

УДК 550.4.422

Р. Н. ЗАРЬЯН, Р. А. САРКИСЯН, Г. А. САРКИСЯН,  
А. И. КАРАПЕТЯН, К. В. ДАВТЯН

## О ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ПОРОД МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КАФАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Кафанский рудный район входит в состав Алаверди-Кафанской структурно-металлогенической зоны [9] и характеризуется широким развитием юрских-нижнемеловых вулканических серий с подчиненной ролью субвулканических и гипабиссальных образований.

В пределах Кафанского рудного поля по времени формирования выделяются следующие циклы эффузивных и интрузивных образований и связанных с ними субвулканических и жильных пород [10].

1. Нижне-среднеюрский эффузивный цикл;
2. Верхнеюрский эффузивный цикл;
3. Меловой интрузивный цикл.

Кроме отмеченной схемы существует классификация верхнеюрских-меловых вулканических образований, предложенная А. Х. Мнацаканян [12], по которой указанные вулканы района объединены в составе четырех возрастных комплексов: верхнеоксфорд-кимериджского, титон-средневаланжинского, верхнеаптского и сантонского.

Анализ литературных данных и новые фактические материалы авторов позволяют уточнить приведенную схему [10] и на основании совокупности признаков выделить разновозрастные магматические комплексы, которые в целом относятся к андезитовому формационному типу собственно геосинклинальной стадии развития [7].

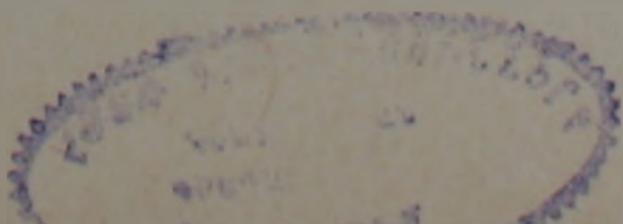
1. Нижнебайосский магматический комплекс. В его составе выделяются эффузивные (андезито-базальты, андезиты и их лавобрекчии), дайковые (диабазовые и андезитовые порфириты) и интрузивные (габбро, плагиограниты, гранофиры) образования.

2. Верхнебайосский магматический комплекс включает эффузивные (андезиты, андезито-дациты и дациты), субвулканические (кварцевые дациты) и жильные (диабазы) породы.

3. Верхнеюрско-средневаланжинский магматический комплекс представлен эффузивами и корнями их излияний (дайки диабазов, андезитов) и субвулканическими (кварцевые дациты, липарито-дациты и липариты) образованиями.

4. Неокомский магматический комплекс объединяет габбро-диориты и диориты интрузивной, а также габбро-диабазы, диабазы, диоритовые порфириты и микродиориты жильной фации.

В процессе формирования выделенных магматических комплексов наблюдается определенная эволюция химизма слагающих их пород, а



также специфические различия в характере постмагматической деятельности комплексов.

1. Эффузивная фация нижебайосского магматического комплекса слагает низы стратиграфического разреза мощных вулканогенных образований юры и залегает на предполагаемых отложениях палеозоя [11]. В литературе эффузивные породы данного комплекса известны под названием толщи «брекчиевидных эпидотизированных порфиритов». Нижебайосский возраст последних В. Т. Акопян [1] обосновывает тем, что они без перерыва и видимого углового несогласия залегают непосредственно под фаунистически охарактеризованными верхнебайосскими вулканогенно-осадочными образованиями. Однако, имеются также мнения о нижеюрском возрасте толщи эпидотизированных порфиритов и наличии перерыва между ней и вышезалегающими верхнебайосскими образованиями [4, 8].

Выделение нижебайосского магматического комплекса в качестве самостоятельной единицы, характеризующейся развитием в ее составе разнообразных пород не только эффузивной, но и интрузивной и дайковой (жильной) фаций (Унанский участок), обосновывается следующими данными.

Вулканогенная толща нижнего байоса по всему своему объему подвергнута региональному поствулканическому зеленокаменному переорождению в условиях хлорит-эпидотовой фации. Контуры зеленокаменных изменений практически совпадают со стратиграфической границей доверхнебайосской толщи и служат своеобразным маркирующим горизонтом для доверхнебайосских образований. Среди многообразия разновозрастных дайковых пород, которыми насыщена нижебайосская толща, геолого-петрографическими наблюдениями выделяются эпидотизированные дайки диабазов и андезитов, которые пересечены неэпидотизированными дайками диабазовых порфиритов и габбро-диабазов послесреднеюрского возраста. Верхнебайосская толща, в отличие от нижебайосской, не затронута процессом региональной эпидотизации. Эти данные позволяют считать, что формирование эффузивной толщи доверхнебайосского возраста сопровождалось внедрением дайковых пород, генетически связанных с очагами вулканизма, которые охвачены поствулканическими региональными зеленокаменными изменениями, независимыми и предшествующими верхнебайосскому вулканизму [13].

Геологические наблюдения позволяют в составе нижебайосского магматического комплекса выделить интрузивные образования габбро, плагиогранитов и гранофилов.

Правомочность выделения плагиогранитов в составе нижебайосского комплекса основана на обнаружении их галек в конгломератах, залегающих в основании верхнебайосской и верхнеюрской толщ [14]. Обнаружение этих конгломератов в основании верхнего байоса свидетельствует о размыве доверхнебайосских образований и наличии перерыва между вулканическими процессами нижнего и верхнего байоса. Установление перерыва между вулканическими явлениями нижнего и

верхнего байоса объясняет в свою очередь самостоятельность нижнебайосских вулканических и поствулканических процессов от верхнебайосских.

К нижнебайосскому магматическому комплексу следует отнести также обнаруженные Р. А. Саркисяном и А. Х. Мнацаканян в низах нижнебайосской толщи эпидотизированных мелких штокообразных тел габбро и невыдержанных маломощных прожилков гранофилов. Последние пересекают как эпидотизированные андезиты, так и габбро. Габбро и гранофиры в такой же степени эпидотизированы, что и вмещающие их андезиты и в свою очередь пересечены неэпидотизированными дайками микродиоритов неокомского возраста.

Хотя массивы плагиогранитов в пределах Кафанского рудного поля нигде не обнаружены, отнесение их именно к нижнебайосскому магматическому циклу подтверждается находками галек плагиогранитов в линзах и пачках туфоосадочных пород верхнего байоса (у пос. Ашотаван), данными их абсолютного возраста ( $157 \pm 5$  млн. лет), а также исследованиями А. А. Белова [3], показавшего, что в палеозой-доюрское время описываемая территория характеризовалась субплатформенным режимом развития с терригенно-карбонатным осадконакоплением.

