

Р. Л. МЕЛКОНЯН

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИТИЯ, РУБИДИЯ И ТАЛЛИЯ В ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ ИНТРУЗИВНЫХ ФОРМАЦИЯХ АЛАВЕРДСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Для решения ряда геологических и петрологических вопросов, в последние годы все чаще привлекаются особенности распределения и содержания редких элементов, причем немаловажную роль при этом играют редкие щелочи. В настоящее время имеется довольно обширный материал по поведению этих элементов в гранитоидных орогенных формациях, в то время как аналогичные данные для геосинклинальных и в особенности для раннегеосинклинальных формаций крайне редки. К тому же отсутствие четкого разграничения между гранитоидами различных этапов развития и различного генезиса, в свою очередь, ведет к затушевыванию специфики содержаний и поведения тех или иных элементов. Между тем выявление этих различий и является весьма важным и интересным, так как они могут явиться дополнительным критерием при решении некоторых петрологических вопросов.

Алавердский рудный район входит в область раннеальпийской складчатости, развитие которой происходит, в основном, в раннегеосинклинальную стадию собственно геосинклинального подэтапа ($J_1 - Pg_2^2$) развития Антикавказа [4, 6]. В течение раннегеосинклинальной стадии ($J_1 - Cg_1$) в пределах Алавердского рудного района, являющегося частью Сомхето-Кафанского эвгеосинклинального прогиба, формируются два магматических комплекса — среднеюрский и верхнеюрский-нижнемеловой, отделенных друг от друга перерывом в осадконакоплении и предкелловейской фазой складчатости [10]. Эоценовый магматизм для Сомхето-Кафанской зоны не характерен, а по своим масштабам не сопоставим с мезозойским и проявляется лишь в областях сочленения ее с Центральной складчатой зоной Армении, являясь отголоском мощного палеогенового магматизма в пределах последней.

В предлагаемом сообщении рассматриваются содержания и закономерности распределения Li, Rb и Tl* в среднеюрском (Ахпатский массив), верхнеюрском-нижнемеловом (Кохбский массив), предверхнеэоценовом (Банушский массив) интрузивных комплексах, а также возможности применения этих данных для решения некоторых петрологических вопросов.

* Определения Li, Rb, Cs проведены методом фотометрии пламени, а Tl — химически в соответствующих лабораториях ИМГРЭ АН СССР; аналитики — С. Л. Орлова и С. Б. Исаченкова.

Краткая характеристика массивов

Ахпатский интрузив представляет собой небольшое (6 км^2) штокообразное тело, прорывающее среднеюрские вулканогенные образования. Формирование его происходило в результате двух фаз внедрения. Первая фаза представлена габбро, габбро-диоритами, реже диоритами, обнажающимися в местности Кацоцк. Вторая фаза представлена плагиогранитами, состоящими главным образом из кварца и плагиоклаза, очень редко—роговой обманки и биотита. В эндоконтактowych частях массива появляются диориты и роговообманковые кварцевые диориты. Все типы пород характеризуются пониженной щелочностью, при резком преобладании Na_2O над K_2O , при этом в плагиогранитах отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ равно 11,5. Жильные породы I этапа представлены плагиоаплитами*.

Кохбский массив является наиболее крупным интрузивом (90 км^2) в пределах Сомхето-Кафанской зоны и отчетливо прорывает отложения средней и верхней юры. В составе Кохбского, как и Банушского, массивов выделяются породы собственно интрузивной фазы, фазы дополнительных интрузий и жильные породы I и II этапов (в понимании В. С. Коптева-Дворникова). Породы собственно интрузивной фазы в эндоконтактowej фации представлены габбро-диоритами и диоритами, которые постепенно сменяются биотит-роговообманковыми, пироксен-роговообманковыми кварцевыми диоритами. Очень редко породы главной фации представлены гранодиоритами. Дополнительные интрузии представлены двумя типами: I—ассимиляционный, сложен лейкократовыми кварц-плагиоклазовыми трондjemитами и плагиоклазитами, в формировании которых большое значение имели процессы известковистой ассимиляции; II—дифференциационный, представлен лейкократовыми гранитами, близкими по составу к аляскитам. Жильные породы I этапа представлены плагиоаплитами, аплитами, гранитами, пегматитами. Породы Кохбского массива характеризуются нормальной щелочностью при постоянном преобладании Na_2O над K_2O , при этом в ряду пород собственно интрузивной фазы от кварцевых диоритов к гранодиоритам и гранитам отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ изменяется соответственно—2,37—1,92—1,15. Лишь в аляскитах дополнительных интрузий, а также в жильных гранитах это отношение опускается ниже 1.

