные кристаллы. Размеры зерен

● Таблица 4

Содержание редких земель в сфенах из щелочных сиенитов*) от $\Sigma TR_2O_3=100$

	ΣTR_2O_3	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tu	Yb	Lu
C-2 Сфен бурый	2,45	15,5	44,0	7,9	22,0	4,6	0,3	2,2	0,3	1,6	0,2	0,6	—	0,2	—

*) Аналитик Р. А. Баринский

0,3—0,5 мм. Кроме указанных разностей, встречается поздний бурый сфен. Показатели преломления, замеренные в сплавах, следующие: бледно-желтые— $N_g=1,96$; $N_p=1,80$; оранжевые— $N_g=2,02$; $N_p=1,90$ и бурые— $N_g=2,10$; $N_p=1,92$.

В таблице 4 приводится содержание суммы редких земель и состав редкоземельных элементов. Кроме того, полуколичественным анализом установлены: Nb (0,1—0,3%), Sn (0,003%), Ga (0,001%), Y (0,1%), Be (0,003%), Zr (0,03%), V (0,3—0,1%).

Гранат образует довольно редкие черно-бурые выделения неправильной формы. Показатель $N=1,82$. Близок к андрадиту. Встречен в породах Бундукской интрузии; в остальных интрузивах встречается в единичных зернах.

Ортит в виде черно-бурых пластинчатых кристаллов и в осколках встречается во всех разностях пород, однако большие содержания его приурочены к Бундукскому массиву. Показатели преломления $N_g=1,78$ $N_p=1,762$. Спектральный анализ показал $Ce>10\%$, La—1,0%, Y—0,3%, Sr (0,3%), а также Ni, Co, Cr (0,001—0,003%).

Монацит характерный минерал щелочных сиенитов Бундукского массива. Встречается в виде характерных пластинчатых кристаллов бледно-желтого цвета, размером 0,1—0,15 мм. Оптические константы монацита: $+2V=14-16^\circ$; с $N_g=3-4^\circ$, $N_g=1,767$, $N_p=1,744$. Характерно высокое содержание редких земель $Ce>10\%$ иттрия (0,3—1,0%), Th (0,3%), Sc (0,03%), Be (0,001%).

Ксенотим образует бледно-желтоватые, серые бипирамидальные кристаллы в пегматитах и фельдшпатолитах. Показатели преломления $N_g=1,728$, $N_p=1,78$. Спектральный анализ маленькой навески показал $Y>3\%$, Ce, La (0,3), Th (0,3%), U (0,3%).

Давидит весьма редкий титанат железа, урана и редких земель.

Встречен только в фельдшпатолитах Бундукского массива и образует таблитчатые сложноограненные кристаллы черного цвета. В иммерсии просвечивает буро-красным цветом. Магнитные свойства слабые. Показатель преломления 2,6. Рентгенограмма давидита даже после прокаливания дала нечеткую дифракционную картину. Из характерных линий появились $d=3,7$ (5), $d=2,66$ (10), $d=2,48$ (10), $d=2,18$ (4), $d=1,476$ (7), $d=1,819$ (6), $d=1,443$ (7). Спектральный анализ показал наличие Fe, Ti, Y, Li, Ca и U.

Флюорит встречается в виде бледно-фиолетовых осколков и редких куб-октаэдрических кристаллов. Чаше встречается в пегматитах и гарнасарских трахитах.

Показатель преломления $N=1,443 \pm 0,002$. Спектральным анализом установлены: Be (0,0003%), Y (0,3%), La (0,1—0,3%), Ba (0,01%), Sr (0,3%).

Гелландит редкий алюмосиликат кальция и иттрия был обнаружен в розовых фельдшпатолитах в ассоциации с ксенотомом, ураноторитом, давидитом и др. Образует весьма характерные кристаллы с сильно развитыми гранями призмы (100), (110), и сложных бипирамид (301), (201), (103). Облик кристаллов столбчатый, со скошенными головками. Цвет гелландита желто-коричневый. Двуосный. Положительный; $Ng=1,639$, $Np=1,631$. Двупреломление—0,009.

Ураноторит и торит встречаются преимущественно в фельдшпатолитах; образуют пластинчато-призматические кристаллы ярко-оранжевого цвета с характерным смоляным блеском. Обычно изотропизированы $N=1,718$. Для Бундукского массива торит ранее отмечался В. Н. Котляром, а ураноторит—Б. Д. Акопян. Спектральный анализ показал высокое содержание иттриевых редких земель и иттрия (1%), а также Zr (6,3—1,0%), Sc (0,01%), Ge (0,03%), Pb (0,3%).

