

УДК 550.42:553.252.1

ГЕОХИМИЯ

Член-корреспондент АН СССР Л. В. ТАУСОН

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ ГРАНИТОИДОВ

В настоящее время большинство исследователей признает возможным образование гранитов тремя различными путями.

Основная масса гранитоидов, особенно в фанерозое, образовалась, по-видимому, в результате палингенного плавления вещества континентальной коры. Меньшая их часть, развитая преимущественно в подвижных поясах, могла образоваться в результате дифференциации магм основного или среднего состава, возникших вследствие селективного выплавления из вещества верхней мантии Земли. Наконец, некоторое количество гранитоидов, вероятно более значительное на ранних этапах геологической истории Земли, могло возникнуть в результате ультраметаморфизма и гранитизации пород кристаллического основания континентальной коры.

Однако разделение гранитоидов на такую триаду оказывается недостаточным для выявления их геохимических типов, так как палингенные гранитоиды, а также граниты, являющиеся производными базальтоидных

Таблица 1

Редкоэлементный состав гранитоидов различных геохимических типов

	Плагиограниты толеитового ряда	Плагиограниты известково-ще- лочного ряда	Аплатитовые редкометаль- ные граниты	Граниты монцо- нитового ряда	Палингенные гранитоиды известково-ще- лочного ряда	Плюмазитовые редкометаль- ные граниты	Палингенные гранитоиды щелочного ряда	Редкометаль- ные граниты щелочного ряда	Ультраметамор- фические гра- ниты	Средний гранит (по А. П. Вино- градову ⁽¹⁾)
Содержание в %										
K	0,5	1,9	3,8	4,0	3,3	4,0	4,3	3,8	5,4	3,3
Na	3,2	3,0	3,2	3,8	2,9	2,8	4,2	4,1	2,5	2,8
F	0,015	0,07	0,09	0,08	0,08	0,30	0,65	0,09	0,014	0,08
Содержание в мкг/г										
Li	2	12	37	31	36	97	20	52	8	40
Rb	4	53	140	135	140	400	110	270	140	200
Be	0,6	0,8	5,1	3,9	3,5	6,8	1,7	4,8	0,6	5,5
Sr	190	390	8	750	300	100	350	170	420	300
Ba	180	670	55	1600	750	200	1090	500	1600	830
Sn	2,7	4,3	7,2	4,1	5,3	6,3	4,6	5,7	2,6	3,0
W	—	—	1	—	2,0	4,1	1,7	2,1	0,7	1,5
Mo	—	—	—	2,0	1,6	1,4	2,0	1,8	1,4	1,0
Zn	70	60	75	55	45	57	63	43	43	60
Pb	4,4	9,5	20	27	25	30	13	20	14	20
Zr	50	160	1500	—	200	260	—	—	240	200
Hf	1,1	4	45	—	—	9,3	—	—	—	1
Nb	1,6	2,1	29	—	20	22,6	—	—	15	20
Ta	0,6	0,4	3,7	—	3,5	4,0	1,4	—	0,8	3,5
TR + Y	—	135	500	—	210	420	—	—	220	185
Отношения содержаний										
K/Rb	1250	360	270	300	240	1000	390	140	390	170
Ba/Rb	45	13	0,4	12	5	0,5	10	1,9	12	4,1
Ba/Rb	41	70	2,7	60	30	7	84	25	114	41

магм, могут весьма значительно различаться в пределах одной генетической группы.

Накопившиеся в последние два десятилетия данные по геохимии редких элементов в изверженных горных породах дают возможность подойти к созданию более полной геохимической систематики гранитоидов, учитывающей не только их состав, но также особенности геологического положения и генезиса.

Анализ имеющихся наблюдений позволяет выделить девять геохимических типов гранитоидов. В табл. 1 для характеристики редкоэлементного состава выделяемых типов гранитоидов использованы данные по конкретным комплексам гранитоидов, которые могут рассматриваться как типичные для своей группы.

Первые четыре типа гранитоидов: плагиограниты толеитового ряда, плагиограниты известково-щелочного ряда, агапитовые редкометалльные граниты и граниты монзонитового ряда, — вероятнее всего, являются кислыми дифференциатами основных магм, селективно выплавленных на разных уровнях верхней мантии. Четыре других типа: палингенные гранитоиды известково-щелочного ряда, плюмазитовые редкометалльные граниты, палингенные гранитоиды щелочного ряда и редкометалльные граниты щелочного ряда — составляют группу палингенных гранитоидов, образовавшихся в различных геологических средах. Наконец, последний тип — ультраметаморфических гранитоидов — объединяет породы, которые, по-видимому, образовались при процессах гранитизации.

