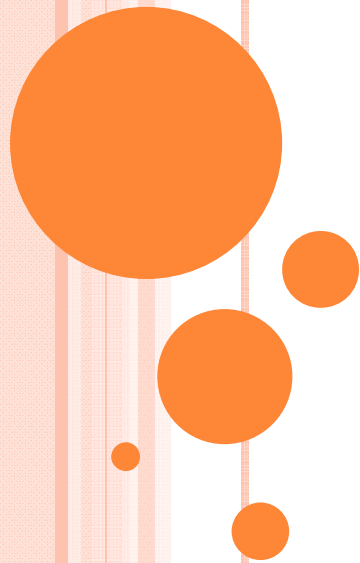


Хромсодержащие фазы мантии Земли (по результатам экспериментов при 7-24 ГПа и 1600°C)



**Сироткина ЕА, Бобров АВ,
Бинди Л, Ирифуне Т**

Эсколаит (*Esk*) Cr_2O_3

Кноррингит (*Knr*) $\text{Mg}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$

Мэйджорит (*Maj*) $\text{Mg}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$

Акимотоит (*Ak*) MgSiO_3 со структурой ильменита (*Ilm*)

Бриджманит (*Brd*) MgSiO_3 со структурой перовскита (*Prv*)

Стишовит (*Sti*) SiO_2

MgCr_2O_4 со структурой титаната кальция (CaTi_2O_4) (*Ct₂*)

$\text{Mg}(\text{Mg},\text{Cr},\text{Si})_2\text{O}_4$ со структурой титаната кальция (CaTi_2O_4) (*Ct₁*)