Циркон и циртолит встречаются в двух морфогенетических типах: а) цирконы бесцветные, бледно-желтые, нормально-призматического габитуса с хорошо развитыми гранями (110), (111) и слабо (131); б) цирконы бурые, буро-коричневые полупрозрачные с хорошо развитыми гранями (110), (100) и (111), которые как правило, изотропизированы. В гарнасарских трахитах они представлены бледно-розовыми кристаллами, образованными гранями призмы (110), (100) и двух бипирамид (111), (131). Циртолитовый тип здесь отсутствует. Характерные элементы—примеси: Hf (0,5—1,0%), Nb (0,1—0,3%), Pb (0,005%), La (0,1—0,2%), Y (0,3—1,0%), Th (0,3%), U (0,3—1,0%).

Бадделейт встречается редко и обычно отмечается в пегматитах и фельдшпатолитах. Отсутствует в гарнасарском массиве. Образует пластинчатые призматические кристаллы бурого цвета. Из элементов—примесей отметим гафний (0,3%), иттрий (0,3%), скандий (0,005%), Y (0,003%) и др.

Апатит встречается в Бундукских сненитах в трех морфологических разновидностях: 1) темноокрашенные, коричневые короткопризматиче-

Таблица 5

Состав редкоземельных элементов в апатитах (в вес %)*)

№	Апатит из	ΣTR	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Yb	Dy	Er	Lu	Y	Th
81	Щелочных сне- нитов	1,69	0,448	0,85	0,068	0,148	0,10	0,00015	0,064	0,009	0,0035	—	0,0008	0,45	0,009
82	Фельд- шпато- литов	1,71	0,418	0,78	0,062	0,295	0,056	0,0009	0,051	0,01	0,038	—	0,009	0,38	0,006
131	Щелоч- ных тра- хитов	0,96	0,257	0,44	0,038	0,148	0,019	0,0017	0,031	0,003	0,0015	0,03	0,0004	0,11	0,002

*) По данным количественных спектральных анализов лаборатории ИГН (Г. М. Мкртчян, Л. Саруханян)

ческие апатиты. Окраска неравномерная; 2) Бесцветные прозрачные гексогонально-призматические кристаллы с удлинением 1:2, 1:3 и 3) окатанные, молочно-белые апатиты с матовой поверхностью. Для гарнасарских щелочных сиенитов и трахитов также характерно присутствие трех типов апатита: 1) темноокрашенные, равномерно-коричневые гексогонально-призматические бипирамидальные кристаллы размером 0,15—0,3 мм. Удлинение 1:2,5—1:3.

2) Водяно-прозрачные удлинено-призматические кристаллы; 3) мутно-серые короткопризматические кристаллы апатита. Наиболее распространен коричневый апатит, который А. И. Адамян и К. А. Мкртчян относят к марганцевой разновидности. Все описанные апатиты относятся к фтор-apatиту с 80% CaF компонента. Для характеристики апатитов щелочных пород мы располагаем количественно-спектральными анализами на редкоземельные элементы (табл. 5). Сумма редких земель, а также Ce, La, Pr, Sm содержатся в 1,5—2 раза выше в бундукских сиенитах, по сравнению с гарнасарскими. Кроме того полук количественный спектральный анализ (табл. 6) показал присутствие Fe, Mn, Mg, Ti в темных апатитах.

Таблица 6

Элементы—примеси в апатитах (в вес %)
(по данным полук количественных спектральных анализов)

№	Апатит	Al	Mg	Fe	Mn	V	Cu	Y	La	Ce	Yb	Sr	Ti
Т—72	Бесцветный	0,03	0,1	0,05	0,1	0,001	0,03	0,1	0,3	1,0	0,001	0,1	—
Т—131	Коричневый	0,1	0,3	0,5	5,3	0,003	0,01	0,03	0,3	0,3	0,03	0,3	0,01

Пироксид образует черные октаэдрические кристаллы с характерной штриховкой на гранях. Поверхности граней покрыты вторичными продуктами. Изотропен. $N > 1,78$. В гарнасарских щелочных породах не обнаружен. Впервые для бундукских сиенитов отмечен Б. Д. Акопян. Спектральный анализ маленькой навески показал присутствие ниобия и церия, а также Ca, La, Sc, Ti и Mn.

Бетафит встречается в пегматитах в виде осколков желто-коричневого цвета. Иногда встречаются тетрагонально призматические кристаллы. Характерен для пегматитов.

Барит в виде бесцветных пластинчатых кристаллов обнаружен в фельдшпатолитах и реже в трахитах в ассоциации с цеолитами.

Пирит встречается во всех типах щелочных пород, но в незначительных количествах. Образует куб-октаэдрические кристаллы.

