

УДК 550.4.43

ПЕТРОГРАФИЯ

Ю. С. ГЕНШАФТ, В. А. МОЛЧАНОВА, В. А. КУТОЛИН

УСТОЙЧИВОСТЬ ВЕБСТЕРИТА В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ

(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 21 XII 1971)

В настоящее время большинство петрологов предполагает существование перидотитовый состав верхней мантии. Это мнение подкрепляется преобладающим распространением оливиновых гипербазитов среди включений в кимберлитах и базальтах. Однако было высказано предположение, что обилие перидотитовых включений может быть связано с большей устойчивостью оливина по сравнению с пироксенами в базальтовой магме, поэтому содержание пироксенитов в пределах верхней мантии должно быть выше, чем их доля среди ультраосновных нодулей ⁽¹⁾. Интерес к пироксенитовому веществу обусловлен и последними данными по лунным породам. В ряде работ лунные базальты рассматриваются как дериваты первичного пироксенитового вещества Луны ⁽²⁾.

Ранее одним из авторов данного сообщения изучалась кристаллизация бедного Al_2O_3 пироксенита (ксенолита с Авачинского вулкана, Камчатка) до давлений 70 кбар ⁽³⁾. Была показана устойчивость пироксена и отсутствие кристаллизации граната и оливина при высоких температурах и давлениях.

В данной работе исследовалась устойчивость одного из типов глиноземистых пироксенитов — вебстерита при высоких давлениях и температурах, соответствующих условиям в верхней мантии Земли. Образец представлял собой включение в щелочном базальте, заполняющем трубку взрыва в Минусинском межгорном прогибе у оз. Беле. Как показал А. В. Крюков ⁽⁴⁾, трубки взрыва состоят из эксплозивных брекчий, внедрившихся в две или три фазы, и более поздних базальтов, рассекающих брекчии в виде жил и серповидных тел. Химический и нормативный составы вебстерита приведены в табл. 1.

Порода сложена моноклинным пироксеном (хромдиопсид) в количестве 55 %, ромбическим пироксеном (бронзит) 37 %, плакиоклазом (лабрадор — андезин) 5 %, гранатом 2 % и рудным минералом 1 %. Структурные взаимоотношения минералов показывают, что плакиоклаз является здесь вторичным образованием, развившимся по трещинам между пироксенами под воздействием вмещающего пироксенит базальта.

Т а б л и ц а 1

Химический и нормативный составы вебстерита

Компонент	Содерж., вес. %	Компонент	Содерж., вес. %	Компонент	Содерж., вес. %
SiO ₂	51,58	Na ₂ O	1,00	Ilm	0,76
TiO ₂	0,42	K ₂ O	0,28	Mt	0,46
Al ₂ O ₃	7,19	H ₂ O ⁻	0,16	Ort	1,66
Fe ₂ O ₃	Не обн.	H ₂ O ⁺	1,34	Ab	8,38
FeO	6,18	P ₂ O ₅	0,16	An	15,02
MnO	0,16	Cr ₂ O ₃	0,47	Di	31,94
MgO	19,90	Σ	99,91	Hy	25,62
CaO	11,07	Ap	0,34	Ol	15,99

24,76

Эксперименты проводились по методу закалки (⁵, ⁶) при давлениях от 15 до 70 кбар и температурах от 1000 до 1800° в присутствии небольшого количества воды (до 2 вес. %). Как и ранее, опыты проводились по схемам одно- и двухстадийной кристаллизации (⁶). В последнем случае при данном давлении температура сначала поднималась выше ликвидуса, а затем после некоторой выдержки быстро снижалась до заданного значения T , при котором проводилась кристаллизация расплава. При этом в продукты кристаллизации могли частично войти и закалочные фазы.

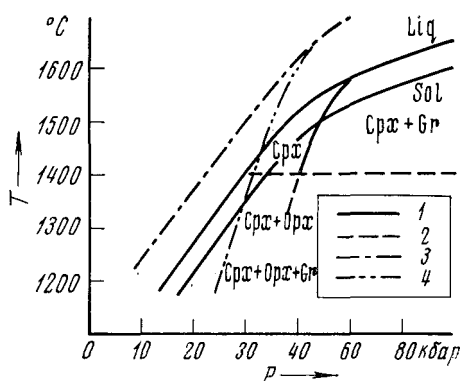


Рис. 1

Рис. 1. Кристаллизация вебстерита при высоких давлениях и температурах. 1 — граничные линии по нашим данным; 2 — линия, отделяющая область кристаллизации ромбических пироксенов (внизу); 3 — линия солидуса; 4 — линия гранатизации пироксенита по данным (²). *Opx* — ромбический пироксен, *Crx* — клинопироксен, *Gr* — гранат, *Liq* — ликвидус, *Sol* — солидус

