

А. И. КАРАПЕТЯН

К ГЕОХИМИИ ГЕРМАНИЯ В ГРАНИТОИДАХ АНКАВАНСКОГО ИНТРУЗИВНОГО МАССИВА

Германий принадлежит к числу тех элементов Менделеевской таблицы, геохимические особенности которых до настоящего времени остаются еще слабоизученными. Достаточно сказать, что специальные исследования, посвященные выяснению геохимической истории германия в процессе формирования какого-либо интрузивного массива, до последнего времени не проводились; опубликованные работы Гарриса П. Г. (1954), Ониши Х. (1956), Саведа А. и Эль Вардани (1957), Бортонна И. Д. (1958) и др., хотя и существенно расширяют наши знания о содержании германия в различных изверженных горных породах и минералах, но, к сожалению, не дают основания судить в целом о поведении германия в процессе формирования интрузивного массива, поскольку данные, приводимые в отмеченных работах, относятся, в основном, к генетически несвязанным сериям пород. По этой же причине, трудно полностью согласиться с В. М. Гольдшмидтом и К. К. Петерсом, которые на основании полуколичественного анализа соответствующих смесей гранитоидов и габброидов заключили, что «германий заметно накапливается в силикатах остаточной магмы и в магматических остаточных растворах» [3].

Действительно, как показали исследования В. Л. Таусона, проведенные на генетически связанных сериях пород Сусамирского батолита [5], сколько-нибудь существенного увеличения содержания германия в кислых дифференциатах (т. е. более поздних образованиях) не происходит.

Учитывая такое разногласие в отношении столь важного вопроса геохимии германия, мы сочли целесообразным опубликовать имеющийся у нас фактический материал, освещающий некоторые черты геохимии германия в процессе формирования Анкаванского гранитоидного интрузива, расположенного в центральной части Армянской ССР, в пределах Памбакского рудного района.

Основные черты геологического строения Анкаванского интрузивного массива

Анкаванский интрузивный массив входит в комплекс интрузивов гранитоидного и монцонитового состава, образующего в пределах Памбакского рудного района Маманскую группу интрузивов, состоящую из трех крупных интрузивных массивов (Анкаванский, Такярлинский, Ахавнадзорский), протягивающихся полосой близширотного простирания около 30 км. Ширина отдельных интрузивов колеблется в пределах от 1—

2 км до 3—4 км. Все они расположены косо по отношению к оси Анкаван-Арзаканской антиклинали, выступая как в ядре, так и в СВ крыле ее. В ядре антиклинали залегают породы докембрийского и нижнепалеозойского возрастов, представленные метаморфическими сланцами разнообразного состава, нередко переслаиваемыми мраморизированными известняками. Антиклиналь оконтуривается осадками верхнего мела, трансгрессивно и несогласно залегающими на докембрийских образованиях. На размытой поверхности Анкаванского интрузива лежат вулканогенные породы мио-плиоцена. Непосредственного контакта интрузива с меловыми и более молодыми (эоценовыми) образованиями не наблюдается ввиду эродированности последних на данном участке, что не позволяет с какой-либо уверенностью говорить о времени формирования Анкаванского интрузива, поэтому среди исследователей пока еще нет единого мнения о возрасте интрузива; одни считают его верхнеэоценовым [2, 4 и др.], другие — дотуронским [1 и др.].

Среди Анкаванского массива наибольшим распространением пользуются кварцевые диориты, среди которых в западной части интрузива обнажаются штокообразные, часто неправильные и дайкообразные (но с не выдержанными элементами залегания и мощностью) выходы гранит-порфиров. Жильная серия представлена аплитами, пегматитами, граносиенит-порфирами, гранодиорит-порфирами и лампрофирами, порядок внедрения которых соответствует последовательности их перечисления.

Германий в гранитоидах Анкаванского интрузива

С целью выяснения характера распределения германия по различным, составляющим интрузивный массив, породам брались многочисленные образцы из различных участков интрузивного массива, которые после предварительного петрографического изучения подверглись химическому анализу на германий*. Приведенные ниже (табл. 1) результаты этих анализов относятся только к тем образцам, микроскопическое изучение которых не показало сколько-нибудь значительных изменений в результате наложения на них постмагматических процессов.