Хромит (*MChr*) MgCr_2O_4

Оливин (*Ol*) Mg_2SiO_4

Вадслеит (*Wad*) Mg_2SiO_4

Рингвудит (*Rgw*) Mg_2SiO_4

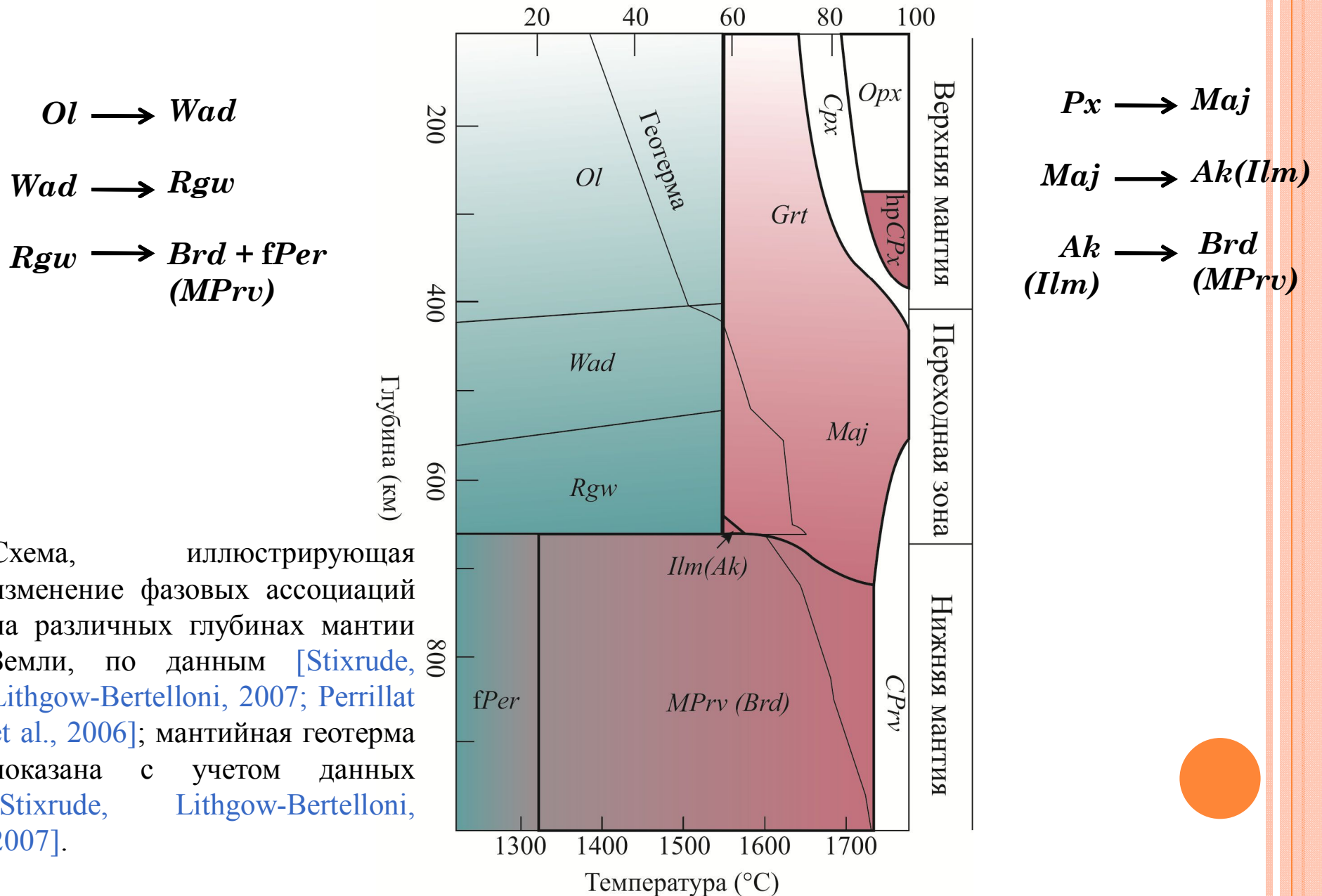
Периклаз (*Per*) MgO

$\text{Mg}_2\text{Cr}_2\text{O}_5$ с модифицированной структурой людвигита (*mLd*)



Фазовые ассоциации мантии Земли