Банушский массив представляет собой небольшое (38 км^2) интрузивное тело, прорывающее среднеэоценовые образования. Породы главной фации представлены роговообманковыми гранодиоритами, которые в эндоконтактowej фации сменяются габбро и диоритами. Габброиды характеризуются неравновесными минеральными ассоциациями, когда наряду с оливином и пироксеном присутствует калиевый полевой шпат. Породы дополнительных интрузий представлены лейкократовыми гранитами типа аляскитов, а жильные породы I этапа—пегматитами и ап-

* Жильные породы II этапа здесь не рассматриваются.

литами. Породы Банушского массива характеризуются нормальной щелочностью с примерно равным соотношением Na_2O и K_2O , которое в аляскитах сменяется преобладанием K_2O над Na_2O .

Породы перечисленных интрузивов относятся к известково-щелочным сериям. В формационном отношении Ахпатский массив относится к плагиогранитовой, Кохбский — к диоритовой и Банушский — к габбро-диорит-гранодиоритовой формациям. В целом магматизм Сомхето-Кафанской зоны, как и весь магматизм геосинклинального этапа, является производным базальтовой магмы [6].

Распределение Li, Rb и Tl в интрузивах Алавердского рудного района

Л и т и й. Среднее содержание* лития в основных породах равно $\gamma/\text{г}$, средних—20 $\gamma/\text{г}$, кислых—40 $\gamma/\text{г}$.

В Ахпатском плагиогранитовом массиве среднее содержание менее 5 $\gamma/\text{г}$, что более 8 раз меньше кларка кислых пород и более 3 раз—кларка основных пород.

В породах габбровой и плагиогранитовой фаз, как и в эндоконтактовых кварцевых диоритах и дайках плагиоаплитов содержание Li менее 5 $\gamma/\text{г}$.

В Кохбском кварц диоритовом массиве среднее содержание Li равно 10 $\gamma/\text{г}$, что более 2 раз меньше кларка средних пород и ниже кларка даже основных пород. В породах собственно интрузивной фазы, вне зависимости от состава, отмечаются примерно равные концентрации (табл. 1). В породах дополнительных интрузий, как и в жильных породах I этапа, накопления Li не происходит.

В Банушском гранодиоритовом массиве среднее содержание Li—20 $\gamma/\text{г}$ в 2 раза меньше кларка и соответствует кларку средних пород; согласно кларкам, рассчитанным А. А. Беусом [1], оно ближе к кларку основных пород (18 $\gamma/\text{г}$). В ряду пород от габбро к эндоконтактовым диоритам происходит увеличение содержаний Li, однако, в гранодиоритах главной фации дальнейшего накопления не наблюдается (табл. 2). В процессе дифференциации в лейкократовых гранитах дополнительных интрузий и в пегматитах наблюдается двукратное обогащение Li.

В породах как Кохбского, так и Банушского массивов от ранних фаз к поздним происходит уменьшение отношения Mg/Li , однако, если в первом случае оно обусловлено лишь уменьшением содержаний Mg, то во втором — кроме того и накоплением Li.

Р у б и д и й. Среднее содержание рубидия в основных породах равно 45 $\gamma/\text{г}$, в средних—100 $\gamma/\text{г}$, в кислых—200 $\gamma/\text{г}$.

В Ахпатском массиве среднее содержание Rb менее 50 $\gamma/\text{г}$, что более, чем в 4 раза меньше кларка кислых пород и наиболее близко к

* Средние содержания приводятся по А. П. Виноградову [2].