Халькопирит. Более характерен для бундукских сиенитов и габбро-сиенитов. В остальных разновидностях пород присутствует в виде единичных знаков.

Галенит. Редок. Встречается в виде кубических кристаллов в фельдшпатолитах и сиенитах Гарназара и Ачаджура.

Самородные свинец и цинк. в виде ковких крючковатых пластинок, покрытых вторичными продуктами, обнаруживаются преимущественно в сиенитах Гарназара.

Турмалин представлен обломками кристаллов черного цвета с штриховкой на гранях. Судя по показателю преломления $N_g = 1,678$, $N_r = 1,644 \pm 0,003$ относится к шерлу с содержанием 80% шерлового компонента.

Распределение акцессорных элементов

В щелочных породах Базумского хребта, кроме распространенных петрогенных элементов, присутствуют редкие и рассеянные акцессорные элементы, имеющие важное значение при петрологическом анализе и решении ряда минералого-геохимических вопросов щелочных серий. Ниже приводятся некоторые особенности и закономерности распределения наиболее важных акцессорных элементов, определения которых проводились в средних пробах рентгено-спектральным, количественным и полуколичественным спектральным и химическим анализами*).

Литий. В щелочных породах распределен неравномерно: $1-5 \cdot 10^{-3} \%$ причем максимальные содержания приурочены к пегматитам и фельдшпатолитам. Приводимые кларки лития в литературе для щелочных сиенитов выше, чем для Бундукских сиенитов ($2,8 \cdot 10^{-3} \%$)

Определенная зависимость между отношением Mg/Li и Na/Li , в щелочных породах существует как в различных по щелочности и цветному индексу их разностях, так и в отдельных интрузиях, причем минимальное значение этого отношения отмечается в фельдшпатолитах, максимальное — в гарнасарских сиенитах (табл. 7). Однако нетрудно заметить, что даже при одинаковой щелочности, концентрация лития лимитируется магнием в составе темноцветных минералов. Так в бютите его содержания—0,01—0,03%, амфиболе—0,1%, калишпатах—0,003%.

Рубидий. Концентрация рубидия в щелочных породах Базумского хребта близка к кларку (0,015), однако выше данных Э. Хорстмана для щелочных пород (0,011%). Среднее содержание рубидия в породах 0,016%. Калиево-рубидиевое отношение варьирует от 160 в фельдшпатолитах до 250 в гарнасарских трахитах. Интересно, что в щелочных породах Гарназара, имеющих более высокую калиевую щелочность, содержание рубидия ниже, чем в Бундукском массиве (табл. 7).

*) Химические анализы пород выполнены в лаборатории ИГН аналитиками А. Петросян, З. Гаспарян. Определения редких элементов выполнены в основном в лабор. ИМГРЭ, частично в ИГН АН Арм. ССР.

Рубидий связан с калиевыми минералами: калишпатах—0,02%, биотитах—0,042%.

Таблица 7

Средние содержания малых петрогенных элементов*)

N	Породы массив	Содержания в вес. %						Атомные отношения					
		Li	Rb	Cs	Sr	Ba	Be	K/Rb	K/Cs	Mg/Li	Ca/Sr	K/Ba	Sr/Ba
T-85	Щелоч. сиенит.												
	Бундук	0,001	0,016	0,005	0,00	0,08	0,0007	215	700	550	50	40	0,6
356	Фельдшпатол. Бундук	0,065	0,027	0,005	0,06	0,15	0,0015	165	800	100	40	23	0,4
212	Щел. сиенит. Ачаджур	0,002	0,018	0,001	0,04	0,06	0,0004	180	550	400	60	45	0,7
211	Щел. трахит. Гарнасар	0,001	0,013	0,003	0,07	0,20	0,0005	245	700	720	30	17	0,4

*) Аналитики ИМГРЭ С. Б. Исаченкова (Li, Rb, Cs), Л. Маркелова (Sr, Ba) и Черногорова (Be).

Цезий как и рубидий связан геохимически с калием. Среднее содержание цезия—0,004%, что выше, чем в изверженных породах по А. П. Виноградову. Как и рубидий, в калиевых фельдшпатолитах намечается некоторое обогащение цезием, в то же время в Гарнасаре Cs относительно ниже. Отношение K/Cs—550—700.

