

**К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ РАДИОАКТИВНОСТИ
АКЦЕССОРНОГО СФЕНА НА ПРИМЕРЕ ПОРОД
ЭЛЕКМОНАРСКОГО МНОГОФАЗНОГО ГРАНИТОИДНОГО
МАССИВА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

А. И. БАЖЕНОВ

(Представлено профессором А. М. Кузьминым)

Геохимия редких и рассеянных элементов (в том числе и радиоактивных) в последнее время привлекает к себе внимание все большего числа геохимиков, петрографов и минерологов. Это обстоятельство связано, в частности, с тем, что названные элементы пытаются использовать для решения многочисленных важных теоретических проблем в различных областях геологии. Распределению урана и тория в гранитоидных породах посвящены довольно многочисленные работы, касающиеся радиоактивности пород отдельных регионов, а также концентрации их в акцессорных и породообразующих минералах гранитоидов и формы вхождения в решетки минералов-концентраторов. Следует при этом отметить, что взгляды исследователей на то, какие минералы концентрируют уран и торий в гранитоидных породах, различны. Согласно данным Бира и Демая [2], почти весь уран находится в акцессорных минералах; по мнению других исследователей [1, 3, 4, 5], большая роль отводится неизоморфной форме вхождения его в кристаллические решетки породообразующих минералов¹⁾. Л. Л. Леонова и Л. В. Таусон [2] показали, что в породах даже одного гранитоидного батолита роль концентраторов урана выполняют как породообразующие минералы, содержащие 40—50%, так и акцессории — 60—50% этого элемента. В различных породах описываемого Л. Л. Леоновой и Л. В. Таусоном Сусамырского батолита (Центральный Тянь-Шань) акцессорный сфен может концентрировать от 6,7 до 37% всего количества урана. Для пород каждой интрузивной фазы содержание урана в акцессориях является величиной достаточно постоянной, на основании чего авторы делают вывод о том, что на больших площадях средний состав гранитоидов данной фазы и условия ее формирования были довольно постоянными. Поэтому не случайно в работах по геохимии урана и тория, так

¹⁾ В случае неизоморфного вхождения химического элемента последний находится в виде преимущественного молекулярного рассеяния и не занимает определенного (закономерного) места в пространственной решетке минерала-хозяина. Элемент-примесь приурочивается к трещинам спайности, границам зон роста кристаллов или относительно равномерно распределен в минерале-концентраторе [4].

же как и по геохимии других элементов-примесей, приводятся количественные значения исходя из предпосылки, что содержания последних в породах конкретной фазы представляют собой постоянную величину.

В предлагаемой работе излагаются некоторые выводы, полученные автором в результате изучения геохимии и петрографии многофазного Элекмонарского гранитоидного массива, расположенного в бассейне среднего течения р. Катунь. Указанный интрузив прекрасно вскрывается на глубину около 800 м долинами правых притоков р. Катунь — рр. Куюм, Элекмонар, Куба и др. В строении плутона отчетливо выделяются породы четырех интрузивных фаз, состав которых изменяется в направлении от основных к кислым: 1. Габбро и пироксениты. 2. Диориты (роговообманковый, биотит-роговообманковый диориты, лейкодиорит). 3. Гранодиориты (в эндоконтактовых участках развиваются также порфировидные, порфировые и мелкозернистые разновидности). 4. Граниты, в подчиненных количествах появляются гранодиориты и аляскииты. Характеристика дайкового комплекса здесь не приводится.

Породы различных фаз пользуются неодинаковым распространением: площади, занятые ими, увеличиваются в направлении к более юным образованиям.

В составе диоритоидных пород второй фазы иногда появляются участки, содержащие шлировые включения (размером не более $0,15 \times 0,25$ м) с пегматоидной структурой.

