

УДК 552.321.6

ПЕТРОГРАФИЯ

В. А. КУТОЛИН

**К ВОПРОСУ О СОСТАВЕ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ В СВЯЗИ
С ИЗУЧЕНИЕМ УЛЬТРАОСНОВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В БАЗАЛЬТАХ**

(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 4 VIII 1969)

В последние годы в связи с изучением состава верхней мантии значительно усилился интерес к ультраосновным включениям в базальтах и кимберлитах. До последнего времени считалось, что эти включения представляют собой или ксенолиты вещества верхней мантии, в той или иной степени изменившей свой первоначальный состав после выплавления базальтовой магмы, или аккумулятивные накопления фенокристов оливина, пироксенов и граната; однако в последние годы в результате изучения нодулей в базальтах Антарктики ⁽¹⁾, Гавай ^(2, 3), Эйфеля ⁽⁴⁾, Минусы и Забайкалья (В. А. Кутولين и В. М. Фролова, неопубликованные данные) было установлено, что среди этих включений есть как аккумулятивные, так и мантийные образования. При этом с наибольшей достоверностью к ксенолитам верхней мантии относятся шпинелевые лерцолиты, которые, как известно, являются обычным типом включений в базальтах, а также присутствуют и в кимберлитах, хотя здесь они количественно уступают гранатовым перидотитам. Предположение о мантийном происхождении шпинелевых лерцолитов представляется нам наиболее приемлемым, и в дополнение к многочисленным аргументам, приведенным в его защиту ^(2, 3, 5, 6), необходимо отметить, в порядке полемики с теми исследователями, которые склонны считать шпинелевые перидотиты аккумулятами базальтов ^(7, 8), следующие факты:

1. Наличие лерцолитовых нодулей не только в базальтах, но и в кимберлитах и даже в феолитах ⁽⁹⁾. Совершенно очевидно, что базальты, кимберлиты и феолиты не могут дать одинаковые по составу аккумулятивные накопления.

2. Тонкие геохимические исследования, проведенные Грином с соавторами ⁽¹⁰⁾, Лэзго и Хачисоном ⁽¹¹⁾, а также Климаном и Купером ⁽¹²⁾, свидетельствуют о ксеногенной природе изученных ими включений лерцолитов.

3. Абсолютный возраст включений шпинелевых лерцолитов в базальтах Минусы оказался значительно большим, чем возраст вмещающих их базальтов ⁽¹³⁾.

4. Хром-диопсиды из включений лерцолитов представляют собой особый тип, отличающийся от клинопироксенов всех других пород ⁽¹⁴⁾. Так, от клинопироксенов гипербазитовой и габбро-пироксенит-дунитовой формаций они отличаются повышенным содержанием натрия и Al^{VI} , а также хрома, при пониженном содержании кальция, а от фенокристов клинопироксена в базальтах континентальной оливин-базальтовой формации — повышенной магнезиальностью и хромистостью, при пониженном содержании глинозема. Характерно, что наибольшую близость по химическому составу эти хром-диопсиды обнаруживают к клинопироксенам из включений гранатовых перидотитов в кимберлитах.

При изучении ультраосновных включений в базальтах Минусы и Забайкалья нами было установлено, что шпинелевые лерцолиты образуют здесь единую генетическую группу с вебстеритами. Между этими группами пород существуют постепенные переходы в минеральном составе, а клинопироксен в них представлен хром-диоксидом. Эти черты резко отличают описываемые вебстериты от встреченных здесь же черных клинопироксенитов, пироксен которых представлен бедной хромом, но богатой глиноземом и титаном разновидностью. Иногда в этих клинопироксенитах встречаются структуры, свидетельствующие об их аккумулятивном происхождении, которое, по нашему мнению, наилучшим образом объясняет особенности их состава. В противоположность этому, вебстериты, составляющие единую группу с шпинелевыми лерцолитами, логично считать, так же как и эти последние, ксенолитами вещества верхней мантии. По литературным данным, пироксенитовые нодулы в базальтах, по-видимому являющиеся не аккумулятами, а мантийным материалом, известны в Новом Южном Уэльсе⁽⁵⁾, на Дальнем Востоке⁽¹³⁾, на Гавайских островах^(2, 3), в Юго-Западной Японии⁽¹⁶⁾ и в ряде других пунктов. Необходимо подчеркнуть, что в кимберлитовых трубках среди ксенолитов мантийного происхождения также есть все переходы по минеральному составу от гранатовых оливинитов через перидотиты с различным содержанием оливина до гранатовых пироксенитов (эклогитов) без сколько-нибудь существенного изменения состава ассоциирующих минералов в разных породах⁽¹⁷⁾, что свидетельствует о генетическом единстве включений перидотитов и пироксенитов в кимберлитах, как это предполагается нами для включений в базальтах.