Стронций и барий. Средние содержания этих элементов для щелочных пород Базумского хребта составляют для Sr—0,06%, для Ba—0,11%. При сравнении со средними содержаниями, приводимыми в литературе для щелочных пород (0,12% Sr, Ранкама, 0,13% Герасимовский), содержание стронция почти вдвое ниже, а содержания бария (0,11%, К. А. Власов; 0,14% Гольдшмит) близки или несколько ниже, но всегда выше кларка в изверженных породах. Калий-бариевые и кальций-стронциевые отношения (табл. 7) составляют соответственно 20—45 и 30—60, но стронций-бариевое отношение всегда ниже единицы. В ходе кристаллизации, стронций в основном маскируется в кальций-содержащих минералах, а барий — преимущественно в калий-содержащих минералах.

Бериллий. Среднее содержание бериллия в щелочных породах немногим выше кларка (7,10⁻⁴% по Беусу) для Бундукского интрузива, и ниже для Гарнасарского. Основная масса Be сосредоточена в алюмосиликатах: калишпате—0,0003%, биотите и амфиболе 0,003% и в аксессуарных минералах.

Титан. В щелочных породах Базумского хребта титан распределен довольно равномерно и содержание его почти вдвое ниже кларка

в изверженных породах (0,45%). Главная масса титана сосредоточена в магнетитах (6—8%) и в темноцветных минералах (табл. 8).

Таблица 8

Средние содержания элементов группы железа*

Породы, массив	Содержания в вес. %						Атомные отношения 10^{-2}					
	Ti	Mn	Cr	V	Ni	Co	Mn/Fe	Cr/Fe	V/Fe	Ni/Mg	Co/Fe	Ni/Co
1. Щелочн. сиенит Бундук	0,2	0,13	0,0004	0,012	0,0005	0,001	3,5	0,1	0,4	0,15	0,15	0,5
2. Фельдшпатолит. Бундук	0,16	0,12	0,0002	0,01	0,0004	0,001	4,0	0,05	0,2	0,1	0,15	0,4
3. Щелочн. трахит Гарнасар	0,25	0,06	0,0003	0,016	0,0007	0,0007	1,5	0,1	0,5	0,1	0,2	0,1

*) Аналитик Н. Ярош (УФАН)

Марганец. Содержание марганца в Бундукских породах вдвое выше, чем в Гарнасарских трахитах и находится в пределах кларка (0,1%). Марганец в основном концентрируется в железо-магниевых минералах. Отношение Mn/Fe для Бундукских сиенитов довольно постоянное—3,5—4 и намного выше, чем в Гарнасарских трахитах (1,5).

Хром. Как видно из таблицы, содержания хрома в щелочных породах ниже кларка $8 \cdot 10^{-3}$ % в изверженных породах, и еще более снижаются в фельдшпатолитах. Максимальные количества хрома характерны для меланократовых даек и пород эндоконтактной зоны (0,003%). Следует отметить, что как правило щелочные комплексы бедны хромом. Очень низко для Базумских массивов отношение Cr/Fe (0,05—0,1 10^2); это в 3—4 раза ниже, чем для Тежсарского комплекса (табл. 8).

Ванадий. Щелочные породы Базумского хребта характеризуются несколько повышенными содержаниями ванадия—0,01—0,012%, особенно Гарнасарские сиениты—0,016%, что заметно выше кларка (0,009%).

Распределение ванадия в минералах предопределяется близостью к трехвалентному железу и алюминию. Главная масса его сосредоточена в магнетитах (0,26—0,49), амфиболах (0,01—0,02%) и биотитах (0,003%) отчасти в полевых шпатах.

Отношение V/Fe колеблется от 0,2 в лейкосиенитах Бундукского интрузива до 0,5 в трахитоидных сиенитах Гарнасарского массива.

Никель и кобальт являются мало характерными элементами щелочных пород. Средние содержания никеля (0,0004—0,0007%) и кобальта (0,0007—0,001%) ниже кларка в соответствующих типах пород (Ni—5,8 10^{-3} % Co—1,8 10^{-3} %) Более высокие содержания установлены в меланократовых дайках и габбро-сиенитах. Отношения кристаллохимически близких пар элементов Ni/Mg, Co/Fe изменяются в уз-

ких пределах:—соответственно $0,1-0,15 \cdot 10^2$ и $0,2-0,25 \cdot 10^2$ и обуславливают преимущественное накопление рассматриваемых элементов в темноцветных минералах. Характерно постоянное преобладание кобальта над никелем ($Ni:Co=0,4-0,5$).

Цинк. По данным спектральных анализов, содержание цинка в породах колеблется от 0,003 до 0,012% (табл. 9). Наиболее обогащены цинком Гарнасарские и Ачаджурские сиениты, в тоже время Бундукские щелочные сиениты, особенно фельдшпатолиты, резко обеднены (0,003%). Эти содержания по сравнению с кларком (0,0083%) указывают на обогащенность первых и обедненность вторых цинком. Установлен цинк в амфиболах (0,03%), биотите (0,003—0,01%), магнетите (0,1—0,3%), пироксене (0,003%) и пирите (0,03%).