Вещественный состав интрузивных образований в горизонтальных сечениях массива сохраняется постоянным на значительных расстояниях; лишь в эндоконтактовых участках развиваются гибридные разновидности, обусловленные процессами ассимиляции и контаминации вмещающих пород. Такое постоянство количественно-минералогического состава пород, вероятно, обусловлено выдержанностью термодинамических условий формирования интрузива.

Изучение вертикальных разрезов интрузивного массива на площадях, сложенных гранодиоритами третьей и особенно гранитами четвертой фазы, показывает закономерную эволюцию пород в сторону их базификации с глубиной. Это проявляется в увеличении роли породообразующих минералов с относительно более высоким удельным весом, а также фемических силикатов. В связи с этим повышается основность плагиоклазов, содержание железа в биотитах, уменьшается количество кварца и калиевого полевого шпата. В изменении пород намечается тенденция к переходу с глубиной гранодиорита в кварцевый диорит, а гранита — в плагиогранит или гранодиорит. Эволюция количественно-минералогического состава гранита четвертой фазы с глубиной показана в табл. 1.

С целью исследования закономерностей распределения акцессорных минералов и редких и рассеянных элементов в породах Элекмонарского массива в горизонтальных и вертикальных сечениях последнего отбирались пробы весом 3 кг (1 дм^3), которые измельчались до размера частиц в 0,1 мм, после чего следовала тройная отмывка до получения серого шлиха. Дальнейшая разделка последнего осуществлялась по обычной методике. В горизонтальном направлении пробы отбирались через 1 км, в вертикальных сечениях — через 200 м, а в одном разрезе — через 40 м.

Из числа аксессуаров во всех породах описываемого интрузива сфен является постоянным и одним из наиболее обильных минералов. В предлагаемом сообщении не приводятся данные о распределении сфена, поскольку этот вопрос рассматривается специально. Здесь же можно лишь отметить, что концентрация сфена контролируется общим направлением изменения химизма магматических образований плутона.

Определение радиоактивности акцессорного сфена выполнено В. А. Янковским при следующих условиях: каждая проба измерялась в течение 10 минут: объем стаканчика $0,04 \text{ см}^3$, плотность насыпки $\rho = 1,8$; поправка за нелинейную зависимость скорости счета импульсов от веса пробы (для нескольких проб из гранодиорита) внесена по кривой, отстроенной по 4 эталонным пробам весом 100, 200, 300 и 400 мг.

Таблица 1

Изменение количественно-минералогического состава гранита юной фазы
Элекмонарского массива в вертикальном направлении

Название минерала	Содержание породообразующих минералов, объемные %				
	Относительные отметки точек отбора образцов, м				
	0	200	400	600	800
Плагиоклаз	53,0	44,3	32,5	19,8	7,5
Микроклин-микропертит	10,0	19,9	32,8	45,9	60,0
Кварц	22,0	24,3	26,4	28,9	30,0
Биотит	12,5	10,0	7,3	4,4	2,0
Роговая обманка	1,0	ед. зерн.	ед. зерн.	—	—
Акцессорные минералы	1,5	1,5	1,0	1,0	0,5