2. Верхнебайосский магматический комплекс включает в себя эффузивно-пирокластические образования андезитового, андезито-дацитового состава и барабатумские кварцевые андезито-дациты, а также жильные породы измененных диабазов (рудник им. Комсомола) и субвулканические кварцевые дациты (руч. Банный, у выс. Саядкар, рудник им. Комсомола). Рассматриваемые вулканы слагают центральную часть рудного поля и являются основными рудовмещающими породами. Возраст эффузивов достоверно определяется как верхний байос на основании фауны, найденной А. Т. Асланяном [2] и В. Т. Акопяном [1] в туфоосадочных линзах, залегающих среди кварцевых андезито-дацитов. Образования комплекса трансгрессивно и с угловым несогласием перекрываются верхнеюрской вулканогенно-обломочной толщей. В разрезе собственно эффузивной фации комплекса наблюдается изменение состава пород от андезитов до дацитов со сложным чередованием лав и пирокластов. В состав комплекса отнесены также дайкообразные и штокообразные тела кварцевых дацитов, среднеюрский возраст которых устанавливается их перекрыванием отложениями верхней юры, пересечением послеверхнеюрской дайкой габбро-диабаз, данными абсолютного возраста ( $162 \pm 5$  млн. лет) и отношением к рудообразовательному процессу.

3. Нижний предел верхнеюрско-средневаланжинского магматического комплекса определяется весьма убедительно по трансгрессивному залеганию верхнеюрских пород на верхнебайосские образования, а верхний предел—по налеганию карбонатных отложений верхневаланжин-готеривского времени с мелкогалечным конгломератом в основании на андезитовые порфириты фиолетового цвета (у с. Агарак). Рассматривая геологическое положение, петрографический

состав, степень дифференциации и характер извержений, А. Х. Мнацаканян [12] в составе верхнеюрских-меловых вулканических образований выделяет верхнеоксфорд-кимериджский и титон-средневаланжинский комплексы андезито-базальтов и андезитов, соответствующие понятию андезитовой формации, но она объединяет их в единую петрохимическую ассоциацию.

Разделение единой петрохимической ассоциации вулканитов верхней юры-нижнего мела на два комплекса А. Х. Мнацаканян [12] мотивирует наличием линз известняков, которые свидетельствуют о перерыве в вулканизме. Однако, все детальные исследования по стратиграфии и литологии верхнеюрских-нижнемеловых вулканогенно-осадочных образований [1, 2, 11] указывают на постепенные переходы тапасаркармракарской вулканогенной свиты (титон-средний валанжин) в подстилающую вулканогенно-обломочную. Линзы известняков, туффилов, песчаников в данной свите развиты неравномерно по всему восходящему разрезу, а иногда и совершенно отсутствуют. В основании этих известняков или в основании перекрывающих их порфиритов отсутствуют также и базальные конгломераты [1], которые указывали бы на существенный геологический перерыв при формировании указанных свит.

В составе комплекса описываются жильные породы, связанные с вулканизмом этого цикла (диабазы, андезиты, порою являющиеся корнями их излияний у сс. Барабатум, Норашеник, а также субвулканические образования кварцевых дацитов и липаритов, прорывающие верхнеюрско-средневаланжинские вулканогенные породы на уч. Арачадзор, Дзорастан, Пелур (Г. П. Багдасарян и др., 1971).

4. Неокомский магматизм на территории рудного поля проявлен в виде штокообразных тел габбро-диоритов (у с. В. Вачагач и др.), даек габбро-диабазов, диабазов, диорит-порфиритов, микродиоритов, последовательность образования которых фиксируется наблюдаемыми взаимопересечениями. Нижнемеловой возраст пород комплекса устанавливается по их сходству с интрузивами Цавского массива, а также нахождением хорошо окатанных галек розовых гранитов (цавских) в туронских конгломератах у с. Агкерпи [15].

Образования комплекса представлены рядом от габброидов до градиоритов с преобладанием пород диоритового состава.

Изучение особенностей распределения металлических и редких элементов в исследуемых породах представляет определенный интерес для выявления генетических связей оруденения с породами тех или иных магматических комплексов. По данным А. Х. Мнацаканян (1967, 1968), в распределении главных рудообразующих элементов и, в частности, меди наблюдаются повышенные против кларковых значений содержания в породах почти всех комплексов, начиная от нижнего байоса вплоть до верхнего мела (сантонский комплекс), однако, она медно-полиметаллическое оруденение Кафанского месторождения рассматривает в парагенетической связи с очагами верхнебайосского вулканизма.

Для решения вопроса о геохимической специализации рассматрива-

емых магматических комплексов Кафанского рудного поля, нами использованы результаты 1728 химических определений, 288 полуколичественных спектральных и 93 силикатных анализов (табл. 1, 2).

В образовании пород рассматриваемых формаций принимал участие большой комплекс элементов, которые сгруппированы согласно геохимической классификации А. Н. Заварицкого [6]. Среднеарифметические содержания элементов-примесей сравнивались с кларками элементов в различных породах по А. П. Виноградову [5].

### Группа малых петрогенных элементов

*Бериллий* установлен в породах изученных комплексов в кларковых и нижекларковых содержаниях. Наиболее значительные содержания бериллия устанавливаются в породах третьего комплекса, а минимальные—в продуктах первого комплекса. В процессе дифференциации магм наблюдается тенденция повышения содержания элемента от основных пород к более кислым.

*Литий* в образованиях всех комплексов обнаруживается в близкларковых значениях. Максимальные содержания элемента установлены в плагиогранитах первого и андезито-базальтах третьего комплексов (табл. 2 и фиг. 1).