кларку основных пород. Аналогичные концентрации фиксируются в породах различных фаз и фаций массива.

В Кохбском массиве среднее содержание Rb равно 60 $\gamma/\text{г}$, что заметно ниже кларка средних пород и близко к кларку основных пород. В породах собственно интрузивной фазы — от кварцевых диоритов и гранодиоритов к гранитам с увеличением содержаний калия повышается концентрация Rb (табл. 1). В дополнительных интрузиях лейкократовых гранитов, несмотря на дальнейшее увеличение содержаний калия концентрация Rb не повышается, а в дополнительных интрузиях трондjemитов, характеризующихся крайне низкими концентрациями калия, содержание Rb резко снижается. В процессе дальнейшей дифференциации в жильных гранитах и пегматитах происходит некоторое накопление, однако, и в этом случае оно не достигает концентраций отмечаемых в гранитах эндоконтактовой фации.

Таблица 1

Содержание K, Li, Rb, Tl в различных типах пород Кохбского массива

Фазы	Типы пород	№ обр.	K	Li $\cdot 10^{-4}$	Rb $\cdot 10^{-4}$	Tl $\cdot 10^{-4}$	K/Rb	K/Tl	Mg/Li
Собственно интрузивная	Кварцевый диорит	371	1,49	10	60	0,17	248	87647	1380
	Кварцевый диорит	432	1,25	10	50	не опр.	250	—	—
	Гранодиорит	414	1,89	10	50	—	378	—	1060
	Гранит	407	3,32	8	110	0,24	302	138333	412
Дополнительные интрузии	Трондjemит	451	0,27	<5	<50	0,033	—	81818	—
	Лейкократовый гранит	412	3,90	<5	60	0,26	650	150000	—
Жильные породы I этапа	Пегматит	421	4,2	5	80	не опр.	525	—	660
	Плаггиоолит	166	0,43	<5	<50	0,03	—	143333	—
	Гранит	118	3,4	<5	80	0,21	425	161904	—

В Банушском массиве среднее содержание Rb равно 60 $\gamma/\text{г}$, что более 3-х раз меньше кларка и наиболее близко к кларку основных пород. В породах собственно интрузивной фазы при переходе от габбро к эндоконтактовым диоритам происходит отчетливое обогащение рубидием (табл. 2). В то же время в гранодиоритах главной фации, несмотря на повышение содержаний калия, происходит некоторое уменьшение его концентраций. Отсутствие прямой зависимости между содержаниями K и Rb отмечается рядом исследователей [7, 8, 9 и др.] и объясняется влиянием летучих, в частности F, которое проявляется не только в конечных продуктах дифференциации [7], но и в обогащенных летучими краевых фациях ранних фаз [8].

В лейкократовых гранитах дополнительных интрузий и пегматитах концентрация Rb, по сравнению с гранодиоритами главной фации, увеличивается незначительно, несмотря на отчетливое повышение содержаний K. Между тем, как известно, в многофазных дифференцированных

Таблица 2

Содержание K, Li, Rb, Tl в различных типах пород Банушского массива

Фазы	Типы пород	№ обр.	K	Li·10 ⁻⁴	Rb·10 ⁻⁴	Tl·10 ⁻⁴	K/Rb	K/Tl	Mg/Li
Собственно интрузивная	Габбро	226	1,04	8	<50	не опр.	—	—	2937
	Диорит	343	1,91	20	80	0,15	238	127333	1046
	Гранодиорит	353	2,58	20	50	0,27	516	95555	425
	Гранодиорит	764	2,24	15	60	не опр.	373	—	453
Дополнительные интрузии	Лейкократовый гранит	280	3,32	40	70	0,27	474	122962	32
Жильные породы I этапа	Пегматит	275	3,80	50	70	0,27	543	140740	—

комплексах, а также в гибридизированных гранитоидных комплексах от ранних фаз к поздним с увеличением щелочности происходит уменьшение отношения K/Rb, в то время как в изученных массивах заметного накопления Rb не наблюдается, а изменения отношения K/Rb, обычно в сторону его увеличения, обусловлены в значительной степени изменениями содержаний калия.