Как видно из табл. 1, содержание германия в более поздних образованиях Анкаванского интрузивного массива (гранодиорит-порфиры, граносиенит-порфиры и др.) по сравнению с кварцевыми диоритами и гранит-порфирами не только не увеличивается, а, наоборот, наблюдается некоторое обеднение, что, по-видимому, следует объяснить эманационной дифференциацией, протекающей в магматическом расплаве, начиная с момента его становления, в результате которого происходит газовый перенос германия и других редких элементов в виде различных легколетучих соединений. Последние, отделяясь от магматического расплава, концен-

* Анализы выполнены в хим. лабораториях ИГН АрмССР и НИГМИ (Аналитики С. А. Дехтрикян, И. Г. Арутюнян, В. В. Арутюнян, Н. Г. Джагацпанян, В. В. Капдакова).

Таблица 1

Содержание германия в гранитоидах Анкаванского интрузивного массива

№ образца	Порода	Место взятия	Содержание в γ/g
1234	Кварцевый диорит	Верховья левого притока р. Мармарик	1,5*
1238	"	Верховья р. Намазолян	1,8
1215	"	Водораздельная часть р. Дамир-магара и Намазолян	1,2
1229	"	Правый берег р. Мармарик	2,0
1218	"	Уч-ок Назыр-юрт	1,9
1248	"	Верховья правого составляющего притока Намазолян	1,4
1219	"	Верховья р. Дамир-магара	2,6
1241	"	То же	1,2
1222	"	То же	2,2
1235	"	К СВ от места взятия пробы 1222	1,2
1240	"	То же	1,8
Среднее по кв. диоритам			1,7
1236	Гранит-порфирит	Уч-ок Дамир-магара	1,3
1223	"	Ущелье Мермике	2,0
1230	"	Дальний Дамир-магара	1,6
Среднее по гранит-порфирам			1,6

Жильные граносиенит-порфиры и гранодиорит-порфиры

1231	Граносиенит-порфир	Уч-к Дальний Дамир-магара	1,2
1214	"	Ущелье Мермике	1,6
1213	Гранодиорит-порфир	Уч-к Главный	1,2
1241/2	"	Уч-к шт. 32	1,7
1216	"	То же	1,3
Среднее по дайкам			1,4

Жилы аплитов и пегматитов

1212	Аплит	Уч-к Главный	2,2
1245	"	Верховья р. Намазолян	2,0
305/4	Пегматит	То же	3,4
370a	"	То же	2,8
Среднее по аплитам и пегматитам			2,6

* В гидротермально измененных породах содержание германия значительно выше.

трируются в различных горизонтах остывающего интрузивного массива, тем самым создавая локальные участки (очаги) обогащенных различными легколетучими соединениями магматических расплавов, которые при наступлении благоприятных условий привели к образованию различных пегматитов, значительно обогащенных германием (до 3,4 γ/g).

Таким образом, как нам кажется, поведение германия до начала кристаллизации магматического расплава во многом зависит от состава магмы и, в первую очередь, от количества определенных летучих компонентов в ней. В процессе кристаллизации магмы, наряду с термодинамическими особенностями, важное значение приобретают кристаллохимические свойства ионов германия, роль которых довольно отчетливо проявляется при изучении характера распределения германия по отдельным породообразующим минералам для каждой серии пород. Последнее, кроме того, дает возможность выяснить общие тенденции поведения германия при кристаллизации магмы и, в особенности, о стремлении германия накапливаться в остаточном магматическом расплаве, от которого и во многом зависит общее количество германия, переходящего в гидротермальный этап минерализации.

При изучении характера распределения германия по отдельным минералам мы ставили перед собой цель—вместе с определением содержания германия в отдельных породообразующих минералах, выяснить какая часть германия всей породы связана с данным минералом? Поэтому при петрографическом изучении образцов особое внимание было уделено количественной характеристике их минерального состава, что дала возможность составить мономинеральный баланс германия (табл. 2), позволяющий определить основные минералы — носители и минералы — концентраторы германия.

Результаты химических анализов на германий мономинеральных проб из различных типов пород показывают, что германий в состав различных силикатов входит не с одинаковой легкостью; он наиболее высокие концентрации образует в биотите и роговой обманке, в которых содержание германия (до 2,7 γ/g и 3,2 γ/g соответственно) в 3—4 раза выше, чем в кварце и полевых шпатах. Последние, несмотря на свою бедность германием (в них содержание германия не превышает 1,2 γ/g), являются одним из минералов — носителей германия, с ними связано около половины всего германия, между тем, с роговой обманкой связано не более одной четверти германия породы. Промежуточное место занимает биотит, в котором содержание германия (до 2,7 γ/g) обычно несколько ниже, а иногда равно или несколько выше, чем в роговой обманке и значительно выше, чем в полевых шпатах и кварце.