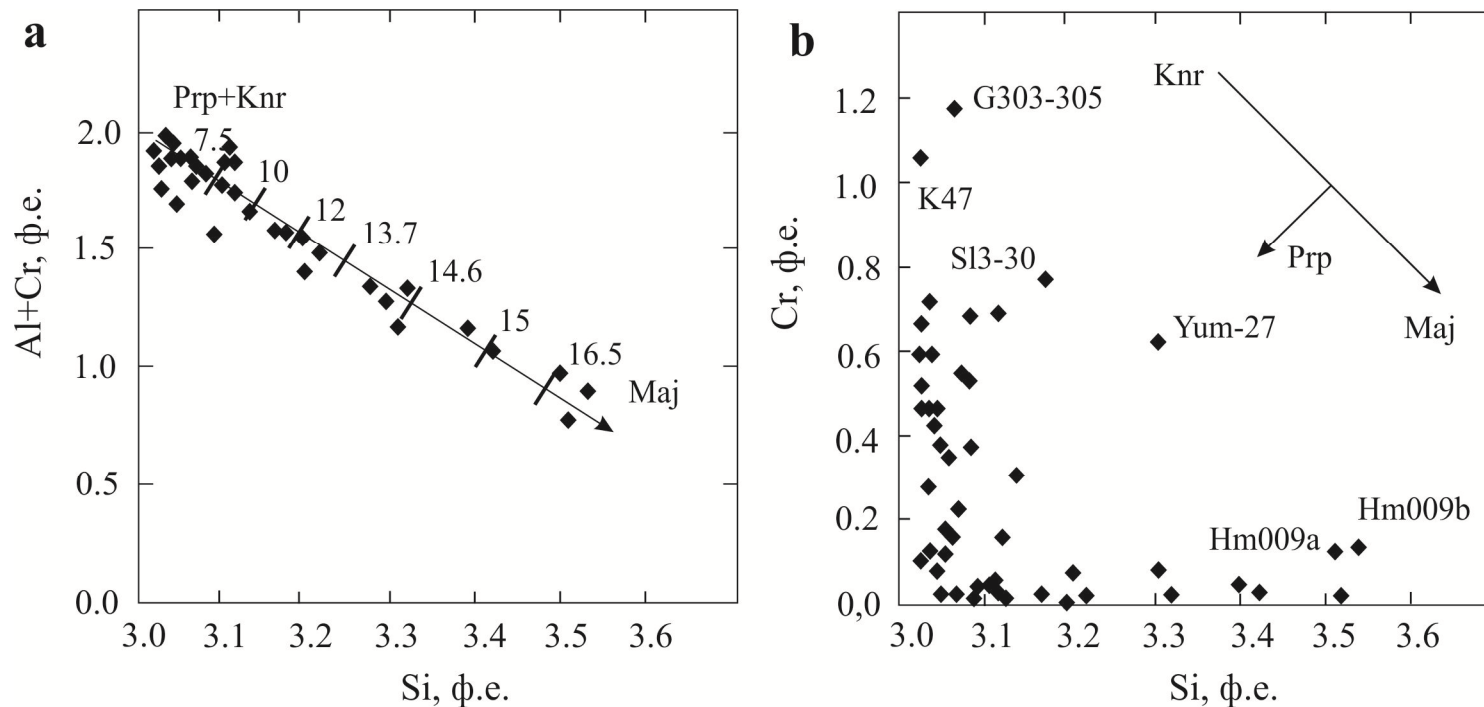
Соотношения минералов (%)



Схема, иллюстрирующая изменение фазовых ассоциаций на различных глубинах мантии Земли, по данным [Stixrude, Lithgow-Bertelloni, 2007; Perrillat et al., 2006]; мантийная геотерма показана с учетом данных [Stixrude, Lithgow-Bertelloni, 2007].