Цезий. В породах различных фаз и фаций рассматриваемых массивов содержание цезия меньше чувствительности метода— $5 \cdot 10^{-3}$.

Таллий. Среднее содержание Tl в основных породах равно 0,2 γ /г, в кислых—1,5 γ /г, в средних—0,5 γ /г.

В Ахпатском массиве среднее содержание Tl равно 0,025 γ /г, что на порядок меньше кларка даже основных пород.

В Кохбском массиве среднее содержание равно 0,17 γ /г, что более 4-х раз меньше кларка средних пород и приближается к кларку основных пород. От кварцевых диоритов к гранитам и далее к лейкократовым гранитам дополнительных интрузий, одновременно с увеличением содержаний K, происходит отчетливое накопление Tl (табл. 1). В дополнительных интрузиях трондjemитов фиксируются резко пониженные концентрации Tl. В жильных гранитах дальнейшего накопления относительно лейкократовых гранитов не происходит.

В Банушском массиве среднее содержание Tl равно 0,27 γ /г, что более 5-ти раз меньше кларка кислых пород и соответствует кларку основных пород, приводимых В. В. Ивановым (1964). При переходе от эндоконтактовых диоритов к гранодиоритам главной фации наблюдается отчетливое накопление Tl (табл. 2). В дополнительных интрузиях и жильных породах I этапа дальнейшего увеличения концентраций, несмотря на повышение содержаний калия, не происходит.

Как в Кохбском, так и в Банушском массивах отсутствует прямая зависимость между содержаниями Rb и Tl, почему и четкой закономерности в изменениях отношения Rb/Tl не наблюдается. В Кохбском массиве отчетливо проявляется зависимость между концентрациями K и Tl, при этом в процессе дифференциации происходит увеличение отношения

K/Tl, указывающее на более интенсивное накопление калия относительно таллия. Отмеченное обстоятельство не согласуется с аналогичными данными для гранитоидных комплексов [3, 5, 12 и др.], для которых характерно относительное накопление Tl по сравнению с K.

К приложению закономерностей распределения Li, Rb и Tl для решения некоторых петрологических вопросов

Поведение Li, Rb и Tl в гранитоидных интрузивных комплексах при процессах дифференциации изучено достаточно хорошо, и отклонения от известных закономерностей могут служить дополнительным критерием, указывающим на превалирование иных процессов—ассимиляции, контаминации.

Для изученных массивов в целом закономерных изменений в абсолютных содержаниях Rb и отношения K/Rb, характерных для дифференцированных гранитоидных интрузивов, не наблюдается. К тому же в отличие от последних [3, 9, 12 и др.], в Кохбском и Банушском массивах фиксируется более интенсивное, по сравнению с Kb и Tl, накопление K, и в ряду дифференциации уменьшения отношений K/Rb и K/Tl не происходит, что наряду с отсутствием закономерных изменений в абсолютных содержаниях Rb и отношения K/Rb, указывает на заметную роль процессов гибридизма при формировании отмеченных массивов.

Поведение Li в процессе дифференциации в различных интрузивах четко индивидуализировано: в Кохбском массиве от пород главной фации к дополнительным интрузиям и жильным породам I этапа наблюдается некоторое уменьшение концентраций Li, в то время как в Банушском массиве в том же ряду пород отмечается двукратное обогащение.

При этом близкие по минеральному составу лейкократовые граниты Кохбского и Банушского массивов отчетливо различаются по концентрациям Li, что может явиться критерием при их возрастном расчленении.