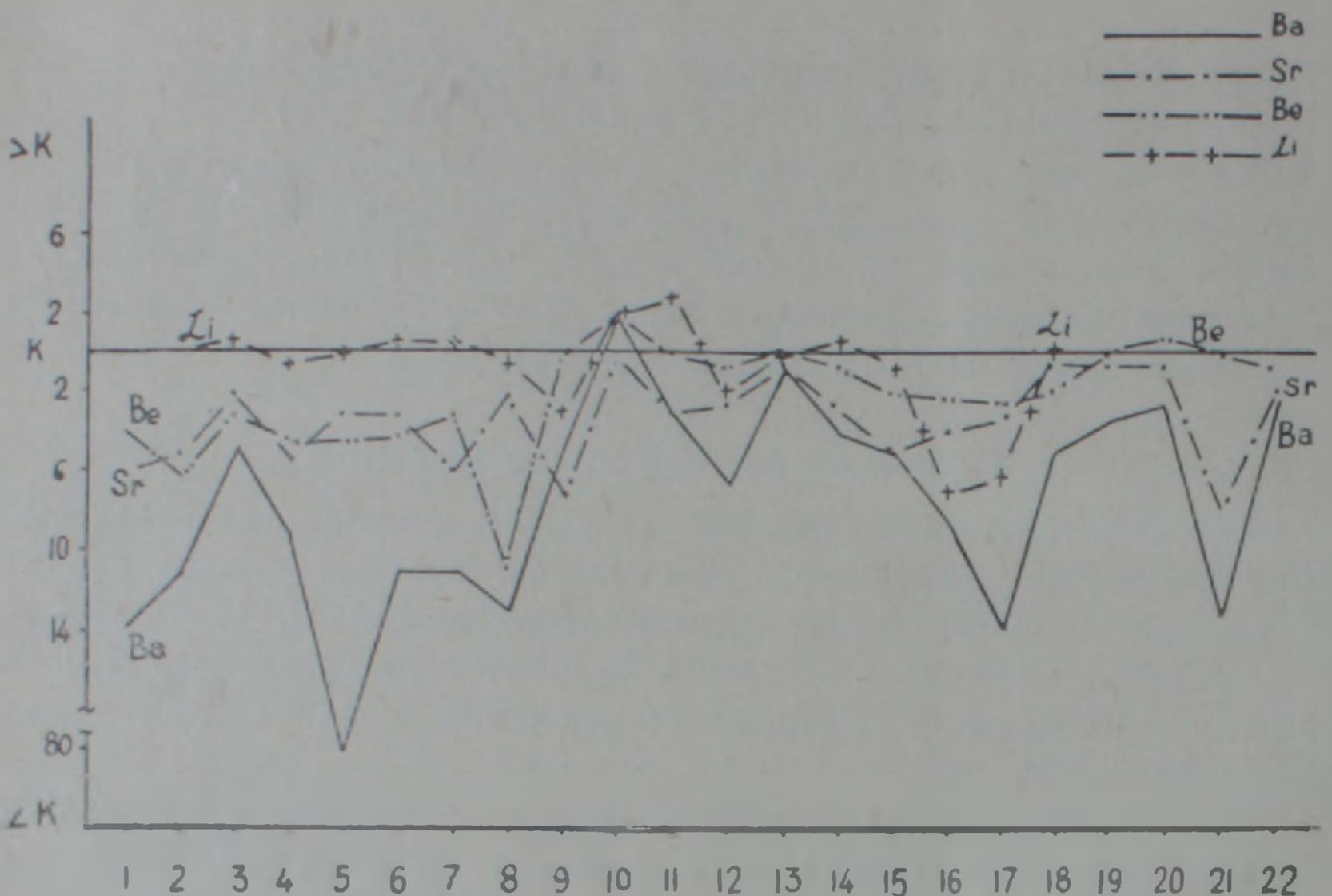
*Стронций* является нехарактерным элементом для пород всех комплексов и обнаруживается в нижекларковых содержаниях. Особенно низкие содержания устанавливаются в измененных диабазах и монокварцитах.

*Барий* также нехарактерный элемент для пород рудного поля и отмечается в нижекларковых содержаниях (фиг. 1). Следует отметить, что высокие концентрации элемента наблюдаются в монокварцитах (до 0,325%). Это объясняется присутствием барита в монокварцитах (уч. Каварт). Во всех породах количество стронция, как правило, всегда преобладает над барием. Породы рассматриваемых комплексов по содержанию бериллия, бария и стронция резко отличаются, причем их средние концентрации увеличиваются от древних образований к более молодым (табл. 2).

### Группа редких элементов

*Галлий* является одним из характерных элементов-примесей в породах всех комплексов. Минимальное количество (0,0003%) элемента обнаруживается в диккит-пирофиллитовых кварцитах. Среднее содержание галлия в породах различных комплексов одинаковое и равно 0,0034% (табл. 2).

*Цирконий* является нехарактерным элементом. Его содержания в породах обычно ниже кларковых величин в 0,7—6 раз (фиг. 3). В диабазовых порфиритах верхнеюрского времени отмечаются содержания в 2,5 раза выше кларка (табл. 2). Минимальные значения элемента установлены в монокварцитах Каварта.



Фиг. 1. Характер распределения малых петрогенных элементов в породах магматических комплексов. На оси абсцисс расположены породы: Первый комплекс—1) андезито-базальты, 2) андезиты, 3) дайки диабазовых порфиритов, 4) дайки андезитовых порфиритов, 5) плагиограниты; Второй комплекс—6) авгитовые андезиты, 7) андезиты, 8) андезито-дациты, 9) дайки диабазов; Третий комплекс—10) диабазовые порфириты, 11) андезито-базальты, 12) андезиты, 13) дайки диабазов, 14) дайки андезитовых порфиритов, 15) субвулканические кварцевые дациты, 16) субвулканические липарито-дациты, 17) субвулканические липариты; Четвертый комплекс—18) габбро-диориты, 19) дайки габбро-диабазов, 20) дайки диабазов, 21) дайки диорит-порфиритов, 22) дайки микродиоритов.