Свинец. По данным количественных спектральных анализов наиболее обогащены свинцом фельдшпатолиты и трахиты (0,0036—0,0038%), одновременно обогащенные калием. Щелочные сиениты содержат втрое меньше (0,001—0,0013%). Калиевые породы по содержанию свинца значительно превышают кларк— $1,6 \cdot 10^{-3}$ % (А. П. Виноградов). Нетрудно видеть по изменению отношения Pb/K геохимическую близость в поведении свинца и калия (табл. 9). Этим объясняются высокие концентрации Pb в калишпатах (0,005%) и биотите (0,006%) и в акцессориях (0,003—0,001%). Кроме того, установлены редкие минералы—галенит и самородный свинец.

Серебро. Присутствует в незначительном количестве— $1,0 \cdot 10^{-4}$ %— $4 \cdot 10^{-4}$ % что значительно превышает кларк и устанавливается в минералах, содержащих свинец.

Ртуть. По данным химических определений ртуть во всех породах Базумского хребта содержится в пределах $4-5 \cdot 10^{-4}$ %.

Таблица
Средние содержания металлических элементов*)

	Породы, массив	Содержания в вес. %							Атомные отношения $\times 10^{-3}$		
		Ge	Ga	Mo	Cu	Zn	Pb	Ag	Ga/Al	Ge/Fe	Pb/K
85	Щелочн. сиенит										
	Бундук	0,0012	0,002	0,0002	0,0055	0,008	0,0013	0,0002	0,33	0,35	0,38
133	Щелочн. сиенит										
	Ачаджур	0,0018	0,002	0,0002	0,006	0,011	0,001	0,0003	0,32	0,40	0,4
356	Фельдшпатолит.										
	Бундук	0,0027	0,001	0,0002	0,008	0,003	0,0036	0,0004	0,25	1,2	1,0
211	Щелочн. трахит.										
	Гарнасар	0,0013	0,003	0,0007	0,006	0,012	0,0038	0,0001	0,52	0,36	1,2

*) Аналитик С. Дехтрикян (Ge), Т. Авакян (Ga) Р. Терехова (Pb, Mo), О. Бозоян (Zn, Cu).

Медь. Количественные определения меди указывают на некоторое обогащение щелочных пород Базумского хребта медью (0,006—0,008%) по сравнению с кларком (0,0045%), но эти содержания меньше, чем в аналогичных породах Мегринского плутона. В тысячных и сотых долях процента медь устанавливается во всех изученных минералах.

Молибден по данным количественных спектральных анализов (табл. 9) в кларковых содержаниях ($2 \cdot 10^{-4}$ %) встречается в щелочных породах Бундукского и Ачаджурского выходов. В то же время, Гарнасарский интрузив более, чем в три раза обогащен молибденом ($7 \cdot 10^{-4}$ %) В виде примеси он установлен преимущественно в полевых шпатах (0,0003%) и биотите (0,001%), а также в акцессорных минералах.

Германий. Химические определения германия указывают на заметную обогащенность этим элементом щелочных пород (0,0012—0,0027%) по сравнению с кларком ($3 \cdot 10^{-4}$ %) Наиболее обогащены фельдшпатолиты (табл. 9). Отношение Ge/Fe довольно постоянно в фациях щелочных сиенитов (0,35—0,40), но резко возрастает в пегматондных фельдшпатолитах (1,2). Установлен в тысячных долях процента в ортите, сфене, ураноторите, гранате и магнетите.

Галлий. По результатам химических анализов, среднее содержание галлия составляет 0,002%, что близко кларку—0,0019%, но по сравнению с кларком в щелочных породах (0,004%) вдвое занижено.

Отношение Ga/Al в щелочных сиенитах постоянно 0,33—0,32, резко снижается в фельдшпатолитах (0,25) и вдвое выше в гарнасарских трахитах (0,52). Кристаллохимическая близость трехвалентного алюминия и галлия обуславливает его преимущественное накопление в алюмосиликатах: калишпатах (0,001%), плагиоклазах (0,002%), биотите (0,003%), роговой обманке (0,001%), магнетите (0,003%) и других.

Скандий. Содержание варьирует от 0,0014 до 0,0008%. Эти содержания ниже кларка $1 \cdot 10^{-3}$ % но несколько превышают содержания для щелочных сиенитов: 0,0003 Sc₂O₃ по Сахама (1954) и 0,00024% по Л. Б. Борисенко (1963).