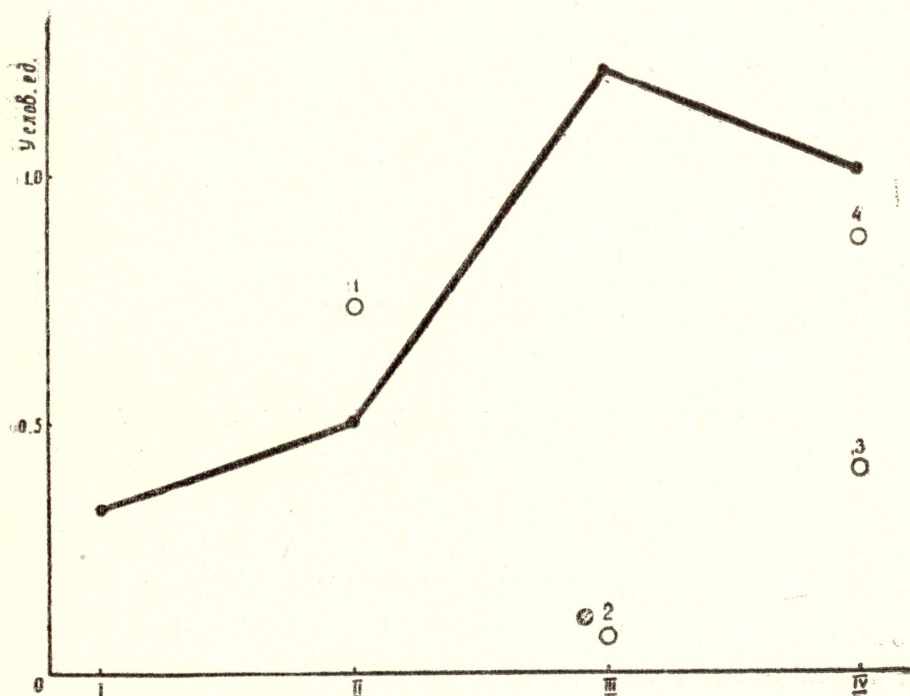


Рис. 1. Радиоактивность акцессорного сфена (в условных единицах) в породах различных интрузивных фаз и в эндоконтактовых образованиях Элекмонарского гранитоидного массива.

I — габбро первой фазы. II — диорит второй фазы. 1 — диорит из пегматоидных шпир. III — гранодиорит третьей фазы. 2 — гранодиорит из контакта с гранитом четвертой фазы. IV — гранит четвертой фазы. 3 — гранит из контакта с гранодиоритом третьей фазы. 4 — гранит из контакта с роговиком.

Средняя радиоактивность сфена из пород различных интрузивных фаз характеризуется (рис. 1) следующими величинами (в условных единицах): габбро — 0,33; диорит — 0,5; диорит из пегматоидных шпир — 0,73; гранодиорит — 1,20; гранит — 1,0. Таким образом, выявляется определенное увеличение радиоактивности в продуктах более поздних магматических фаз.

Радиоактивность сфена из эндоконтактовых участков интрузива, вне зависимости от состава контактирующих образований, во всех случаях ниже радиоактивности соответствующих пород (рис. 1): сфен из эндоконтактового гранодиорита (третьей фазы) имеет радиоактивность лишь 0,07 условных единиц, из гранита в контакте с гранодиоритом — 0,4 условных единиц, а в случае контакта с роговиком — 0,86 условных единиц.

В горизонтальных сечениях интрузива радиоактивность описываемого материала характеризуется довольно устойчивыми показателями, специфичными для пород каждой интрузивной фазы.



Рис. 2. Изменение радиоактивности акцессорного сфена (в условных единицах) из гранита четвертой интрузивной фазы в вертикальном разрезе Элекмонарского массива.

Точками показана радиоактивность сфена из отдельных проб.

В вертикальном направлении радиоактивность сфена из гранита изменяется совершенно закономерно (рис. 2), при этом резко увеличивается (почти в 50 раз) радиоактивность в верхних горизонтах интрузива. Следует отметить, что изменение радиоактивности по вертикали не прямолинейное: при движении снизу вверх первые 200 м имеет место прямая зависимость — в среднем возрастая на 1,4 условных единицы на каждые 100 м подъема, в верхней части интрузива выявляется резкое увеличение этого показателя до 7,5 условных единиц на 100 м подъема. Нужно особо подчеркнуть, что изучение вещественного состава маг-

матических образований Элекмонарского массива не дает каких-либо оснований полагать, что на глубине около 200—300 м происходит резкое изменение химизма. Наоборот, весь имеющийся материал, касающийся изменения химического состава породообразующих и акцессорных минералов и их свойств, убедительно свидетельствует об аддитивном характере эволюции последних.