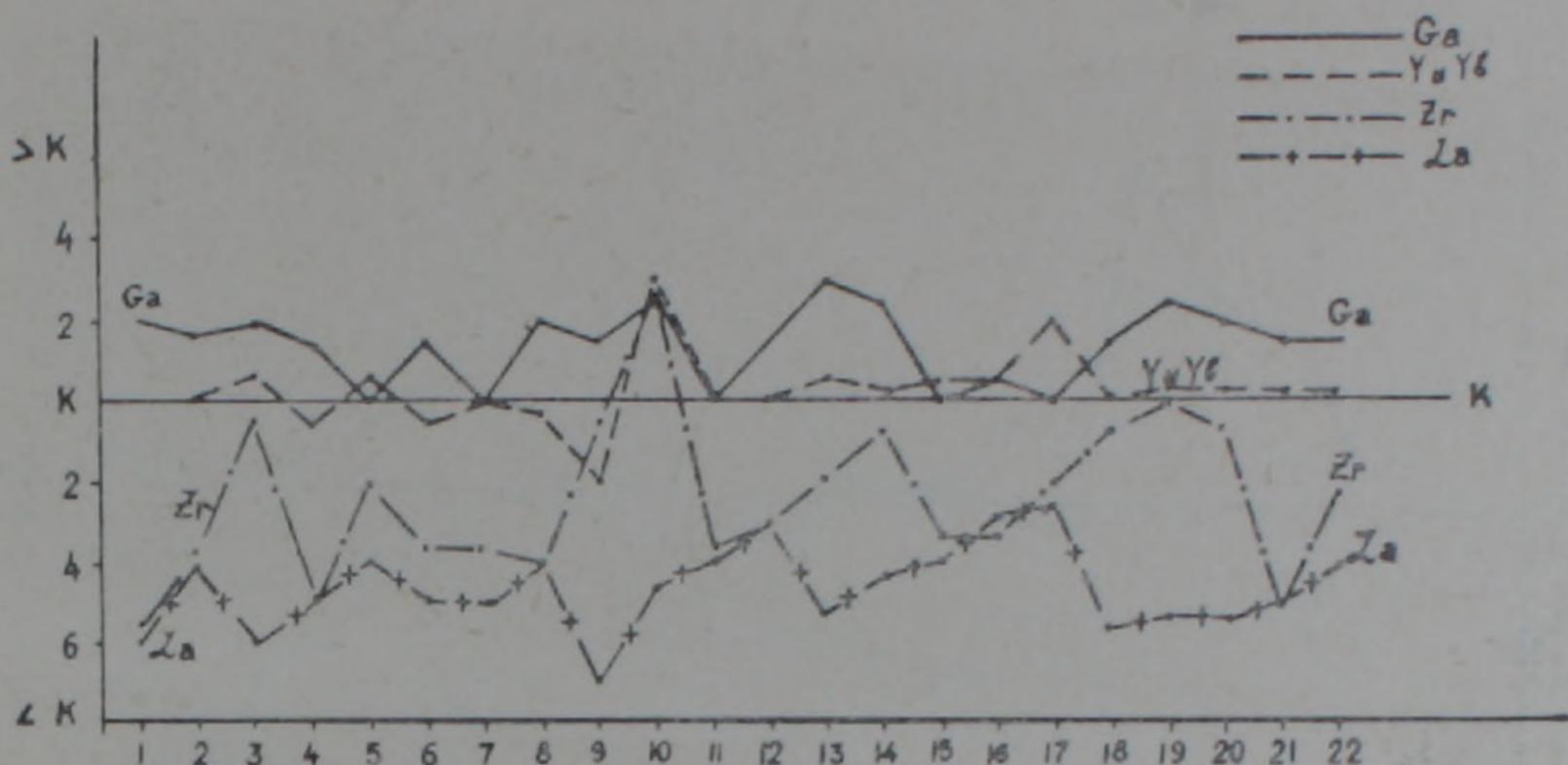
*Иттрий* в изученных породах распределен неравномерно и обнаруживается как в вышекларковых (1, 2—3 раза), так и нижекларковых (0,75—2 раза) содержаниях. В измененных разновидностях (диабазы, монокварциты и диксит-пирофиллитовые кварциты) пород содержание иттрия ниже и колеблется от 0,0005 до 0,001% (табл. 2).

*Иттербий* является малохарактерным элементом, причем распределяется, как и иттрий, неравномерно. Содержания иттербия в эффузивных и интрузивных породах варьируют в пределах от 0,00015 до 0,0006%. Отношение  $Y/Yb$  почти постоянное и равно 10.

*Лантан* установлен во всех породах в нижекларковых содержаниях в 2,5—7,0 раз (фиг. 2). В процессе эволюции магм количество элемента увеличивается от основных дериватов к кислым.

В магматических породах указанных комплексов средние содержания малых петрогенных и редких элементов соответственно убывают в следующей последовательности:

- а) Sr—Ba—Li—Be,
- б) Zr—Ga—Y—La—Yb.



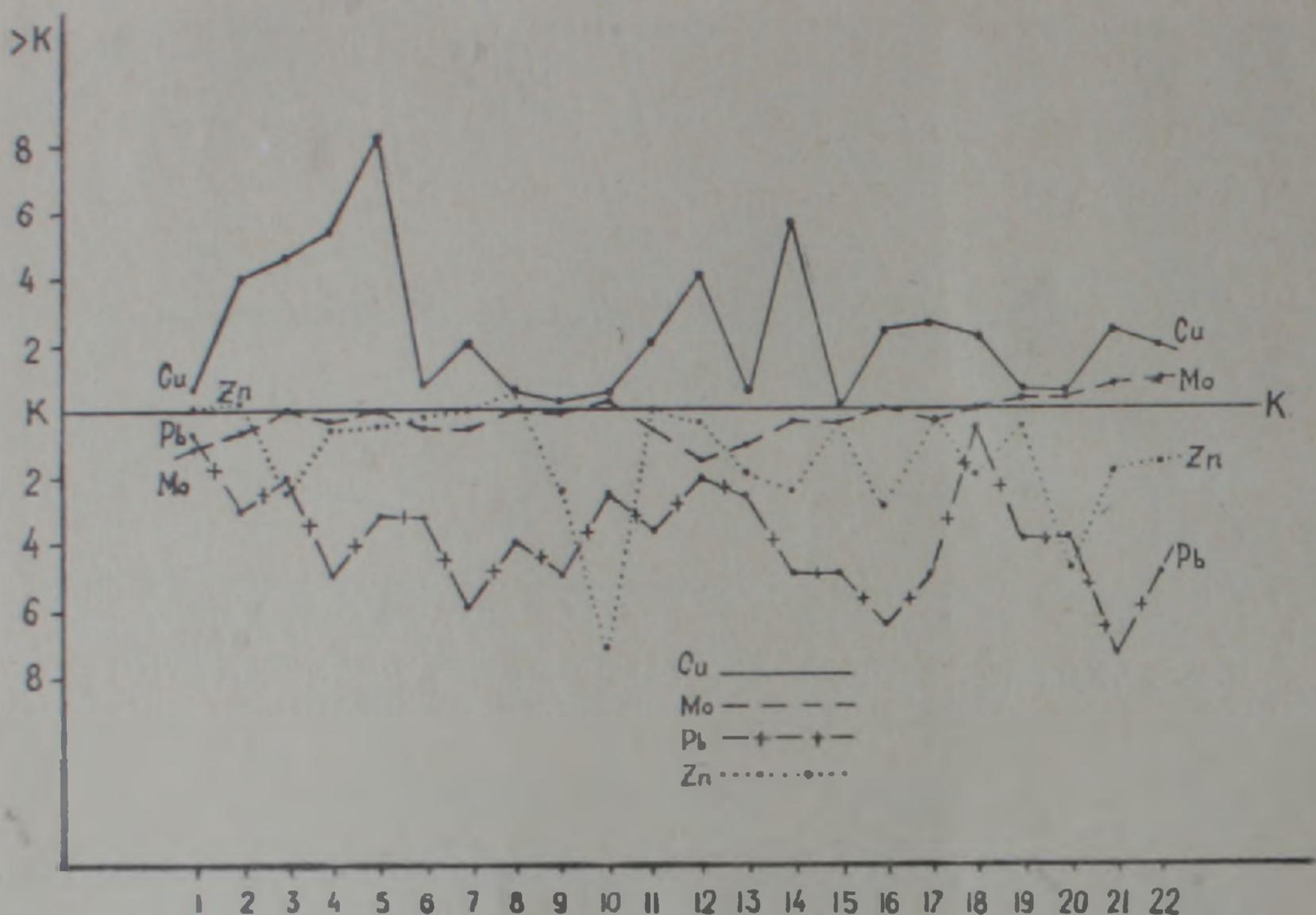
Фиг. 2. Характер распределения редких элементов в породах магматических комплексов (названия пород см. фиг. 1).