Актуальность

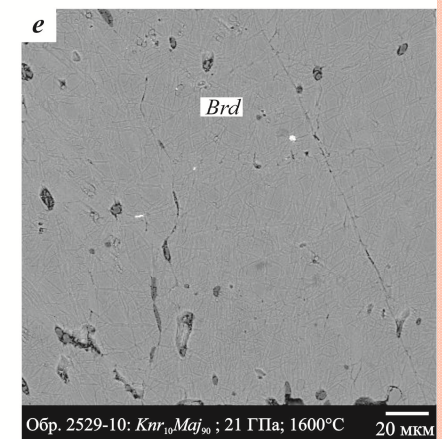
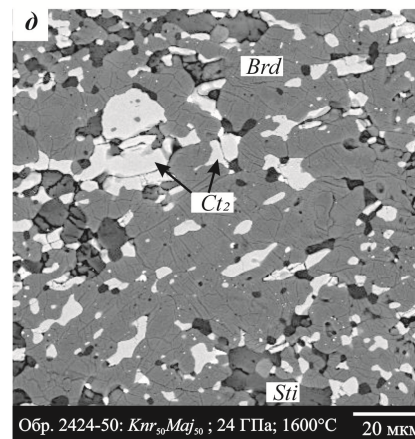
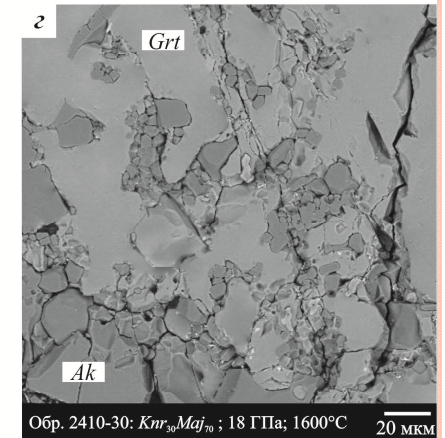
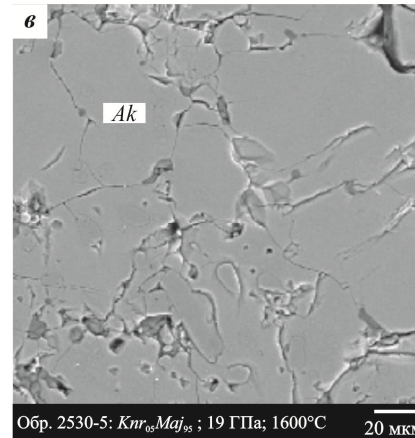
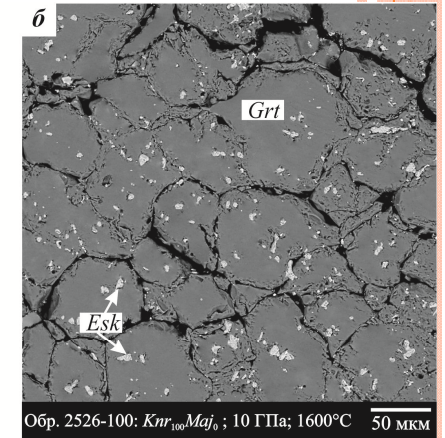
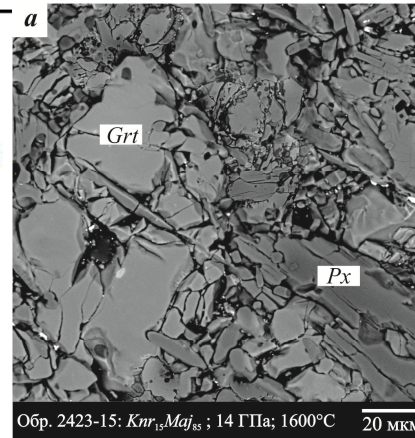
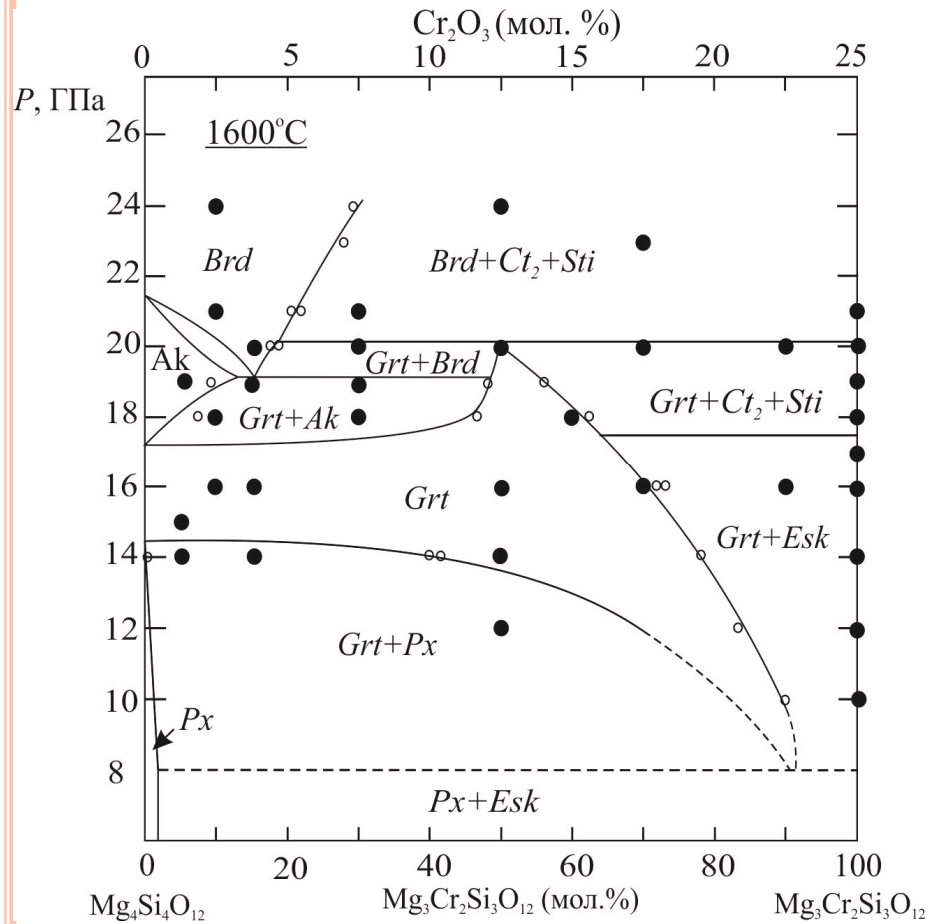