Разнообразие гранитоидов, являющихся кислыми производными базальтоидных магм, стало выявляться только в последние годы. Изучение базальтоидных и андезитовых серий показало, что среди селективных выплавов из мантийного вещества можно выделить несколько исходных магм: толеитовую, известково-щелочную, Na-щелочную и K-щелочную.

При этом было показано, что толеитовые магмы генерируются в верхних частях астеносферы, в наибольшей близости к глубоководным желобам; известково-щелочные базальтоиды — в средних частях зон Бенюфа и поэтому проявляются на земной поверхности на некотором удалении от глубоководных желобов, в сторону континента. В корневых частях зон Бенюфа генерируются щелочные базальтоиды, в том числе и наиболее интересные из них K-щелочные базальтоиды. Они удалены от глубоководных желобов в сторону континента на наибольшие расстояния.

Гранитоиды, которые могут рассматриваться как кислые производные толеитовых магм, открыты сравнительно недавно.

В 1970 г. Д. Б. Гилл ⁽²⁾, на примере серии Вити Леву (о-ва Фиджи), описал толеиты островных дуг. Среди пород этой серии им были встречены очень кислые тоналиты (SiO_2 75,32%), характеризовавшиеся весьма своеобразным редкоэлементным составом, и прежде всего чрезвычайно низкими содержаниями K, Rb и Pb.

В 1970—1971 гг. Э. И. Пополитов и Т. М. Философова ⁽³⁾ установили, что в пределах раннекаледонского Западно-Саянского энгеосинклинального трога наряду с основными и ультраосновными породами распространены интрузии достаточно кислых плагиогранитов (SiO_2 73,16%) с тем же специфическим набором редких элементов, что и тоналит Вити Леву. Эти плагиограниты майнского комплекса взяты нами как эталон плагиогранитов толеитового ряда. Механизм образования этих пород пока неясен. Однако их редкометалльный состав настолько своеобразен, что выделение их в самостоятельный геохимический тип представляется вполне оправданным.

Плагиограниты известково-щелочного ряда, наблюдаемые обычно в составе габбро-диорит-плагиогранитных серий ⁽⁴⁾, известны достаточно широко. В данной работе за эталон плагиогранитов известково-щелочного ряда приняты гранитоиды главной интрузивной фазы таннуольского комплекса.

Как видно из табл. 1, плагиограниты известково-щелочного ряда по редкоэлементному составу существенно отличаются от плагиогранитов толейтового ряда. Это, прежде всего, касается содержаний Т, Rb, Sr и Ba.

В последние годы в Восточной Монголии и Восточном Забайкалье были открыты два типа гранитоидов, отличающихся необычным редкоэлементным составом и связанных с щелочными базальтоидными магмами. Первые из них — агпайтовые редкометалльные граниты — открыты и изучены В. И. Коваленко и др. ⁽⁵⁾ в Гоби (МНР), где они образуют поздние интрузивные фазы в массивах щелочных гранитоидов, связанных генетически и пространственно с интрузиями щелочных базальтоидов. Особенности минерального состава этих гранитов дают основание предполагать, что их материнские расплавы отличались низким уровнем концентраций воды при сравнительно высоком уровне содержаний F. Для этого типа гранитов наиболее примечательны самые низкие среди гранитов концентрации Sr и Ba и самые высокие содержания Zr, Hf, Nb и TR.

В последние годы внимание многих исследователей привлекли щелочные базальтоиды, обогащенные К. В Восточном Забайкалье эти высококальцевые щелочные базальтоиды образуют акатуевский вулканоплутонический комплекс и нерзаводской вулканический комплекс. Кислые дифференциаты акатуевского комплекса монцонитоидов представлены граносиенитами и даже нормальными гранитами. Характерной особенностью редкоэлементного состава монцонитов и их кислых производных — гранитоидов монцонитового ряда — является весьма высокое содержание в них Sr и Ba, а также высокий уровень содержаний таких элементов, как F, Be, Pb и др. (см. табл. 1).

Следует указать, что в Приаргунье граниты монцонитового ряда, по-видимому, были дегазированы еще на магматической стадии. В их базальтоидных прещественниках содержание F обычно значительно выше, 0,12—0,13%, а в некоторых эффузивных фациях (латиты нерзаводского комплекса) достигают даже 0,21%. В связи с этим можно предполагать, что при дифференциации в более глубоко расположенных камерах образующиеся кислые производные будут отличаться достаточно высокими уровнями содержания F.

Систематизация палингенных гранитоидов произведена на несколько иной основе. Изучение палингенных гранитоидов Восточной Сибири выявило значительные различия между гранитоидами, развитыми в зонах древней консолидации с сильно метаморфизованным субстратом, и гранитами, образовавшимися в областях молодой складчатости. Последние отличаются меньшим метаморфизмом исходного субстрата. Эти различия особенно проявляются в уровнях содержания летучих, прежде всего воды и F ⁽⁶⁾. Отличающиеся более высоким содержанием летучих палингенные гранитоиды известково-щелочного ряда обычно образуют крупные абиссальные и мезоабиссальные батолиты на стадии инверсии складчатых областей и распространены очень широко. В качестве примера палингенных гранитоидов известково-щелочного ряда были взяты граниты главной фазы триасового Кыринского мезоабиссального батолита в Восточном Забайкалье.