### Группа металлических элементов

*Медь* установлена во всех разновидностях пород указанных комплексов в содержаниях, превышающих кларковые значения от 1,5 до 8,0 раз. Максимальные вышекларковые значения характерны для даек андезитовых порфиритов и плагиогранитов нижнебайосского комплекса и даек андезитовых порфиритов и андезитовых лав верхнеюрско-средневаланжинского комплекса. Минимальные количества меди наблюдаются в андезитах, андезито-дацитах и жильных диабазах верхнебайосского комплекса (фиг. 3).

С целью установления форм нахождения меди в породах указанных комплексов, нами в отраженном свете было просмотрено много полированных шлифов, изготовленных из всех разновидностей интрузивных и эффузивных образований. При этом, включения халькопирита были обнаружены почти во всех породах при содержаниях меди в тысячных долях процента. В породах верхнебайосского комплекса частота обнаружения выделения пирита, имеющего широкое распространение, хорошо коррелируется со встречаемостью сульфида меди—халькопирита. В ассоциации с халькопиритом встречаются вторичные минералы: халькозин, борнит, ковеллин, малахит, азурит и др. Аналогичная картина наблюдается при сопоставлении содержаний свинца и цинка с частотой встречаемости их сульфидов (сфалерит, галенит) в андезитах и барабатурских андезито-дацитах верхнего байоса. В породах комплексов медь находится главным образом в виде микроскопических или субмикроскопических включений халькопирита постмагматического (гидротермального) происхождения. В породах незначительная часть меди как изоморфная примесь связана с железо-магниевыми силикатами (биотит, роговая обманка и т. д.).

*Молибден* в породах исследуемых комплексов распределяется неравномерно и варьирует в пределах от 0,00005 до 0,00017% (табл. 2,



Фиг. 3. Характер распределения металлических элементов в породах магматических комплексов (названия пород см. фиг. 1).

фиг. 3). Относительно повышенные содержания металла приурочены к дайкам габбро-диабазов и диабазов интрузивного цикла. Следует особо отметить, что в кварцитах среднее содержание элемента увеличивается и достигает 0,00127% (табл. 2).

Цинк в кларковых количествах содержится в андезито-базальтах, андезитах, андезито-дацитах и авгитовых андезитах соответственно первого, второго и третьего комплексов, а в остальных образованиях — в нижекларковых содержаниях от 1,2 до 7,2 раз (фиг. 3). Максимальное содержание (0,0120%) металла установлено в дайках андезитовых порфиритов и монокварцитах (табл. 2).

Свинец во всех разновидностях пород различных комплексов распределен крайне неравномерно и всюду значительно ниже кларковых величин (фиг. 3). В образованиях рассматриваемых комплексов соотношение между средними содержаниями металлических элементов одинаковое:  $Cu > Zn > Pb > Mo$ .

#### Элементы группы железа

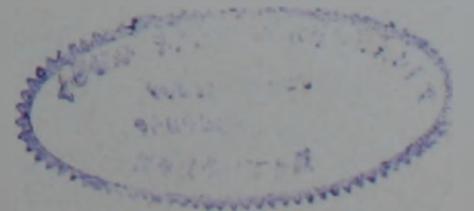
Титан и марганец в близкларковых содержаниях присутствуют во всех породах рассматриваемых комплексов (фиг. 4). В целом в каждой разновидности пород элементы распределены неравномерно. Характерно, что в изученных образованиях количество титана, как правило, всегда преобладает над марганцем. Максимальные концентрации тита-