- G303-305 – Бирим, Зап.Африка [Stachel and Harris, 1997];
- K47 – кимберлитовая трубка Као, Лесото [Nixon and Hornung, 1968].
- Sl3-30 – кимберлиты района Снэп-Лейк, кратон Слейв, Канада [Pokhilenko et al., 2004];
- Yum-27 – трубка Юбилейная, Якутия, Россия [Sobolev et al., 2004];
- HM009a, HM009b – Хелам Майн, Юж. Африка [Mc Kenna et al., 2004];

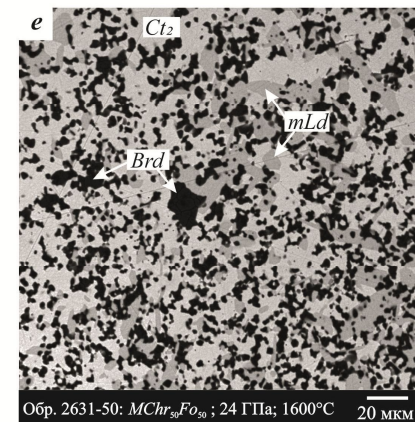
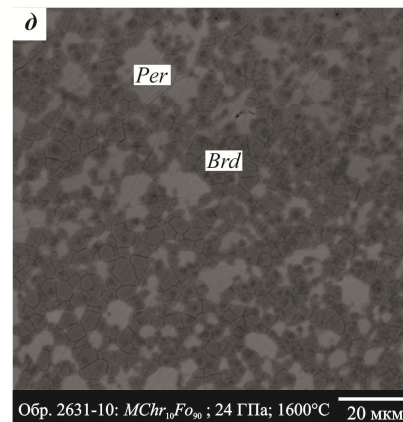
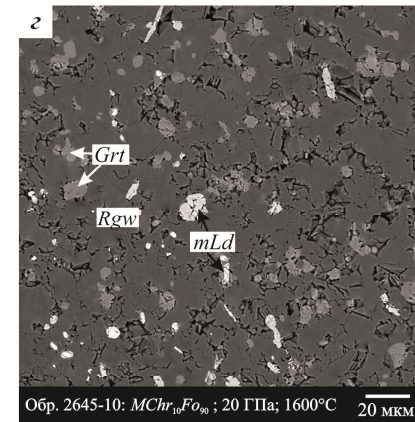
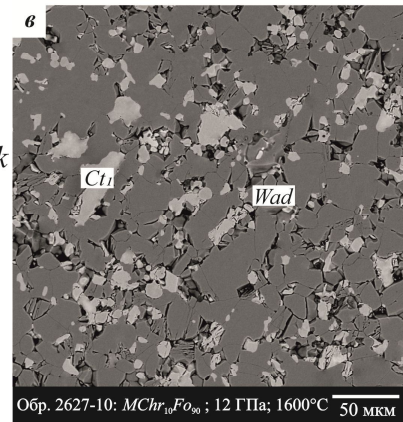
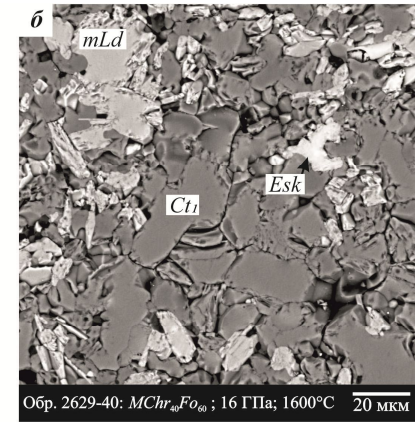
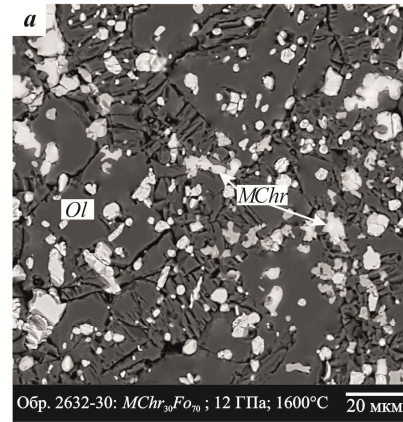
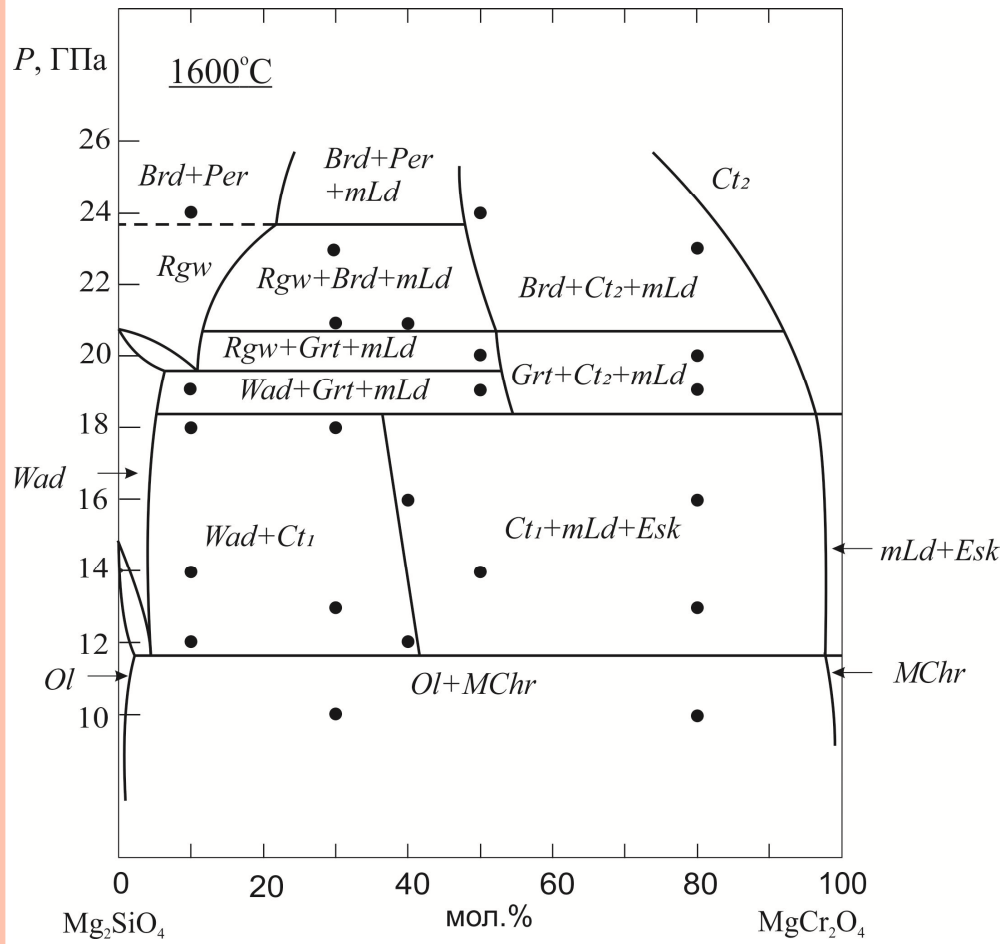
Линия тренда изменения состава граната с давлением по данным [Stachel et al., 2005]