Наиболее обогащены скандием щелочные сиениты Бундукского массива в то время как Гарнасарские трахиты обеднены им. В том же направлении уменьшается отношение Sc/Mg (табл. 10). В породах скандий концентрируется в железо-магниевого и редкоземельных силикатах, где он замещает Mg²⁺, Zr⁴⁺ и Yb³⁺: в амфиболах—0,003%, биотитах—0,001%, цирколитах—0,03%, монаците—0,03%, ураноторите—0,01%.

Ниобий и тантал. Среднее содержание ниобия и тантала в щелочных породах Базумского хребта по данным химических анализов составляет 0,004% Nb₂O₅ при колебании содержаний от 0,002 до 0,005%, а среднее содержание Ta₂O₅—0,0013% при колебании от 0,0001 до 0,002% (табл. 10). Можно видеть, что гарнасарские сиениты обеднены как ниобием, так и танталом. В целом изученные породы по сравнению

Средние содержания редких элементов*)

№	Породы, массив	Содержания в вес. %							Атомные отношения		
		Sc ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	Zr	Ti	Y	Sc/Mg 10 ⁻³	Nb/Ta	TR/Y
70	Щелочн. сиенит	0,0014	0,004	0,001	0,09	0,014	0,0003	0,003	0,65	3	12
356	Бундук	0,0009	0,005	0,002	0,02	0,019	0,0005	0,004	0,60	2	2
355	Фельдшпатолит.										
	Бундук	0,0010	—	—	—	0,012	сл.	0,003	0,42	—	—
211	Субщелочной сиенит										
	Бундук	0,0008	0,002	0,001	0,01	0,017	0,0001	0,001	0,34	10	4
	Щелочной трахит.										
	Гарнасар										

*) Аналитики: Коровина (Sc), Т. Ломовцева (Nb, Ga), Сазонова (Te), Пахомова (Y, TR) Р. Терехова (Zr).

с кларком в изверженных породах и в щелочных сиенитах содержат заниженные концентрации ниобия и тантала. Отношение Nb/Ta для пород Бундукского массива 2—3, а Гарнасарского—10. Следует отметить, что эти содержания и отношения Nb/Ta близки к таковым для миаскитового типа щелочных пород. Геохимическая история Nb и Ta тесно связана с титаном, в минералах которого они преимущественно рассеиваются, либо образуют редкие выделения пироклора и бетафита, преимущественно в фельдшпатолитах и пегматитах: В сфенах—0,1—0,3%, ильменитах—0,1—0,3%, рутиле—0,3—1,0%, бадделенте и цирконе 0,03% ниобия. В меньших содержаниях вместе с ниобием встречается тантал.

Цирконий и гафний. Среднее содержание циркония 0,016%, при колебании от 0,012 до 0,019%. Наиболее обогащены Zr и Hf фельдшпатолиты 0,019% (табл. 10). Эти содержания близки к кларку в изверженных породах $1,7 \cdot 10^{-2}$ %, но значительно (на порядок) меньше среднего содержания для щелочных пород по Х. Дегенхарду (1959), Кузьменко (1959), Герасимовскому (1960) и др. Отношение Zr/Hf в цирконах—80, в циртолитах—50, при содержании Hf соответственно 0,5 и 1,0%. Аналогичны отношения Zr/Hf в породах. Кроме самостоятельных минералов (циркон, циртолит, бадделент) цирконий рассеивается в пироксене, амфиболе (0,003—0,01 %) сфене 0,01—0,03, ксенотиме (0,05 %) и других.

Таллий. Обнаруживается в богатых калием разностях щелочных сиенитов (0,0001—0,0005%) в содержаниях близких или несколько выше кларковых значений ($1,0 \cdot 10^{-4}$). Наиболее обогащены им фельдшпатолиты, наиболее обеднены—гарнасарские трахиты (табл. 10). Отношение Tl/K в щелочных сиенитах $0,85 \cdot 10^{-4}$ %, в фельдшпатолитах $1,25 \cdot 10^{-4}$ и в гарнасарской интрузии $0,25 \cdot 10^{-4}$ %. Породы

последней, несмотря на повышенную калиевую щелочность, характеризуется пониженным содержанием таллия и Tl/K отношением.

Иттрий. Содержание иттрия колеблется от 0,001% в гарнасарских трахитах до 0,003—0,004% в бундукской интрузии. Кларк иттрия по А. П. Виноградову (1962) составляет $2,9 \cdot 10^{-3}\%$.