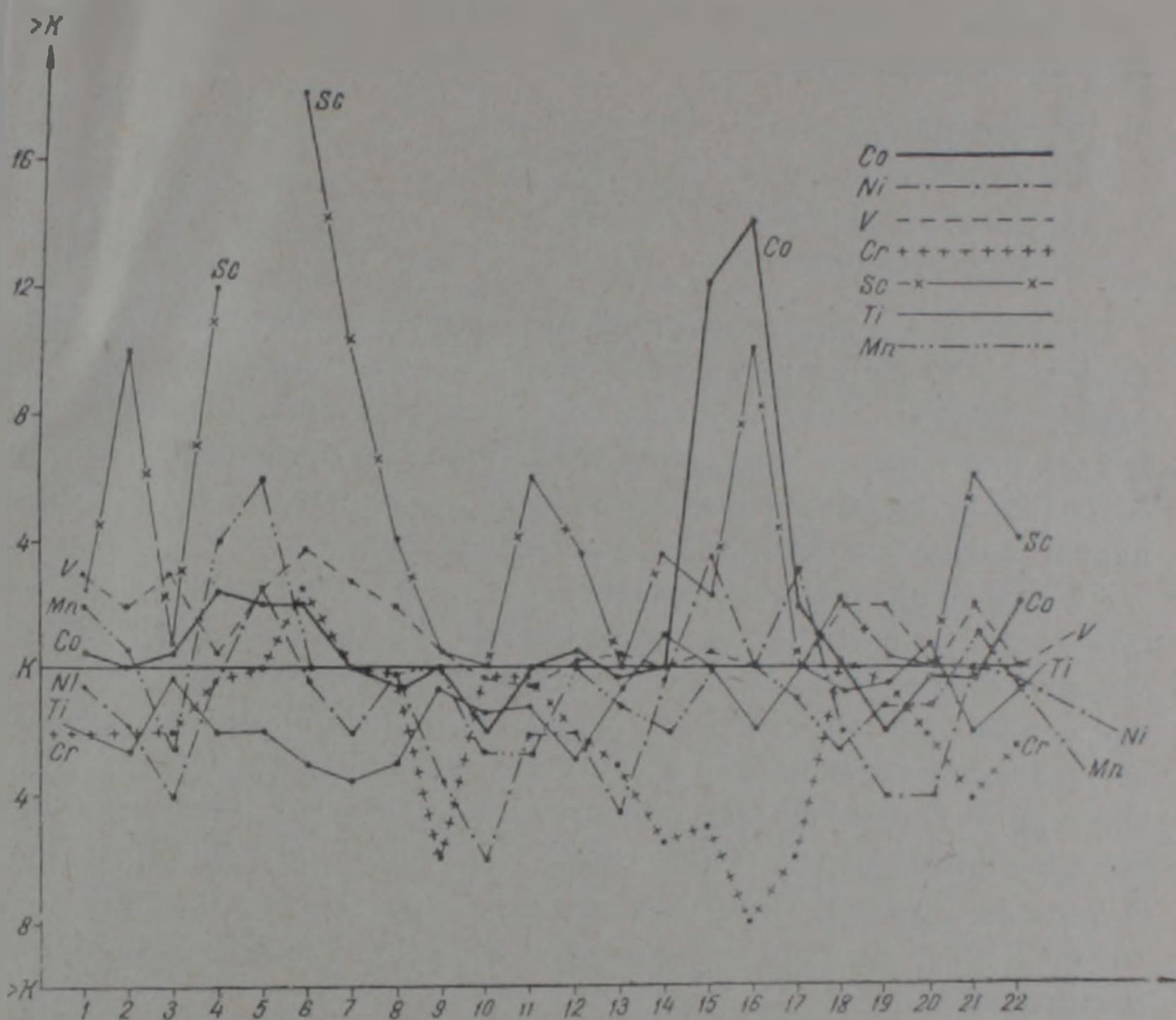
Таблица 1

## Средний химический состав магматических пород Кафанского рудного поля

Возраст	Средняя юра									Верхняя юра — средний валанжин									Неоком				
	нижний байос					верхний байос				эффузивные			дайковые		субвулканические- экструзивные				интрузивные	дайковые			
	Андезито- базальты	Андезиты	Диабазовые порфириты	Андезито- вые порфи- риты	Плагииогра- ниты	Андезиты	Андезито- дациты	Андезито-дациты (барабатум)	Диабазы	Диабазовые порфириты	Базальты	Андезито- базальты	Андезиты	Диабазы	Андезито- вые порфи- риты	Кварцевые дациты	Липарито- дациты	Липариты	Габбро- диориты	Габбро- диабазы	Диабазы	Диорит- порфириты	Микро- диориты
3	3	2	2	1	3	2	7	3	2	8	4	6	8	2	9	1	8	3	7	2	2	5	
SiO <sub>2</sub>	52,76	57,34	47,30	58,47	77,94	53,62	61,48	60,01	46,28	49,65	49,29	55,63	58,9	48,19	57,00	68,38	68,19	74,25	53,36	49,07	49,52	54,78	59,36
TiO <sub>2</sub>	0,61	0,53	1,24	0,63	0,24	0,37	0,42	0,47	1,30	1,07	1,17	1,09	0,75	1,40	1,51	0,42	0,19	0,40	1,09	1,36	2,07	0,66	1,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,82	15,92	18,63	15,21	12,18	16,05	17,63	16,17	17,65	14,66	19,31	18,67	17,40	17,75	16,13	14,07	17,08	12,32	17,07	14,23	15,65	17,26	16,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,28	5,42	7,24	6,74	0,85	2,94	4,0	4,88	4,52	5,82	4,29	4,39	3,50	5,44	7,40	2,29	3,54	3,01	7,52	8,38	4,37	6,97	4,43
FeO	2,46	3,91	4,19	3,26	1,11	6,79	2,45	1,38	5,39	6,86	5,12	2,83	2,40	4,51	1,77	2,60	0,73	1,14	0,88	5,36	5,58	1,15	1,60
MnO	0,43	0,21	0,28	0,35	0,05	0,14	0,13	0,08	0,28	0,16	0,14	0,11	0,17	0,22	0,09	0,09	0,07	0,05	0,12	0,18	0,16	0,21	0,12
MgO	4,70	2,35	4,49	3,64	0,75	3,84	3,11	2,23	4,40	5,45	5,94	2,69	2,40	5,04	2,30	2,08	0,17	0,75	3,62	4,41	8,74	3,47	2,20
CaO	5,94	4,95	9,63	8,29	0,70	4,91	0,86	5,72	4,96	6,98	7,40	6,03	5,79	6,20	4,12	2,02	0,56	1,10	9,19	6,75	7,92	4,34	4,20
Na <sub>2</sub> O	2,75	3,40	2,76	1,15	5,0	3,08	2,72	3,06	4,10	3,63	2,84	4,84	3,22	4,17	7,70	2,64	5,25	4,90	3,93	3,65	1,08	3,70	5,22
K <sub>2</sub> O	0,67	0,71	0,53	0,38	0,64	0,59	0,75	0,62	0,58	0,65	0,69	1,02	0,90	0,81	0,12	0,83	3,0	0,89	0,80	0,32	0,76	0,80	1,75
H <sub>2</sub> O	0,04	0,42	0,48	0,17	0,03	1,14	1,01	0,54	0,55	0,50	0,81	0,64	0,78	0,71	0,47	0,47	0,27	0,33	0,64	0,52	0,53	0,44	0,44
SO <sub>3</sub>	0,11	—	—	—	—	—	1,19	0,02	0,19	—	—	—	—	0,18	—	—	—	0,02	—	—	—	0,72	0,03
S	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	—	—	—	—	0,13	—	—	—	0,02	—	—	—	—	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	—	—	—	—	—	—	0,03	—	—	—	—	—	0,06	—	—	—	—	—	—	—	0,20	—
п.п.п.	5,27	4,50	3,25	2,04	1,13	6,69	4,20	4,83	7,06	4,87	2,81	2,20	2,99	5,64	1,78	3,40	1,02	1,18	2,46	4,68	3,44	6,16	2,15
Сумма	99,87	99,66	100,02	100,33	100,65	100,16	99,95	100,04	99,26	100,30	100,31	100,14	100,20	100,45	100,39	99,29	100,07	100,36	100,66	99,80	99,82	100,86	99,30
$\frac{Fe^{3+} + Fe^{2+}}{Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mg^{2+}}$	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7
$\frac{Fe^{3+}}{Fe^{2+}}$	3,0	1,4	1,7	2,0	0,8	0,4	1,6	3,5	0,8	0,85	0,8	1,5	1,0	1,2	4,1	0,9	5,0	2,7	9,0	1,5	0,8	6,0	2,8
$\frac{K^+ + Na^+}{K^+ + Na^+ + Ca^{2+}}$	0,35	0,45	0,25	0,15	0,9	0,4	0,8	0,4	0,5	0,4	0,32	0,5	0,41	0,4	0,7	0,6	0,9	0,8	0,3	0,4	0,2	0,5	0,6
Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>	4,1	4,80	5,2	3,0	8,0	5,0	3,6	5,0	7,0	5,6	4,1	4,7	3,5	5,0	64,0	3,2	1,7	5,5	5,0	11,0	1,4	4,6	3,0

Примечание: Из 93 полных силикатных анализов пород 45 анализов заимствованы у В. Н. Котляра, Р. А. Аракеляна, Г. О. Пиджяна, Э. Г. Малхасяна, Ю. А. Лейе и др. а остальные 48 анализов—авторов статьи. Анализы выполнены в химической лаборатории ИГН АН Арм. ССР.