Таким образом, если считать шпинелевые и гранатовые лерцолиты из включений в базальтах и кимберлитах ксенолитами вещества верхней мантии, необходимо считать таковыми и связанные с ними включения пироксенитов. Поэтому в пределах верхней мантии, как на уровнях генерации базальтовой магмы, так и в более глубоких горизонтах, где формируются кимберлиты, наряду с перидотитами должны присутствовать и пироксениты. В настоящее время считается, что резкое преобладание в составе кимберлитовых и базальтовых нодул перидотитов свидетельствует о существенно перидотитовом составе подкорового субстрата; однако, по нашему мнению, это допущение нуждается в специальном обсуждении. Петрографическое изучение обнаруживает следующие факты, которые являются очень важными для решения указанного вопроса: 1) ультраосновные включения в процессе транспортировки на поверхность подвергаются сильному корродирующему воздействию со стороны базальтов; 2) минералы этих включений — оливин, пироксен, шпинель — обнаруживают неодинаковую устойчивость к агрессивному воздействию базальтового расплава.

Следы сильной коррозии включений базальтами весьма многочисленны. Обычно включения имеют округлую сглаженную форму, типичную для ксенолитов, острые углы которых подвергаются ассимиляции вмещающей породой в первую очередь. Как видно под микроскопом, многие включения, особенно более мелкие, пронизаны многочисленными жилками базальта, так что создается впечатление сильного пропитывания включений базальтовым материалом. Сами базальты нередко содержат большое количество ксенокристов оливина и пироксенов, которые представляют собой продукт полной дезинтеграции ультраосновных включений, причем эта дезинтеграция, судя по геологическим данным, протекает довольно быстро. Так Росс и др.⁽¹⁸⁾, а также Сахно и Денисов⁽¹⁵⁾ отмечают, что нодулы в базальтах присутствуют только вблизи от центров извержений, что свидетельствует о быстром уничтожении этих включений в процессе транспортировки. Интенсивную ассимиляцию ультраосновных включений базальтами описывали Гапеева (1955), Ямагухи⁽¹⁶⁾, Уилшир и Биннс⁽⁵⁾ и ряд других исследователей.

Наиболее стойким к корродирующему воздействию базальтов оказывается оливин, который подвергается лишь механическому дроблению. Пи-

роксены (особенно ортопироксен) и шпинель значительно уступают в этом отношении оливину, причем в хром-диопсиде обычно появляются многочисленные игольчатые зернышки новообразованного клинопироксена; ортопироксен замещается агрегатом из мелких округлых зернышек оливина, интерстиции между которыми заполнены коричневатым прозрачным стеклом кислого состава ($n = 1,450$) или продуктом его раскристаллизации — буроватым низкопреломляющим материалом, в котором различаются игольчатые кристаллиты, шпинель же становится непрозрачной, забиваясь оксидами железа.

Описанные факты показывают, что ультраосновные включения в процессе транспортировки на поверхность подвергаются значительному изменению, которое носит избирательный характер и состоит в преимущественной дезинтеграции пород, богатых пироксенами и шпинелью, вследствие чего доля этих пород в общей массе транспортируемых включений неуклонно уменьшается и, следовательно, увеличивается доля пород, обогащенных оливином. Поэтому пироксениты и шпинелевые пироксениты имеют значительно меньше шансов уцелеть и попасть в руки исследователей, чем дуниты и перидотиты. То опробование, которому подвергается верхняя мантия базальтовыми вулканическими аппаратами и кимберлитовыми трубками, является опробованием со смещением, степень которого зависит от интенсивности процесса дезинтеграции нодулей. Выше уже отмечалось, что, судя по геологическим данным, скорость ассимиляции ультраосновных включений базальтами достаточно велика.