При глубокой дифференциации крупных, преимущественно абиссальных, батолитов палингенных гранитоидов известково-щелочного ряда могут образовываться кислые гранитные расплавы, резко обогащенные К, H₂O, F и связанными с ним редкими элементами. Эти расплавы, внедряясь в верхний структурный этаж, образуют гипабиссальные интрузии гранитоидов, которые, в связи со специфичностью состава и их особым металлогенетическим значением, выделяются в самостоятельный тип плюмазитовых редкометалльных гранитов. Они отличаются самым высоким среди гранитов уровнем содержания летучих (0,3% F), интенсивным накоплением Li, Rb, Be, Sn, W и т. д. Для характеристики этого типа гранитов были использованы данные по геохимии гранитоидов кукульбейско-хоралгинского комплекса Восточного Забайкалья ⁽⁶⁾. К этому же типу могут быть отне-

сены рудогорские граниты Чехословакии (⁷) и литий-фтористые граниты Восточной Монголии (⁵).

Палингенные гранитоиды, образующиеся в областях древней консолидации за счет плавления интенсивно метаморфизованного субстрата, выделяются в тип палингенных гранитов щелочного ряда. Для них характерен низкий уровень концентрации летучих, высокое содержание щелочей, а также пониженное содержание Li, Rb, Be и Pb. Как и палингенные известково-щелочные гранитоиды, они встречаются в виде мезоабиссальных и абиссальных батолитов, занимая иногда значительные площади. В качестве примера этого типа могут служить гранитоиды амананского комплекса в Восточном Забайкалье.

При глубокой и длительной дифференциации в батолитовых очагах палингенных гранитов щелочного ряда могут образовываться гранитные расплавы, обогащенные рядом редких элементов. В верхних структурных этажах эти граниты образуют гипабиссальные интрузии и выделяются нами в самостоятельный тип редкометальных гранитов щелочного ряда. В настоящей работе в качестве эталона данного типа использованы гранитоиды гуджирского комплекса Восточного Забайкалья (⁶).

Последним геохимическим типом гранитов являются ультраметаморфические гранитоиды, образовавшиеся, вероятно, в результате выплавления гранитных расплавов из глубоко метаморфизованных и метасоматически гранитизированных пород кристаллического основания континентальной коры. Ультраметаморфические гранитоиды обычно широко развиты в пределах древних кристаллических щитов и характеризуются нечеткими и сложными контактами с вмещающими их гнейсами и мигматитами.

Вне зависимости от состава исходного метаморфического субстрата, для этих гранитоидов характерно весьма низкое содержание летучих (F 0,014%), Li, Be и Ta, а также повышенное содержание Ba и Sr. В качестве эталона этого типа гранитов могут служить архейские гранитоиды Алдана (⁸).

Как видно из табл. 1, описанные геохимические типы гранитоидов различаются, прежде всего, по содержанию летучих и типичных «гранитных» элементов (Li, Rb, Be, Sr, Ba, Zr, Hf, Nb, Ta и TR). Содержания рудных элементов, и особенно Sn, Mo и Zn, различаются в них незначительно.

Естественно, что дальнейшей задачей является расширение круга изучаемых элементов и определение средних содержаний редких элементов в выделенных типах гранитов путем обобщения данных по редкоэлементному составу комплексов гранитоидов из разных районов.

Институт геохимии
Сибирского отделения
Академии наук СССР
Иркутск

Поступило
15 V 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. П. Виноградов, Геохимия, 1962, стр. 555. ² J. B. Gill, Contr. Mineral. and Petrol., v. 27, 179 (1970). ³ Э. И. Пополитов, Т. М. Философова, Ежегодник Инст. геохимии Сиб. отд. АН СССР, 1971, Новосибирск, 1972, стр. 83. ⁴ Ю. А. Кузнецов. Главные типы магматических формаций, 1964. ⁵ В. И. Коваленко и др., В кн.: Редкометальные гранитоиды Монголии, «Наука», 1971. ⁶ Л. В. Таусон и др., Ежегодник Инст. геохим. Сиб. отд. АН СССР, 1970, Новосибирск, 1971, стр. 116. ⁷ В. И. Зоубек и др., Ежегодник Инст. геохим. Сиб. отд. АН СССР, 1971, Новосибирск, 1972, стр. 48. ⁸ З. И. Петрова и др., Сборн. Проблемы петрологии и геохимии гранитоидов, Свердловск, 1971, стр. 148.