Фиг. 4. Характер распределения элементов группы железа в породах магматических комплексов (названия пород см. фиг. 1).

на приурочены к породам четвертого комплекса, а минимальные—второго (табл. 2). Наиболее высокое содержание марганца связано с дифференциатами первого комплекса. Минералами-носителями титана и марганца являются магнетит, гематит, титаномагнетит, ильменит, оливин, пироксен и др.

В ходе эволюции магм геохимическое поведение элементов тесно контролируется поведением железа и магния.

Кобальт и никель в породах имеют почти одинаковое геохимическое поведение, причем, вышекларковые значения обнаруживаются в дифференциатах субвулканического происхождения (фиг 4). В ходе эволюции магматического процесса в образованиях среднеюрского и нижнемелового времени наблюдается общая тенденция превалирования никеля над кобальтом, а в породах третьего комплекса— $Co > Ni$  (табл. 2). Необходимо отметить, что в монокварцитах содержание кобальта резко повышается и достигает 0,031%. Это следует объяснить присутствием самостоятельных минералов кобальта. Средние содержания элементов возрастают от эффузивных образований первого комплекса к третьему (табл. 2).

Хром в изученных породах отмечается в содержаниях как близких к кларковым, так и значительно ниже (фиг. 4). В авгитовых андезитах

количество элемента в 2,5 раза выше кларка (табл. 2). В породах магматических комплексов соотношение между никелем, кобальтом и хромом имеет следующий вид:

- 1) первый комплекс—  $Cr > Ni > Co$ ,
- 2) второй комплекс—  $Cr > Ni > Co$ ,
- 3) третий комплекс—  $Cr > Co > Ni$ ,
- 4) четвертый комплекс—  $Cr > Ni > Co$ .

*Ванадий* является характерным для всех разновидностей пород элементом и присутствует в кларковых и вышекларковых количествах 0,0040—0,065%. Максимальные значения металла устанавливаются в дайках диабазового порфирита нижнебайосского комплекса и в породах основного и среднего ряда (табл. 2). В кварцитах и кислых дифференциатах магмы содержание ванадия минимальное.

*Скандий* является типичным рассеянным элементом и в породах присутствует в вышекларковых количествах. В процессе эволюции магмы отмечается тенденция убывания содержания элемента от основных членов к более кислым (табл. 2). Минералами-носителями скандия, вероятно, являются титаномагнетит, гематит, магнетит, ильменит, авгит, циркон и др. В перечисленных минералах скандий изоморфно замещает железо, магний или марганец по схеме (16):  $Si^{4+} + (Fe, Mg)^{2+} \leftarrow Al^{3+} + Sc^{3+}$ . В цирконе скандий гетеровалентно замещает цирконий:  $Zr^{4+} + Si^{4+} \leftarrow Sc^{3+} + P^{5+}$ , где фосфор является компенсирующим элементом валентности.

Сравнение геологических, петрохимических и геохимических особенностей пород всех комплексов позволяет отметить следующее.

1. В геологической истории развития рудного поля выделяются четыре разновозрастных магматических комплекса: нижнебайосский, верхнебайосский, верхнеюрско-средневаланджинский, неокомский.

В петрохимическом отношении производные разновозрастных магматических комплексов независимо от формы их проявления (лавы, субвулканы, интрузивы и дайки) принадлежат к известково-щелочному ряду.

2. Породы рассматриваемых комплексов характеризуются однотипным качественным составом элементов-примесей, концентрация которых резко различна.

Металлические, редкие и малые петрогенные элементы, а также элементы группы железа, во всех породах комплексов, в основном, образуют соответственно следующие однотипные убывающие ряды:

а)  $Cu - Zn - Pb - Mo$ , б)  $Zr - Ga - Y - La - Yb$ , в)  $Sr - Ba - Li - Be$ , г)  $Ti - Mn - V - Cr - Ni - Co - Sc$ .

3. В породах всех комплексов вышекларковые содержания отмечаются для меди, ванадия, галлия, скандия и, частично, иттрия и иттербия. Из рудообразующих элементов свинец и цинк всюду характеризуются близ- и нижекларковыми содержаниями (до 7—8 раз). Мнение о полном отсутствии молибдена в породах Кафанского рудного поля нашими дан-

Таблица 2

Среднеарифметические содержания элементов-примесей в магматических породах Кафанского рудного поля

Комплексы	Первый					Второй					Третий							Четвертый							
	Эффузивные		Дайковые		Интрузивные	Эффузивные			Дайковые	Монокварциты	Эффузивные			Дайковые		Субвулканические		Доксит-пиррофилактитовые кварциты	Интрузивные	Дайковые					
	Андезито-базальты	Андезиты	Диабазовые порфириты	Андезитовые порфириты	Плагнограниты	Ангитовые андезиты	Андезиты	Андезито-дациты (барабатум)	Диабазы		Диабазовые порфириты	Андезито-базальты	Андезиты	Диабазы	Андезитовые порфириты	Кварцевые дациты	Липарито-дациты		Липариты	Габбро-диориты	Габбро-диабазы	Диабазы	Диорит-порфириты	Микродиориты	
Породы	11	8	5	6	7	9	19	22	12	5	10	14	10	41	10	8	6	7	8	5	25	11	9	16	
Количество анализов																									
Бериллий	0,4	0,5	0,5	0,6	—	0,8	1,0	0,5	2,0	—	2,6	3,5	2,0	1,6	2,0	2,7	2,0	2,3	—	1,5	1,6	2,0	3,0	2,0	
Литий	15,0	20,0	25,0	12,0	35	30	30	27	5	5	35	56	10	15	30	40	10	12	4,5	20	15	15	20	20	
Стронций	100	170	200	160	100	260	140	140	65	30	400	200	300	280	290	150	200	230	100	450	300	300	100	340	
Барий	32	60	50	70	45	60	50	65	50	3250	300	160	100	190	170	120	100	60	—	165	76	100	50	220	
Галлий	36	35	40	30	30	44	33	28	30	15	47	44	30	50	55	30	35	30	3	35	48	37	30	35	
Цирконий	43	69	65	53	100	70	74	50	65	30	250	70	90	95	150	60	65	99	100	80	100	70	47	110	
Иттрий	22	30	25	23	25	35	16	18	10	5	40	35	26	30	44	20	30	24	10	30	24	23	25	26	
Иттербий	2,3	3	2,5	2,3	3	3,5	1,5	1,6	—	—	4	3,5	2,5	2,6	4	2	3	2,5	—	3	2,5	2,0	2,5	2,5	
Лантан	7	9	5	8	12	8	8	11	4	—	6	10	12	5	9	12	14	18	—	7	5	5	8	10	
Медь	125	150	80	190	250	90	74	95	160	120	220	180	150	220	200	60	70	50	—	200	220	230	84	64	
Молибден	0,8	0,6	1,3	0,7	1,0	0,7	0,7	1,0	1,4	4,6	1,6	0,6	0,5	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	12,77	0,9	1,7	1,6	1,2	1,3	
Цинк	95	80	53	120	90	60	70	90	50	120	18	80	56	64	28	42	20	40	81	50	80	25	34	40	
Свинец	4,7	5,0	3,5	3,0	6,0	4,6	2,5	5,0	1,6	7,0	3	4	8	3	3	4	3	4	0,5	10	2	2	2	3	
Титан	3600	3200	7440	3780	1440	2400	2220	2820	7800	—	6420	6540	4500	8400	9060	2520	1140	2100	—	6540	8160	12420	3960	6180	
Марганец	3300	1617	1156	4495	385	1050	1078	616	2156	—	1232	847	1309	1694	693	693	539	385	—	924	1386	1232	1617	924	
Кобальт	30	24	33	30	10	40	27	22	40	310	34	33	40	46	14	20	20	20	50	35	36	33	15	30	
Никель	37	30	37	40	20	45	37	40	45	50	25	30	32	37	10	10	10	15	45	40	40	43	35	32	
Хром	48	45	150	60	30	140	51	50	52	3	200	45	30	90	20	25	23	24	3	70	110	140	45	43	
Ванадий	490	200	650	170	100	370	270	150	300	100	150	60	120	310	100	62	40	47	30	200	380	230	200	106	
Скандий	35	25	40	35	—	35	24	13	30	15	20	14	9,0	25	9	7	3	3	—	30	33	20	12	10	