Анализ содержаний Li, Rb и Tl в гранитоидных комплексах различных регионов выявляет определенные закономерности в их распределении, которые могут быть использованы и для суждения об их исходном составе. В этом аспекте весьма интересны данные, полученные при изучении распределений Rb и отношения K/Rb в гранитоидах Урала [11]. Как известно, на Урале достаточно определенно выделяются гранитоиды габбрового (базальтового) и гранитного рядов, сформированных соответственно в геосинклинальном и орогенном этапах. Отмеченные гранитоиды, наряду с другими признаками, согласно Л. Н. Овчинникову, четко отличаются и по содержанию Rb и по отношению K/Rb.

Так, гранитоиды гранитного ряда содержат в среднем 170 γ /г Rb при отношении K/Rb равном 190, в то время как соответствующие данные для гранитоидов габбрового ряда равны 20 γ /г и 1600. Аналогичная картина выявляется при сравнении содержаний Rb в изученных геосинклинальных гранитоидах Сомхето-Кафанской зоны и в орогенных гра-

нитоидах Айоцзор-Ордубадской зоны, в частности, в Далидагском массиве. Так в геосинклинальных гранитоидах, в частности в пределах Азербайджана, отмечаются резко пониженные концентрации Rb—от 17 $\gamma/\text{г}$ в плагиогранитах до 33 $\gamma/\text{г}$ в гранодиоритах, в то время как в орогенных гранитоидах концентрация Rb достигает 186 $\gamma/\text{г}$ [13]. При рассмотрении данных по другим регионам также выявляется отчетливая обогащенность Rb гранитоидов гранитного ряда, сформировавшихся в орогенном этапе, в то время как геосинклинальные гранитоиды характеризуются резко пониженными его содержаниями [5, 8, 9, 12, 13]. Понятно, что в целом такие отличия не являются случайными, а характеризуют либо гранитный, либо базальтовый исходный состав гранитоидов, обусловленный различными уровнями магмообразования.

Аналогичная тенденция характерна и для поведения Tl. Несмотря на крайне ограниченные данные для гранитоидов базальтового ряда, однако и на имеющемся материале выявляются резко пониженные концентрации Tl в них от 0,02 до 0,5 $\gamma/\text{г}$, по сравнению с гранитоидами гранитного ряда, в которых содержание его обычно выше 1 $\gamma/\text{г}$.

Что касается Li, то в целом гранитоиды базальтового ряда отчетливо обеднены им, однако, в отдельных очень редких случаях гранитоиды гранитного ряда также характеризуются весьма незначительными содержаниями Li [8], что не позволяет применять степень его концентрации в качестве самостоятельного критерия для суждения о исходном составе гранитоидов.

Исходя из всего вышесказанного можно считать, что резко пониженные концентрации Rb, Tl и Li в изученных массивах, а также близость их к кларкам основных пород, причем даже в гранитах, являются важным критерием для отнесения их к производным базальтовой магмы. Базальтоидная природа изученных массивов сказывается и в отчетливо пониженной железистости темноцветных минералов, составе акцессорных магнетитов и титаномagnetитов, резкой обедненности изученных гранитоидов редкометальными акцессорными минералами, петрохимическом их облике и т. д. В то же время в становлении Кохбского и Банушского массивов большое значение имели также процессы ассимиляции кислого материала, обусловившие, в частности, повышенные концентрации таких характерных для гранитных магм элементов, как Sn (в Кохбском и Банушском массивах) и W (в Кохбском массиве) при наличии акцессорного шеелита. В случае принятия в качестве механизма формирования отмеченных массивов лишь дифференциации исходной базальтовой магмы, столь повышенные концентрации отмеченных элементов, как и ряд других особенностей их вещественного состава, не находят удовлетворительного объяснения.

Основные выводы

1. Содержание Li, Rb, Tl в Ахпатском, Кохбском и Банушском массивах значительно понижены по сравнению с соответствующими кларками и наиболее близки к кларкам основных пород.

2. От более древних массивов к молодым наблюдается отчетливое обогащение Li и Tl; для Rb отмеченная закономерность не выдерживается.

3. Исходной для рассмотренных интрузивов являлась в пределах автономных магматических очагов гибридизированная базальтовая магма, ассимилировавшая кислый материал.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 6.III.1969.