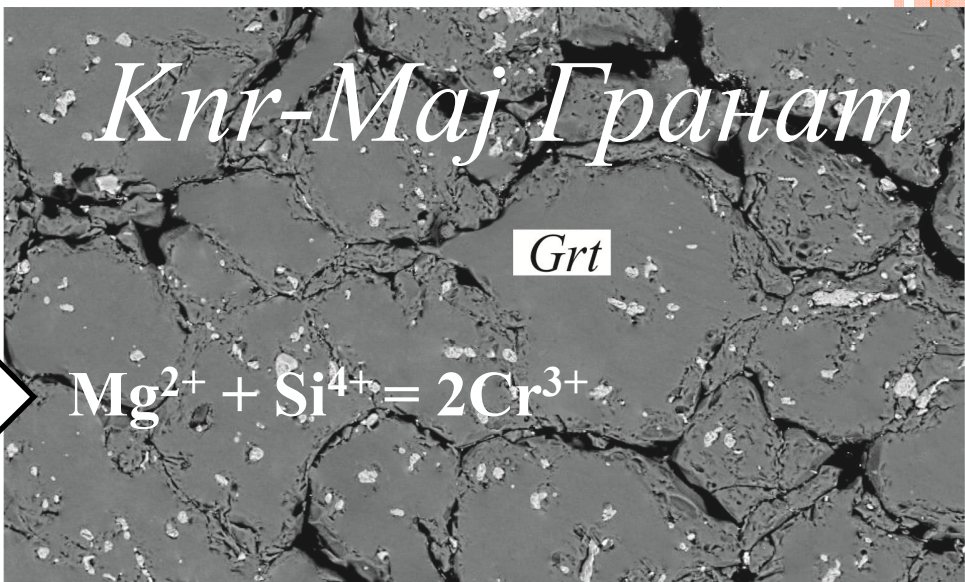
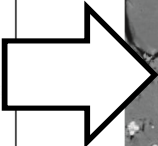
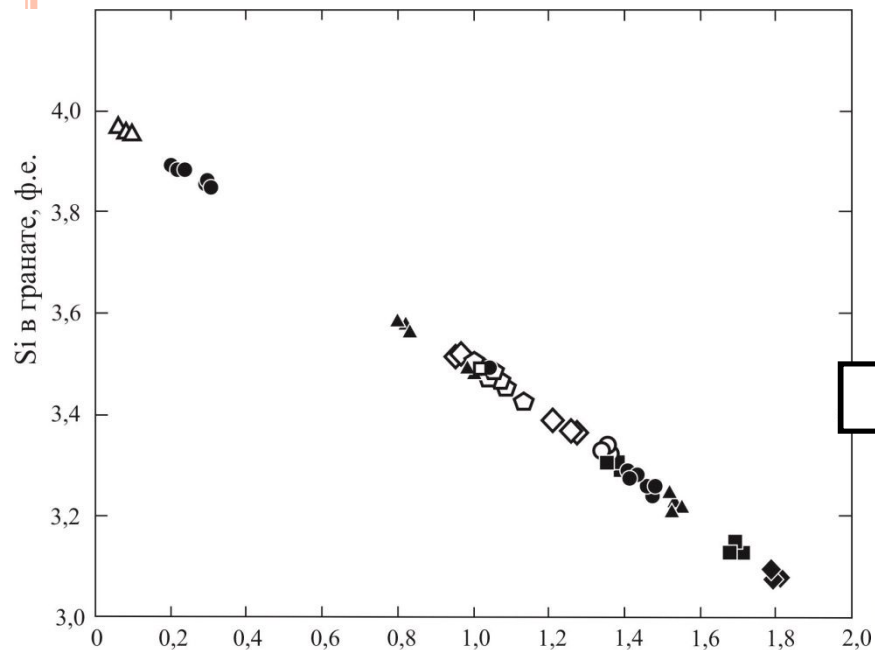
Phase relations and formation of chromium-rich phases in the system $Mg_4Si_4O_{12}$ – $Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$ at 10–24 GPa and 1,600 °C