Таблица 11
Распределение редкоземельных элементов в породах*)

№	Порода массив	ΣR_2O_3	Содержание лантаноидов в % от $\Sigma TR_2O_3=100$											$\frac{\Sigma Ce}{\Sigma Y}$		
			Y_2O_3	La_2O_3	Ce_2O_3	Pr_2O_3	Nd_2O_3	Sm_2O_3	Gd_2O_3	Dy_2O_3	Ho_2O_3	Er_2O_3	Tm_2O_3		Yb_2O_3	Lu_2O_3
85	Щел. си- енит															
356	Бундук	0,09	8,6	20,9	35,0	8,1	15,2	4,8	3,5	3,1	—	0,5	—	0,3	—	6,7
	Фельд- шпато- лит.															
211	Бундук	0,02	8,8	19,0	32,9	12,6	16,2	3,5	3,6	1,8	—	0,7	—	0,9	—	7,3
	Щел. трахит. Гарна- сар															
		0,01	12,9	11,3	38	4,8	17,6	3,3	3,7	4,0	0,7	1,8	0,4	1,9	—	3,8

*) Аналитик Пахомова (ИМРРЭ)

В сумме редкоземельных элементов доля иттрия составляет 9—13% (табл. 11), а отношение TR/Y варьирует от 4—в гарнасарский интрузии, до 12 в бундукской. Максимальные содержания иттрия—0,005% и минимальное отношение TR/Y —установлены в фельдшпатолитах. Главная масса иттрия входит в решетки кальциево-редкоземельных минералов: сфена (0,1—0,3%), апатита (0,01%), флюорита (0,03), амфибола (0,003%), циркона (0,3—1,0), полевых шпатов (0,001—0,003%). Кроме того, установлены **собственные минералы** — ксенотим и гелландит.

Редкие земли. Содержание суммы редких земель в породах неодинаково. Наиболее обогащены ими **щелочные сиениты** Бундукского массива—0,09%, в тоже время щелочные трахиты Гарназара резко обеднены—0,01% (табл. 11). По сравнению с кларком (0,015%) заметно обогащены редкими землями щелочные породы Бундукского интрузива. В составе лантаноидов для щелочных пород Базумского хребта (табл. 11) выделяется два резко выраженных максимума: цериевый и неодимовый. На долю цериевых редких земель приходится 80—90% от суммы редких земель при **отношении 6,7—7,3** в Бундукском массиве и 3,8 в Гарнасарском. Следует отметить, что породы Гарнасарского массива характеризуются более высоким содержанием иттриевых редких земель — до 20% от ΣTR .

Распределены редкие земли в сфенах и апатитах (таблицы 4, 5)

неодинаково. Одноименные минералы из Бундукского массива более обогащены ΣTR чем из Гарнасарского. В их составе 60—65% приходится на La и Ce, 20—30% на Pr, Nd и на остальные TR—5—10%. Кроме образования собственных минералов редкие земли рассеяны в кальциевых минералах.

Лантан и церий спектральным анализом установлены в сфенах, апатитах, флюоритах, гранатах, амфиболах, полевых шпатах, а также в пирохлоре, давидите, гелландите, ортите, монаците, ксенолите и цирколите.

Таблица 12

Средние содержания урана и тория*)

№	Породы, массив	Содержания в %		Атомные отношение		
		U	Th	U/K $\times$ 1000	Th/Ca $\times$ 100	Th/U
79	Щелочной сиенит Бундук	0,0082	0,004	0,55	2,0	20
81	Щелочной сиенит Ачаджур	0,0001	0,001	0,32	0,5	10
82	Фельдшпатолит. Бундук	0,0004	0,003	1,2	2,1	7,5
358	Габбро-сиенит. Бундук	0,0002	0,002	0,75	0,4	10
131	Щелочной трахит. Гарнасар	0,0002	0,001	0,5	0,5	5

*) Аналитик Н. Атоян

Уран и торий. Средние содержания урана и тория приведены в таблице 12. Средние содержания урана 0,00022%, тория 0,002% находятся в пределах кларковых содержаний $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ U и $1,8 \cdot 10^{-3}\%$ Th). Особенно резко повышено торий-урановое отношение в щелочных породах Бундукского массива 7,5—20. Для сравнения можно привести Th/U отношение: в Гарнасаре—5, Тежсаре—7,5, и Мерги—4,5. Наибольшей обогащенностью примерно в 2 кларка отличаются фельдшпатолиты (табл. 12), которые характеризуются также высокими U/K, Th/Ca отношениями равными соответственно 1,2 и 2,1. Среди щелочных пород Базумского хребта своей пониженной радиоактивностью резко выделяется Гарнасарский массив, относящийся к типу бедных как ураном, так и торием, при довольно высоком содержании калия. Следует отметить, что отчетливой корреляции между U и K, а также Th и Ca не наблюдается. Уран и торий преимущественно рассеяны в кальцево-редкоземельных минералах, а в фельдшпатолитах образуют собственные минералы давидит и ураноторит.