Ռ. Լ. ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ

ԼԻԹԻՈՒՄԻ, ՌՈՒԲԻԴԻՈՒՄԻ ԵՎ ՏԱԼԻՈՒՄԻ ԲԱՇԽՄԱՆ ՕՐԻՆԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ԱՎԱՎԵՐԴՈՒ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆԻ ԳԵՈՍԻՆԿԼԻՆԱԼԱՅԻՆ
ԻՆՏՐՈՒԶԻՎ ՖՈՐՄԱՅԻՍՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հազվագյուտ էլեմենտների (Li, Rb, Tl) բաշխման օրինաչափությունների ուսումնասիրումը Ալավերդու հանքային շրջանի ինտրուզիվ զանգվածներում ցույց է տալիս հետևյալը՝ 1) Li, Rb և Tl պարունակությունները Հախապատի, Կողբի և Բանուշի ինտրուզիաներում խիստ ցածր են և առավել մոտ են հիմնային ապարներին հատուկ միջին պարունակություններին:

2) Li և Tl պարունակությունները աճում են հնից դեպի երիտասարդ հատակի ինտրուզիաները, սակայն նշված օրինաչափությունը Rb-ի համար չի պահպանվում:

3) Ալավերդում հանքային շրջանի ինտրուզիաների մագմատիկ հալոցքը սկզբում ունեցել է բաղալտոդային կազմ իսկ հետագայում ասիմիլյացիայի է ենթարկել թթու կազմի առաջացումներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Беус А. А. О распределении лития в магматических породах. «Геохимия», № 8, 1964.
2. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. «Геохимия», № 7, 1962.
3. Воскресенская Н. Т., Титкова Н. Ф., Шуляковская Н. С., Цзинь Цуй-ин. К геохимии таллия, рубидия и лития в магматическом процессе. «Геохимия», № 7, 1962.
4. Габриелян А. А., Багдасарян Г. П., Джрбашян Р. Т., Карапетян К. И., Меликсетян Б. М., Мелконян Р. Л., Мнацаканян А. Х. Основные этапы геотектонического развития и магматической деятельности на территории Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XXI, № 1—2, 1968.
5. Демин А. М., Хитаров Д. Н. Геохимия калия, рубидия и таллия в приложении к вопросам петрологии. «Геохимия», № 6, 1958.
6. Джрбашян Р. Т., Меликсетян Б. М., Мелконян Р. Л. О магматических формациях альпийского тектоно-магматического цикла (Армянская ССР). Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XX, № 4, 1967.
7. Злобин Б. И., Лебедев В. И. Геохимические связи лития, натрия, калия, рубидия и таллия в щелочной магме и их некоторое петрогенетическое значение. «Геохимия», № 2, 1960.

8. Коптев-Дворников В. С., Негрей Е. В. Редкие щелочи (Rb, Cs, Li) в гранитовых комплексах Центрального Казахстана. В сб. «Вопросы петрографии Казахстана». Изд. «Наука», М., 1966.
9. Кузьмин М. И., Клепикова Е. А., Петров Л. Л., Рощупкина О. С., Таусон Л. В. и Хлебникова А. А. Поведение редких элементов при становлении гипабиссальных гранитных интрузий. В сб. «Геохимия редких элементов в изверженных горных породах». Изд. «Наука», М., 1964.
10. Мелконян Р. Л. О взаимоотношении эффузивного и интрузивного магматизма (на примере юрско-неокомского магматизма Алавердского рудного района). Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XIX, № 1—2, 1966.
11. Овчинников Л. Н., Траянова М. В. Закономерности распространения рубидия в изверженных и метаморфических породах Урала и их геологическое значение. «Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала», т. I, Свердловск, 1963.
12. Таусон Л. В. Геохимия редких элементов в гранитоидах. Изд. АН СССР, М., 1961.
13. Эфендиев Г. Х., Гейдаров А. С., Мустафаев Г. В. К геохимии лития, рубидия и цезия в гранитоидах Малого Кавказа. Известия АН Азерб. ССР, сер. геол.-геогр. н., № 3, 1965.