E. A. Sirotkina · A. V. Bobrov · L. Bindi · T. Irifune



Система Fo-MChr



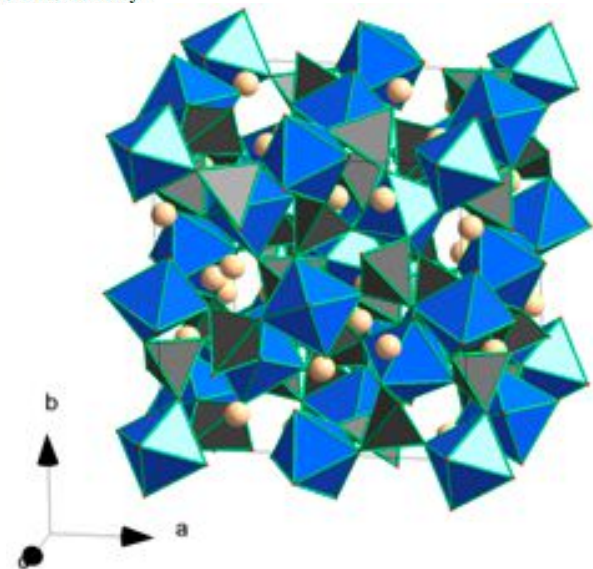
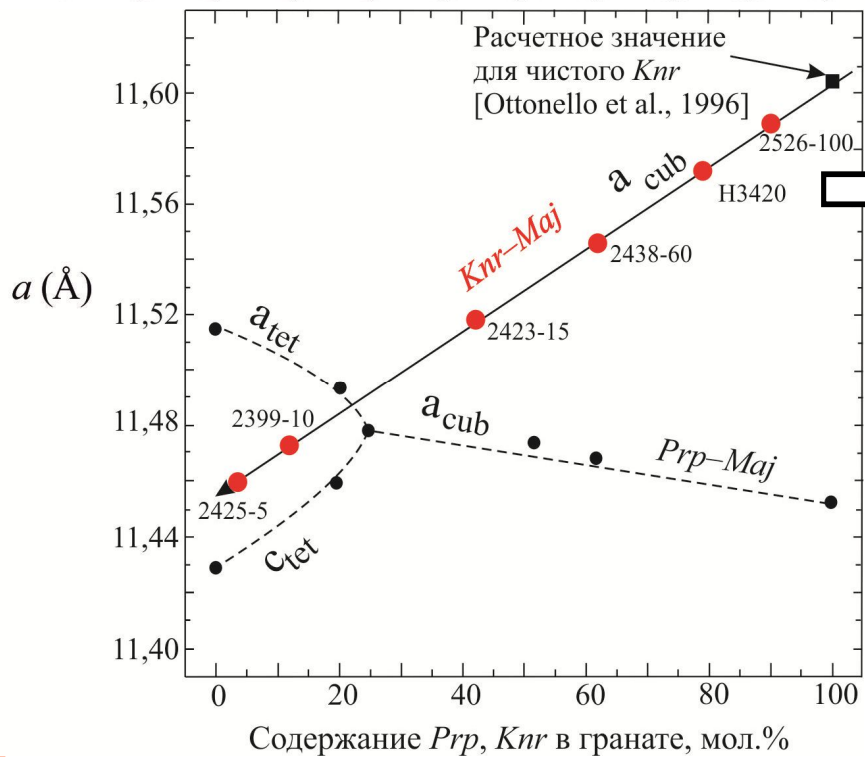


Phys Chem Minerals
DOI 10.1007/s00269-013-0644-y

ORIGINAL PAPER

**X-ray single-crystal and Raman study of knorringite,
Mg₃(Cr_{1.58}Mg_{0.21}Si_{0.21})Si₃O₁₂, synthesized at 16 GPa and 1,600 °C**

Elena A. Bykova · Andrey V. Bobrov · Ekaterina A. Sirotkina ·
Luca Bindi · Sergey V. Ovsyannikov · Leonid S. Dubrovinsky ·
Yuriy A. Litvin



