

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОБРАЗОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВ ИЗ ПОРОД ГЛУБИННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А.К. Юханян, И.С. Аванесова

Национальный политехнический университет Армении

Изучаются петрохимические критерии образования базальтов из пород глубинного происхождения. На примере истощенности петрохимических элементов пород глубинного происхождения показано, что гранатовый лерцолит не может являться фактическим материалом для всех районов верхней мантии. Толеитовые базальты, составляющие базовую часть океанической коры, образовались в верхних зонах верхней мантии за счет частичного плавления офиолитовых гарцбургитов.

Ключевые слова: толеитовый базальт, щелочной базальт, гарцбургит, лерцолит, офиолит, верхняя мантия, земная кора.

Введение. Базальты слагают почти всю океаническую кору и чрезвычайно широко распространены на материках.

Все базальты, встречающиеся в океанической зоне, имеют приблизительно один и тот же химический и минералогический состав. Большую часть их можно разбить на две категории: толеиты, которые сравнительно богаты кремнеземом и бедны калием и другими щелочными элементами (например, 50% SiO₂ и 0,5% K₂O), и щелочные базальты, в которых меньше кремнезема, но больше щелочей (около 46% SiO₂ и 1...2% K₂O). Толеитовые базальты обычно приурочены к океаническим хребтам и другим районам с исключительно высокими температурными градиентами (местами около 100 °C/км); эти базальты образуются при частичном плавлении на сравнительно небольших глубинах. Щелочные базальты более характерны для океанических островов и возникают на больших глубинах (обычно 50...100 км) в районах с меньшими значениями температурного градиента (< 30 °C/км) [1].

Имеется и третий тип базальтов, распространенный в островных дугах и на континентальных окраинах андского типа. Это известково-щелочные базальты, называемые иногда высокоглиноземистыми из-за более высокого содержания Al₂O₃ (около 17%) по сравнению с другими базальтами (11...16%). В тех зонах, где встречаются известково-щелочные базальты, они обычно уступают по своему объему андезитам (лавы среднего состава, содержащие в среднем 55% SiO₂, также относящиеся к типу известково-щелочных пород). Предполагается,

что происхождение этих магм связано с обратным погружением океанической литосферы в глубокую мантию под океаническими и континентальными дугами.

Методы исследования. При одном из подходов к изучению состава верхней мантии возникает вопрос: из какого вещества могут образовываться базальты?

Происхождение базальтовых магм (от толеитовых до известково-щелочных) связано не только с геодинамической обстановкой земной коры, но и, в первую очередь, с неистощенным мантийным материалом, который при выплавке магмы был обеднен некоторыми химическими элементами. Предполагается, что петрологический раздел между океанической корой и верхней мантией расположен там, где слоистые перидотиты, образовавшиеся путем гравитационного осаждения в коровых магматических камерах, сменяются массивными перидотитами, составляющими часть верхней мантии. Исходя из указанных предположений, вероятными являются следующие породы глубинного происхождения [2]:

а) гарцбургиты, состоящие в основном из оливина (около 80%) с небольшим количеством ортопироксена (около 20%);

б) дуниты, состоящие почти целиком из оливина;

в) в меньшем количестве развиты лерцолиты, у которых опять преобладает оливин (около 60%), но с добавкой ортопироксена и клинопироксена (около 30%). Среди второстепенных компонентов – шпинель ($MgAl_2O_4$), гранат ($CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$) и плагиоклаз ($CaAl_2SiO_8$). Плагиоклаз обычно содержится (в небольших количествах) в офиолитовых лерцолитах.

Добавим к этому сведения о других материалах из верхней мантии и низов коры. Глубинные включения, или ксенолиты, встречающиеся в базальтах океанических островов и на некоторых внутриконтинентальных вулканах, имеют обычно размер 1...10 см [3]. Большинство из них считаются ксенолитами остаточного материала, т.е. кусками истощенной мантийной породы (оставшиеся после частичного плавления), которые были вынесены расплавом на поверхность из области образования этого базальтового расплава. Поскольку базальты поднимаются из разных по глубине горизонтов, то же самое следует предположить и об ультраосновных включениях. Эти включения не могут представлять свежий, неистощенный мантийный материал. Большинство из них обогащены оливином, который имеет наивысшую температуру плавления, т.е. является самым тугоплавким из главных мантийных минералов. Реже встречаются включения с существенно другим составом. Среди них замечено несколько видов лерцолитов, преимущественно шпинельсодержащих, которые присутствуют в щелочных базальтах [4].