Выводы

1. В составе магматических образований Элекмонарского интрузивного массива выделяются породы четырех фаз (в порядке формирования от ранних к более юным): 1. Габбро и пироксениты. 2. Диориты. 3. Гранодиориты. 4. Граниты.

2. Вещественный состав пород описываемого массива в горизонтальном направлении сохраняется довольно постоянным. В вертикальных сечениях устанавливается закономерное изменение пород с глубиной в направлении перехода гранодиорита третьей фазы в диориты, а гранитов четвертой фазы — в плагиогранит или гранодиорит. В эндоконтактных участках интрузива развиваются гибридные образования.

3. Сфен, являясь одним из наиболее распространенных минералов во всех разностях пород Элекмонарского массива, распределен в вертикальных сечениях неравномерно, тогда как в горизонтальных сечениях выявляются незначительные отклонения от средних величин.

4. Сфен в породах Элекмонарского массива обладает заметной радиоактивностью, причем величина последней (в условных единицах) является довольно постоянной для пород каждой фазы. Выявляется закономерное увеличение радиоактивности его в породах более поздних фаз, что свидетельствует о накоплении радиоактивных элементов в продуктах поздних магматических образований.

Сфен из гибридизированных пород эндоконтактных участков всегда имеет радиоактивность ниже, чем минерал из пород соответствующей фазы. Радиоактивность сфена в этих условиях мало зависит от состава контактирующих образований.

5. В вертикальном направлении выявляется закономерное увеличение радиоактивности в верхней части интрузива, достигая максимума в его апикальной области. Радиоактивность сфена изменяется (в отличие от характера изменения вещественного состава пород и радиоактивности других акцессориев) не аддитивно. Вследствие этого в верхней части интрузивного массива фиксируется резкое увеличение радиоактивности, тогда как в более глубоких участках выявляется последовательное уменьшение этого свойства. На графике кривая радиоактивности имеет отчетливый перегиб; следует при этом отметить, что, например, радиоактивность акцессорного циркона находится в прямой зависимости от глубины. Появление такого перегиба на кривой радиоактивности сфена из гранитов Элекмонарского массива, по-видимому, обусловлено тем, что здесь эрозионный срез невелик и вскрывается апикальная часть интрузива. Поэтому, весьма вероятно, этот перегиб соответствует границе последней. Следует в дальнейшем проверить это предположение на сфене из пород других интрузивных массивов, находящихся в аналогичных условиях (небольшая глубина эрозионного среза и сохранность их апикальных частей). Если оно окажется справедливым, то сфен может быть использован в качестве удобного индикатора для фиксации апикальной части интрузивного массива и, следовательно, глубины эрозионного среза последнего.

6. Изменение радиоактивности сфена в породах Элекмонарского гранитоидного массива находится в соответствии с выводами Л. В. Таусона [4] и других исследователей о концентрации радиоактивных элементов (преимущественно урана) в продуктах последующих (более молодых) интрузивных фаз.

7. При изучении закономерностей распределения радиоактивных элементов в породообразующих и акцессорных минералах интрузивных образований необходима гипсометрическая привязка точек отбора проб; при отсутствии последней интерпретация результатов геохимических исследований не только в значительной степени осложняется, но может явиться причиной неправильных заключений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларсен Е. С., Фейер Д. и др. Уран в магматической дифференциации. Сб. «Геология атомных сырьевых материалов», 1956.
2. Леонова Л. Л., Таусон Л. В. Распределение урана по минералам каледонских гранитоидов Сусамырского батолита (Центральный Тянь-Шань). Геохимия, № 7, 1958.
3. Нейерберг Дж. Уран в изверженных породах США. Сб. «Геология атомных сырьевых материалов», 1956.
4. Таусон Л. В. К геохимии урана в гранитоидах Черновинского массива (Горный Алтай). Геохимия, № 3, 1956.
5. Hurley P. M. Distribution of radioactivity in granites and possible relation to helium age measurement. Bull. of the Geol. Soc. of America, № 1, 1950.