Из приведенной таблицы нетрудно заметить, что содержание германия в одноименных темноцветных минералах (биотит и др.) из различных серий пород, тем выше, чем ниже их общее количество в данной породе. Так, в гранит-порфирах, где сумма темноцветных минералов не превышает 7—8% всей породы, биотит характеризуется более высоким содержанием германия (2,7 γ/g), чем биотит из граносиенит-порфиров (2,5 γ/g), в

Таблица 2

Содержание германия в минералах гранитоидов Анкаванского интрузивного массива

Минерал	Содержание минералов в породе в %	Содержание Ge в минерале $\gamma/2$	Кол-во Ge на минерал при пересчете на 1 г породы	% Ge породы, приходящейся на минерал	Общее содержание Ge в породе $\gamma/2$
Кварцевый диорит					
Кварц	15	1,2	0,180	12,00	—
Плагиоклаз	55	1,1	0,770	51,33	—
Кал. пол. шпат	15				—
Биотит	7	1,7	0,119	8,00	—
Роговая обманка	5	2,8	0,240	9,03	—
Магнетит	1	7,0	0,070	4,66	—
Сумма:	98	—	1,279	87,02	1,5
Гранит-порфир					
Кварц	25	0,8	0,200	15,38	—
Плагиоклаз	62	1,2	0,682	52,61	—
Биотит	4	2,7	0,108	8,30	—
Роговая обманка	3	3,2	0,096	7,38	—
Магнетит	0,5	11,1	0,055	4,27	—
Сумма:	97,5	—	1,141	87,94	1,3
Граносиенит-порфир					
Кварц	8	0,7	0,056	4,66	—
Плагиоклаз	67	0,9	0,603	50,25	—
Биотит	8	2,5	0,200	16,66	—
Роговая обманка	10	2,2	0,220	18,03	—
Магнетит	1,2	8,75	0,105	8,75	—
Сумма:	94,8	—	1,184	98,35	1,2
Гранодиорит-порфир					
Кварц	18	1,0	0,180	15,00	—
Плагиоклаз	70	0,7	0,490	48,33	—
Биотит	6	2,5	0,150	19,50	—
Роговая обманка	4	2,5	0,100	8,33	—
Магнетит	1,5	5,35	0,080	6,66	—
Сумма:	98,5	—	1,100	90,72	1,2

* Биотит из гидротермально измененных, биотитизированных пород содержит значительно больше германия.

которых сумма темноцветных минералов более в два раза выше, чем в гранит-порфирах. Такая закономерность, но менее отчетливо, наблюдается и у роговых обманок, которые, однако, по сравнению с биотитом значительно беднее германием.

Факт преимущественного накопления германия в биотитах и роговых обманках по сравнению с другими породообразующими минералами Анкаванского гранитоидного массива, по-видимому, обусловлен как структурными особенностями строения их кристаллических решеток*, так и постепенным повышением концентрации германия в остаточной магме в ходе кристаллизации магматического расплава. Последнее предположение обосновывается еще и тем, что различные генерации одного и того же минерала (например, К пол. шпат) из одной и той же породы (гранит-порфир или гранодиорит-порфир) по содержанию германия несколько отличаются друг от друга; обычно германия в полевых шпатах из основной массы несколько больше (0,8—1,2 γ/z) чем в фенокристаллах (до 0,8 γ/z).

Из акцессорных минералов химическому анализу на германий подвергался только магнетит, в котором содержание германия оказалось значительно ниже (не более 10—12,0 γ/z), чем в таковых из гранат-магнетитовых скарнов (15—20 γ/z).

В ы в о д ы

1. В продуктах дифференциации Анкаванского гранитоидного интрузива германий распределяется довольно равномерно. Колебания средних содержаний для различных пород не превышают 0,5 γ/z . Фоновое содержание для всего интрузивного массива составляет 0,00012%, кларк — 0,00015%.

2. В процессе эволюции магматического очага происходит некоторое обеднение остаточной магмы германием, что, возможно, является результатом эманационной дифференциации, протекавшей в магматическом расплаве, начиная с момента становления интрузива.

3. Степень концентрации германия в различных породообразующих и акцессорных минералах разная. Более богата германием роговая обманка, затем идут биотит, полевые шпаты и кварц. В целом основными минералами-концентраторами германия в изученных породах являются биотит и роговая обманка, минералами-носителями же — полевые шпаты, содержащие в себе больше половины всего германия породы.