Область выплавки этих базальтов лежит в диапазоне глубин 50...100 км [5]. С петрологической точки зрения, возникает вопрос: как эти различные образцы пород верхней мантии связаны между собой и с процессами частичного плавления?

Результаты исследования. Один из способов установления этой взаимосвязи – сравнение главных типов мантийных пород по химическому составу с тем, чтобы выделить остаточный и относительно неизменный материал. Для этого сопоставим осредненные данные четырех анализов: офиолитового гарцбургита, оливинового включения, гранатового лерцолита и океанического базальта (табл.). Эти данные образуют основу лишь для грубого сопоставления разных групп [6]. Сравнительный анализ химических составов показывает, что из трех возможных материалов мантийных пород гранатовый лерцолит стоит ближе всех к океаническому базальту, поэтому его можно считать наименее истощенным. Например, все те соединения, которые показывают в таблице наиболее различающиеся значения (TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O и K_2O), содержатся в расплаве в большем количестве, чем в остаточном материале.

Таблица

Типичный химический состав (в %) океанических базальтов и главных типов пород верхней мантии

Окиси химических элементов	Океанический базальт	Гранатовый лерцолит	Оливиновые включения	Офиолитовый гарцбургит
SiO_2	47,1	45,3	44,5	42,3
TiO_2	2,3	0,2	0,1	0,1
Al_2O_3	14,2	3,6	1,7	0,5
FeO	11,0	7,3	9,6	7,1
MnO	0,2	0,1	0,1	0,1
MgO	12,7	41,3	42,3	49,6
CaO	9,9	1,9	1,6	0,1
Na_2O	2,2	0,2	0,1	0,1
K_2O	0,4	0,1	0,04	0,005

Отношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}$ в указанных типах мантийных пород (рис.) показывает, что возможным видом исходной неистощенной мантийной породы, из которой могут выплавляться базальты, является гранатовый лерцолит.

Следуя показанной тенденции в обратном направлении, можно вывести состав остаточного материала. Содержание обоих окислов, взятых для построения графика, в гарцбургите достаточно мало, так что можно считать эту породу наиболее истощенным остаточным материалом мантии, чем оливиновые включения, которые истощены частично. Если бы вес K_2O , имеющегося в гранатовом лерцолите (0,1%), сконцентрировался в базальтовом расплаве (0,4%)

и практически исчез из остаточного материала (в гарцбургите только 0,005% K_2O), то содержание окиси калия должно было бы увеличиться в четыре раза. Этим определяется абсолютный максимум степени частичного плавления, необходимый для образования базальта с составом, показанным в таблице. Если учесть, что часть K_2O , содержащаяся в гранатовом лерцолите, может легко перейти в меньший объем расплава, оставляя исходную породу, только слегка обедненную калием, то частичное плавление гранатового лерцолита более чем на 25% не даст настолько богатого K_2O расплава, как в океаническом базальте. Однако следует отметить, что мантия повсюду расплавлена до определенной степени.

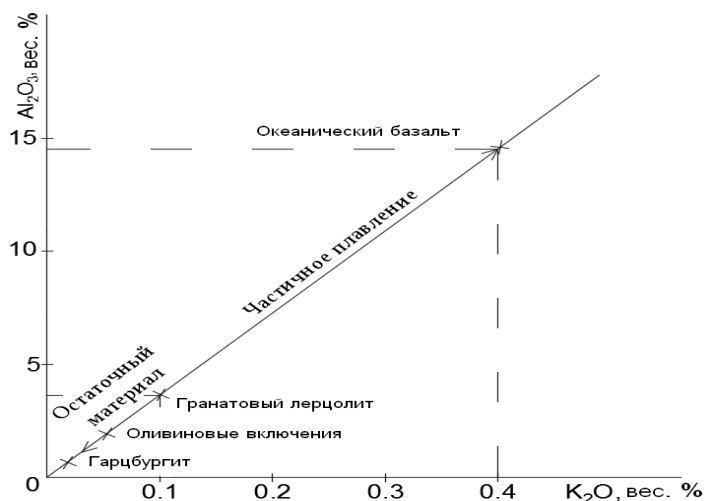


Рис. Отношение Al_2O_3/K_2O в различных типах мантийных пород и в океанических базальтах. Стрелками показаны направления, в которых развивается процесс частичного плавления и образования остаточного материала из гранатового лерцолита