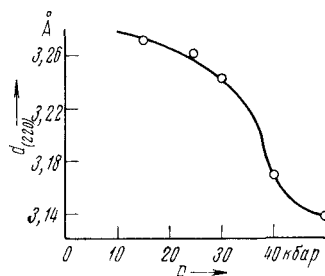


Рис. 2

Рис. 2. Изменение величины межплоскостного расстояния для клинопироксенов, кристаллизующихся вдоль линии ликвидуса

Результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 1. В координатах давление — температура даны кривые солидуса и ликвидуса вебстерита, а также границы существования различных минеральных парагенезисов. Температуры солидуса оценены весьма приблизительно из-за обилия реликтовых и закалочных фаз. По нашим оценкам, интервал сосуществования жидкой и кристаллической фаз составляет около 50° при всех давлениях. Температура ликвидуса повышается от 1200° при давлении 15 кбар до 1580° при 50 кбар и до 1650° при 70 кбар. В области давлений от 50 до 70 кбар кривая плавления вебстерита заметно выполаживается. На диаграмме можно выделить три области давлений, различающихся по минеральным парагенезисам и количественным соотношениям кристаллических фаз.

В интервале давлений 15–30 кбар из расплава кристаллизуется двупироксеновая ассоциация минералов, причем по мере повышения давления количество клинопироксена по отношению к ромбическому пироксену возрастает. Так, если при давлении 15 кбар кристаллизуется до 80% ортопироксена, то при давлениях 25–28 кбар количество клинопироксена возрастает до 85%, а при давлении 30 кбар при температурах выше температуры солидуса кристаллизуется только клинопироксен. Вероятно, такой характер кристаллизации вебстерита объясняется увеличением растворимости ортопироксена в клинопироксене при повышении температуры (⁷). Стекло, соответствующее выплавкам при давлениях до 25 кбар, имеет показатель преломления $n = 1,623$. При давлениях выше 25 кбар для стекла $n = 1,605–1,608$.

В интервале давлений 30–40 кбар из расплава кристаллизуется только моноклинный пироксен. По данным рентгеновских исследований по-

вообразованного пироксена, с увеличением давления кристаллизации происходит уменьшение межплоскостного расстояния $d_{(220)}$ (см. рис. 2). Это можно объяснить увеличивающейся растворимостью ортопироксена в клинопироксене при давлениях около 30 кбар, что соответствует температурам кристаллизации около 1400° (⁷, ⁸).

При давлениях выше 40 кбар наблюдается парагенезис минералов, включающий в себя гранат. Максимальное количество граната в парагенезисе составляет в наших экспериментах 15%. Судя по показателю преломления граната ($N = 1,708$), он близок по составу к пиропу.

При всех давлениях наблюдалась кристаллизация рудного минерала в количестве около 2–5%.

Сравнение полученной нами P , T -диаграммы вебстерита с диаграммой для пироксенита по А. Рингвуду (²) показывает, что в обоих случаях наблюдалась одинаковая схема изменения минеральных парагенезисов под давлением (см. рис. 1). Различия в положениях фазовых границ объяснимы за счет различий в химическом составе образцов и присутствия в наших условиях небольшого количества воды.

Сравнение нормативного и модального минерального состава вебстерита с полученными данными показывает, что глиноземсодержащие пироксениты могут быть устойчивыми в пределах верхней мантии до глубин около 100 км. В этих условиях эволюция пироксенитового вещества будет определяться кристаллизацией только двух пироксенов.

Поступило
4 X 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ V. A. Kutolin, V. M. Frolova, Contr. Mineral. and Petrol., **29**, 163 (1970).
² A. E. Ringwood, J. Geophys. Res., **75**, 6453 (1970). ³ Ю. С. Геншафт, В. В. Наседкин и др., ДАН, **195**, 441 (1970). ⁴ А. В. Крюков, Геология юго-западного обрамления Сибирской платформы, М., 1964. ⁵ Ю. С. Геншафт, В. В. Наседкин и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 18 (1967). ⁶ Ю. С. Геншафт, В. В. Наседкин и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 31 (1968). ⁷ F. R. Boyd, Carnegie Inst. of Washington, Year Book, **65**, 253 (1966). ⁸ Экспериментальная петрология и минералогия, М., 1969, стр. 65.