Бор. По данным спектральных анализов средние содержания бора следующие: щелочные сиениты и фельдшпатолиты Бундукского массива—0,0015—0,002%, сиениты Ачаджурского выхода 0,003% и, наконец, трахиты Гарнасарского массива—0,001%. Эти содержания находятся в пределах кларковых величин. Обращает на себя внимание факт пониженного содержания бора в гарнасарских сиенитах, по сравнению

с Бундукскими, в которых как и следовало ожидать, встречаются редкие знаки акцессорного турмалина.

ВЫВОДЫ

Проведенные минералого-геохимические исследования щелочных пород Базумского хребта позволяют выявить целый ряд закономерностей:

1. По ассоциации акцессорных минералов Бундукская и Гарнасарская интрузии заметно отличаются. Для первой характерны сфен — яльменит — ортит — давидит — гелландит — торит — бадделент — турмалин, для второй апатит — циркон — анатаз — цинк — титаномагнетит — свинец — галенит; это связано с концентрацией акцессорных элементов в исходном расплаве и с интенсивностью эманационно-магматической дифференциации.

2. Среди установленных парагенетических ассоциаций можно выделить три группы: а) акцессории, связанные с магматическим этапом формирования пород; б) акцессории, связанные с позднемагматическими и пневматолитовыми процессами и в) акцессории гидротермального комплекса. От интенсивности проявления позднемагматических процессов (альбитизация) зависит появление редкометальных акцессорных минералов, которые очень слабо проявлены в Гарнасарской интрузии.

3. По концентрации среди изученных элементов выделяются две ассоциации: элементы повышенной концентрации и нормальной концентрации. Для Бундукской интрузии из характерных элементов отметим Rb — Be — Sc — Nb — TR — Tl — Th — Y, а для Гарнасарской Ba — Sr — V — Ti — Zn — Pb — Mo — Zr. Эти особенности указывают на некоторые различия в геохимической специализации этих массивов. Пониженная концентрация элементов группы редких элементов вообще и в Гарнасарской интрузии в частности характерна для эффузных пород по сравнению с интрузивными, что более резко заметно по различию величин пар кристаллохимически близких элементов.

4. По совокупности петролого-петрохимических и минералого-геохимических особенностей, Бундукская интрузия близка к щелочным сиенитам Центрального штока, а Гарнасарская — к субвулканическим трахитам и трахифонолитам центральных вулканических пород Тежсарского эффузно-интрузивного комплекса.

5. По ассоциации акцессорных элементов, их концентрации и отношению индикаторных пар-элементов изученные массивы щелочных пород Базумского хребта близки к миаскитовому типу щелочных комплексов, что приближает их к конечным членам базальт-фонолитовых серий Полинезии, изученных Ноккольдсом и Алленом (1958).

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян А. И., Мкртчян К. А. Гарнасарская интрузия щелочных сиенитов в восточной части Халабского хребта. Тр. УГ и ОН, № 2, 1959.
2. Баласанян С. И. Щелочные породы Геджалинского хребта Северной Армении. Науч. тр. ЕГУ, т. 59, 1957.
3. Багдасарян Г. П. Щелочные породы центральной части Армянской ССР «Вопросы вулканизма» Изд. АН СССР, 1962.
4. Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов. Геохимия, № 2, 1962.
5. Власов К. А., Еськова Е. М., Кузьменко М. Е. Ловозерский массив. Изд. АН СССР, 1958.
6. Геворкян Р. Г. Новые сведения о щелочных интрузиях центральной Армении. ДАН Арм. ССР, т. 30, № 2, 1964.
7. Герасимовский В. И. Геохимия редких элементов Ловозерского щелочного массива. Сб. док. сов. геологов на XXI междунар. геол. конгрессе, 1960.
8. Дегенхард Х. О геохимическом распределении циркония в литосфере «Геохимия редких элементов» ИИЛ, 1959.
9. Котляр В. Н. Памбак. Изд. АН Арм. ССР, 1958.
10. Меликсетян Б. М. Минералого-геохимические особенности щелочных пород Меринского плутона. Зап. Арм. отд. ВМО, № 2, 1960.
11. Меликсетян Б. М., Геворкян Р. Г. К вопросу о возрастных взаимоотношениях щелочных и гранитоидных интрузий Памбака. ДАН Арм. ССР, № 3, 1963.
12. Ноккольдс С. Р., Аллен Р. Геохимические наблюдения. ИИЛ, 1958.