Приведенные рассуждения делают весьма вероятным предположение о том, что в пределах верхней мантии, наряду с шпинелевыми и гранатовыми лерцолитами, может присутствовать значительное количество пироксенитов, которые сравнительно редко наблюдаются среди ультраосновных включений лишь потому, что успевают дезинтегрироваться во время транспортировки на поверхность. Необходимо подчеркнуть, что по сравнению с лерцолитами пироксениты содержат больше кремнезема, глинозема, кальция, титана и щелочей при значительно меньшем количестве магния. Таким образом, если допустить достаточно широкое распространение пироксенитов в верхней мантии, придется признать, что существующие оценки ее состава сильно занижены для кремнезема, глинозема, кальция, титана и щелочей и завышены для магния. Как известно, наибольшим признанием в настоящее время пользуется «пиrolитовая» модель Рингвуда, который считает, что средний состав мантии отвечает смеси из трех частей перидотита и одной части базальта. В связи с изложенным выше нам представляется, что доля базальтового состава в модели верхней мантии должна быть сильно увеличена по сравнению с оценкой Рингвуда.

Изложенное предположение о наличии в пределах верхней мантии значительного количества пироксенитов снимает ряд трудностей в интерпретации существующих фактов. Так, если считать верхнюю мантию состоящей исключительно из перидотитов, придется признать ее значительную однородность, даже учитывая возможные вариации в минеральном составе в зависимости от температуры и давления. Между тем геофизические данные свидетельствуют о наличии в верхней мантии значительных неоднородностей, которые легко объяснить, если принять, что верхняя мантия состоит из сложного чередования разнообразных перидотитов и пироксенитов, которые как переслаиваются друг с другом, так и сменяют друг друга в горизонтальном направлении.

Критический обзор современных экспериментальных исследований показал⁽¹⁸⁾, что при частичном плавлении вещества, имеющего состав среднего гранатового лерцолита или «пиrolита» по Рингвуду, будет образовываться расплав не базальтового, а пикритового состава, что привело к необходимости считать эту пикритовую магму родоначальной для базальтов⁽¹⁹⁾. Однако горные породы — продукты кристаллизации такой маг-

мы не были описаны ни в одной области базальтового вулканизма, что ставит под сомнение ее существование. В то же время, базальтовая магма может возникнуть при плавлении пироксенитов, которые, судя по их химическому составу, отвечают смеси из 60% базальта и 40% перидотита.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
28 VII 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. B. Forbes, *Bull. Volcanol.*, 26, 13 (1963). ² R. W. White, *Contr. Miner. and Petrol.*, 12, № 3 (1966). ³ E. D. Jackson, *Rep. 23 Sess. Intern. Geol. Congress*, 1, Prague, 1968, p. 135. ⁴ K. Aoki, I. Kushiro, *Contr. Mineral. and Petrol.*, 18, 326 (1968). ⁵ H. G. Wilshire, R. A. Binns, *J. Petrology*, 2, № 2 (1961). ⁶ J. L. Talbot, B. E. Hobbs et al., *Am. Mineralogist*, 48, № 1—2 (1963). ⁷ J. Frechen, *Neues Jahrb. Mineral., Monatsch.*, № 9—10 (1963). ⁸ M. J. O'Hara, *Earth-Sci. Rev.*, 4, № 2 (1968). ⁹ J. B. Wright, *Nature*, 210, № 5035 (1966). ¹⁰ D. H. Green, J. W. Morgan, K. S. Heier, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 4, № 2 (1968). ¹¹ P. J. Leggo, R. Hutchison, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 5, № 2, (1968). ¹² J. D. Kileman, J. A. Cooper, *Intern. Symp. on Phase Transformations and the Earth's Interior, Canberra*, 1969. ¹³ А. В. Крюков, В кн. *Кора и верхняя мантия Земли*, «Наука», 1968. ¹⁴ Н. Л. Добрецов, Ю. Н. Кочкин и др., *Породообразующие пироксены*, «Наука» (в печати). ¹⁵ В. Г. Сахно, Е. П. Денисов, *Изв. АН СССР, сер. геол.*, № 8 (1963). ¹⁶ M. Yamaguchi, *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, ser. D, 15, 163 (1964). ¹⁷ Н. В. Соболев, В кн. *Кора и верхняя мантия Земли*, «Наука», 1968. ¹⁸ C. S. Ross, M. D. Foster, A. T. Myers, *Am. Mineralogist*, 36, № 9—10 (1954). ¹⁹ M. J. O'Hara, *Scottish J. Geology*, 1, Part 1, 19 (1965).