Примечание: Средние содержания меди, молибдена, цинка, свинца, титана, марганца, кобальта, никеля даются по данным химических и силикатных анализов в г/т, а остальных элементов — по данным полуколичественных анализов. Анализы выполнены соответственно в химической, гидрохимической и спектроскопической лабораториях ИГН АН АрмССР. Среднеарифметические содержания ( $M$ ) элементов-примесей вычислены по формуле  $M = \frac{\sum VP}{n}$ , где  $V$  — среднее содержание элемента в классе,  $P$  — количество проб в данном классе,  $n$  — количество всех проб.

ными не подтверждается. Молибден в близкларковых содержаниях устанавливается в образованиях всех комплексов.

4. Установлено полное отсутствие «геохимической специализации» пород разновозрастных комплексов на медь, свинец и цинк.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР  
Управление геологии Совета  
Министров Армянской ССР

Поступила 4.V.1972.

Ի. Ն. ԶԱՐՅԱՆ, Ռ. Հ. ՍԱՐԴՍՅԱՆ, Հ. Հ. ՍԱՐԴՍՅԱՆ, Ա. Ի. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Կ. Վ. ԴԱՎԹՅԱՆ

ՂԱՓԱՆԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՄԱԴՄԱՏԻԿ ԿՈՄՊԼԵՔՍՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ղափանի հանքային դաշտի յուրայի և կալճի հասակի մագմատիկ առաջացումների մանրակրիտ պետրոքիմիական և գեոքիմիական ուսումնասիրությունները թույլ են տալիս նշելու հետևյալը:

Առաջացման պայմաններով և հարաբերական խորությամբ առանձնացվում են չորս հասակի՝ ա) ստորին բայոսի էֆուզիվ, բ) վերին բայոսի էֆուզիվ, գ) վերին յուրայի-միջին վալանժինի էֆուզիվ և դ) նեոկոմի ինտրուզիվ մագմատիկ կոմպլեքսներ: Պետրոքիմիական տեսակետից տարբեր հասակի մագմատիկ կոմպլեքսների էֆուզիվ և ինտրուզիվ առաջացումները պատկանում են կրա-ալկալային ապարների շարքին:

Դիտարկվող ապարների համար բնորոշ են պղնձի, վանադիումի, գալիումի, սկանդիումի, մասամբ իտրիումի և իտերբիումի համեմատաբար բարձր պարունակություններ:

Մագմատիկ կոմպլեքսների ապարներում մետաղական, հազվագյուտ և պետրոգեն տարրերը համապատասխանաբար առաջացնում են հետևյալ նույնատիպ նվազող շարքերը՝ ա) Cu—Zn—Pb—Mo, բ) Zr—Ga—Y—La—Yb, գ) Sr—Ba—Li—Be.

Մագմատիկ կոմպլեքսների դիֆերենցիատներում նիկելի, կոբալտի, քրոմի և սկանդիումի հարաբերությունը տարբեր է:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Акопян В. Т. Стратиграфия юрских и меловых отложений юго-восточного Зангезура. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1962.
2. Асланян А. Т. О возрасте эффузивных кварцевых порфиров Малого Кавказа. Известия АН СССР, сер. геол., № 5, 1949.
3. Белов А. А. К истории тектонического развития северной окраины Иранской эпипайкальской субплатформы на Малом Кавказе. Известия АН СССР, серия геол., № 10, 1968.
4. Ванюшин С. С., Лейс Ю. А., Малхасян Э. Г. Кафанское медное месторождение, Кавк. науч. тех. общ. цветной металлургии, Ереван, 1957.
5. Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Геохимия, № 7, 1962.
6. Заварицкий А. Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. Изд. АН СССР, 1950.

7. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. «Недра», М., 1964.
8. Лебедев А. П., Малхасян Э. Г. Юрский вулканизм Армении. «Недра», М., 1965.
9. Магакьян И. Г., Мкртчян С. С. Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. X, № 4, 1957.
10. Малхасян Э. Г., Лейе Ю. А. Геология жильных пород Кафанского рудного поля. ДАН Арм. ССР, т. X, № 4, 1965.
11. Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1958.
12. Мнацаканян А. Х. Верхнеюрский-меловой вулканизм Кафанского антиклинория (южная часть Арм. ССР). Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 3, 1970.
13. Саркисян Г. А., Налбандян Э. М. К вопросу о соотношении процессов пропиллитизации и региональных зеленокаменных изменений в юрской вулканогенной формации Кафанского рудного поля. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4, 1967.
14. Саркисян Г. А., Мнацаканян А. Х., Сатцян М. А., Чолахян Л. С. О находке галек плагиогранитов в разновозрастных конгломератах Кафанского рудного поля. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 2, 1971.
15. Соловкин А. Н. Интрузивные циклы Азербайджанской ССР. Изд. АН Аз.ССР, 1939.
16. Геохимия редких элементов, т. I, Изд. «Наука», М., 1964.