4. На гесхимической истории германия в магматическом процессе довольно отчетливо отражаются термодинамические и кристаллохимические особенности ионов германия: первые способствуют удалению некоторой части его еще до начала кристаллизации магмы, другие позволяют интенсивно рассеиваться в кристаллических решетках различных силикатов, тем самым ограничивая общее количество германия, переходящего в состав постмагматических гидротермальных растворов.

5. В процессе кристаллизации магмы, оставшийся в ее составе германий вначале несколько отгоняется в остаточный расплав, в результате

* Обогащенность биотита и роговой обманки германием, по-видимому, частично обусловлена наличием в них микроскопических включений магнетита, который по сравнению с породообразующими минералами содержит значительно больше германия.

которого позднее образовавшиеся минералы и даже поздние генерации одного и того же минерала (К пол. шпат) характеризуются несколько повышенным содержанием германия.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 23.IV. 1963.

Ա. Բ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԳԵՐՄԱՆԻՈՒՄԸ ՀԱՆՔԱՎԱՆԻ ԻՆՏՐՈՒԶԻՎ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ԳՐԱՆԻՏՈՒԴՆԵՐՈՒՄ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Հողվածը նվիրված է գերմանիումի դեոքսիդիայի հետաքրքիր և համեմատաբար թույլ ուսումնասիրված հարցերից մեկին՝ ինտրուզիվ զանգվածի ձևավորման պրոցեսում նրա վարքագծին:

Հանքավանի գրանիտոիդային ինտրուզիայի զանազան ապարների քիմիական անալիզները թույլ են տալիս ենթադրելու, որ մագմատիկ հալոցքի դիֆերենցիացիան ուղեկցվում է գերմանիումի կոնցենտրացիայի որոշ անկումով, որը, հեղինակի կարծիքով, հանդիսանում է էմանացիոն դիֆերենցիացիայի արդյունք, երբ մինչև մագմայի բյուրեղացումը տեղի է ունենում գերմանիումի և մի շարք այլ էլեմենտների տեղափոխություն գազային միացությունների ձևով: Վերջիններս կուտակվելով սառչող մագմայի տարբեր մասերում ստեղծում են ցնդող կոմպոնենտներով հարուստ ոչ մեծ օջախներ, որոնք հետագայում հանգեցնում են գերմանիումով և ուրիշ հազվագյուտ էլեմենտներով յգալիորեն հարստացված պեգմատիտային երակների առաջացմանը:

Ապար կազմող տարբեր միներալների քիմիական անալիզները ցույց են տալիս, որ գերմանիումը դերադանցապես կուտակվում է մուգ գույնի միներալներում:

Հետաքրքրական է և շատ կարևոր այն հանգամանքը, որ մագմատիկ հալոցքից համեմատաբար ուշ բյուրեղացող միներալները բնութագրվում են գերմանիումի համեմատաբար բարձր պարունակությամբ: Այդ նույն օրինաչափությունը, ավելի թույլ արտահայտված, նկատվում է միևնույն խմբի միներալների (օրինակ դաշտային շպատների) տարբեր գեներացիաների քիմիական անալիզներում:

Այսպիսով, կախված մագմատիկ հալոցքի սառեցման աստիճանից, գերմանիումի վարքագծում նկատվում է երկու տենդենց: Առաջինը, որ ստանում է դեպի մագմատիկ հալոցքի աղքատացում գերմանիումը, առավել որոշակիությունով պայմանավորվում է ինտրուզիվ զանգվածի ձևավորման ավելի վաղ էտապում, երբ տեղի է ունենում ցնդող կոմպոնենտների տեղափոխություն դեպի մագմայի վերին հորիզոնները և շրջափակող ապարները: Ինտրուզիայի ձևավորման ավելի ուշ էտապում, ապարների բյուրեղացման պրոցեսում, կատարվում է գերմանիումի աստիճանական տեղում դեպի մնացորդային հալոցքը և սկիզբ տալիս գերմանիումով համեմատաբար հարստացված հիդրոթերմալ լուծույթների:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении, Ереван, 1958.
2. Багдасарян Г. П. Новые данные о возрасте некоторых интрузивных массивов Армении. ДАН АрмССР, 1959, № 2, т. 28.
3. Гольдшмидт В. М. К геохимии германия. Сб. «Геохимия редких элементов», ГОНТИ, 1938.
4. Котляр В. Н. Памбак, Изд. АН Армянской ССР, 1959.
5. Таусон В. Л. Геохимия редких элементов в гранитоидах. М., 1961.