Выводы. Проведенный сравнительный анализ составов мантийных пород и океанического базальта, а также базальтов различной генерации показывает:

- щелочные базальты содержат больше K_2O , чем толеиты, и, кроме того, они образуются на тех горизонтах, которые покрывают нормальную океаническую зону низких скоростей и в которых частичное плавление не превышает 5%;
- возможно, гранатовый лерцолит не типичен для всех районов верхней мантии, так как он входит в состав включений материковых кимберлитов;

- настолько обедненные K_2O и другими элементами гарцбургиты известны только в самых верхах мантии, изученной в офиолитовых комплексах; толеитовая океаническая кора была выделена на поверхности в условиях высоких температурных градиентов. Только в верхних зонах мантии могла быть достигнута максимальная степень плавления.

Литература

1. Тепловое поле земли и методы его изучения. - М.: РУДН, 2000. - 314 с.
2. Хэти Ф., Уэллс А., Уэллс М. Петрология магматических пород. - М.: Мир, 1975. - 236 с.
3. Геншафт Ю.С. Включения глубинных пород и минералов в магматических породах: Ретроспективный библиографический путеводитель. - М.: Наука, 1989. - 175 с.
4. Копилова М.Г., Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я. Гранат шпинелевые породы в кайнозойских базальтах Монголии // Докл. АН СССР. - 1990. - Т.312, N 2. - С. 459-464.
5. Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я. Физико-химическая динамика верхней мантии и образования щелочно-базальтовых магм // Строение и эволюция тектоносферы. - М.: ИФЗ АН СССР, 1987. - С. 151-170.
6. Колман Р.Г. Офиолиты. - М.: Мир, 1979. - 201 с.

*Поступила в редакцию 08.12.2014.
Принята к опубликованию 02.10.2015.*

ԽՈՐՔԱՅԻՆ ԾԱԳՄԱՄԲ ԱՊԱՐՆԵՐԻՑ ԲԱԶԱԼՏՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՊԵՏՐՈԳՐԻՄԻԱԿԱՆ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԸ

Ա.Կ. Յուխանյան, Ի.Ս. Ավանեսովա

Ուսումնասիրվում են խորքային ծագմամբ ապարներից առաջացած բազալտների պետրոքիմիական չափանիշները: Խորքային ծագում ունեցող ապարների պետրոքիմիական տարրերի աղքատացման աստիճանի օրինակով ցույց է տրված, որ նոնաքարային լերցույիտը չի կարող հանդիսանալ տիպական նյութ վերին մանթիայի բոլոր տեղամասերի համար: Տոլեիտային բազալտները, կազմելով օվկիանոսային կեղևի հիմքային մասը, առաջացել են վերին մանթիայի վերին հորիզոններում՝ ի հաշիվ օֆիոլիտային հարցբուրգիտների մասնակի հալման:

Առանցքային բառեր. տոլեիտային բազալտ, հիմնային բազալտ, հարցբուրգիտ, լերցույիտ, սֆիոլիտ, վերին մանթիա, երկրակեղև:

PETROCHEMICAL CRITERIA OF BAZALT FORMATION FROM ROCKS OF SUBTERRANEAN ORIGIN

A.K. Yuhanyan, I.S. Avanesova

The petrochemical criteria of basalt formation from rocks of subterranean origin are studied. Through the example of the exhaustion level of petrochemical elements of the rocks of subterranean origin, it is shown that lherzolite garments cannot be considered a typical material for all the locations of the upper mantle. Being the platform of the oceanic peel, tholeiitic basalts have originated in the upper territories of the upper mantle due to the fractional melting of ophiolitic harzburgites.

Keywords: tholeiitic basalt, alkaline basalt, harzburgite, lhercolit, ofiolit, upper mantle, the earth crust .