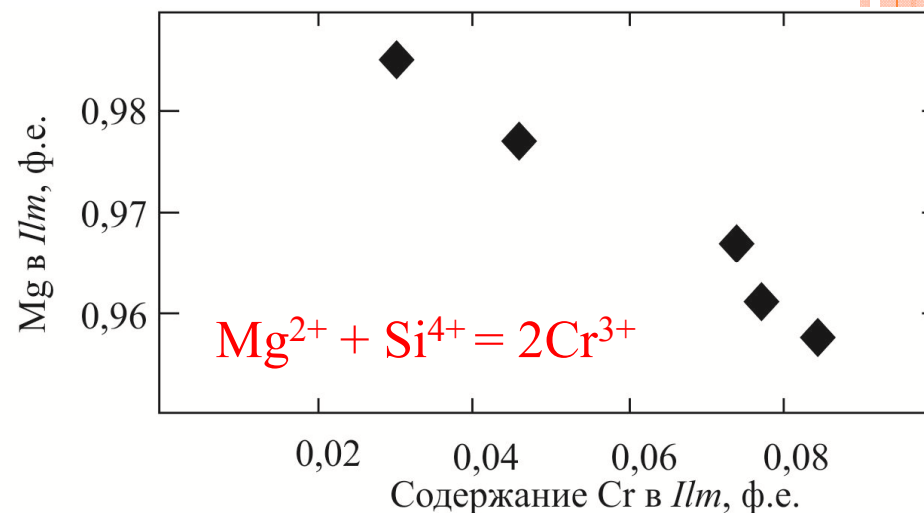
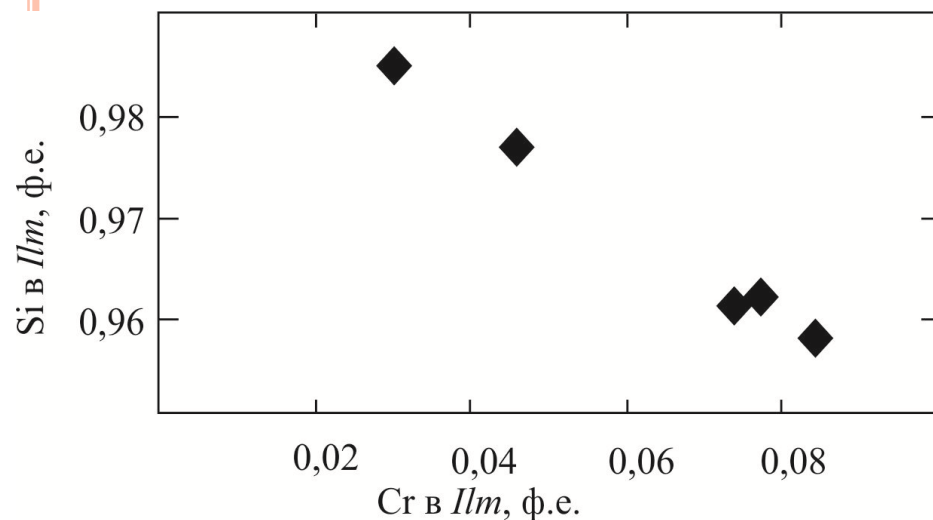
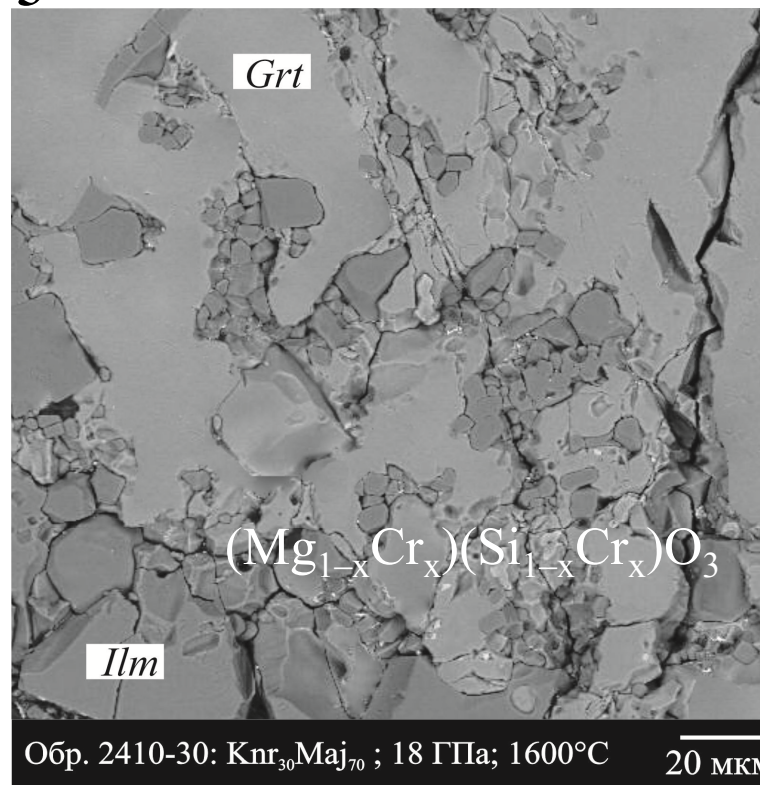
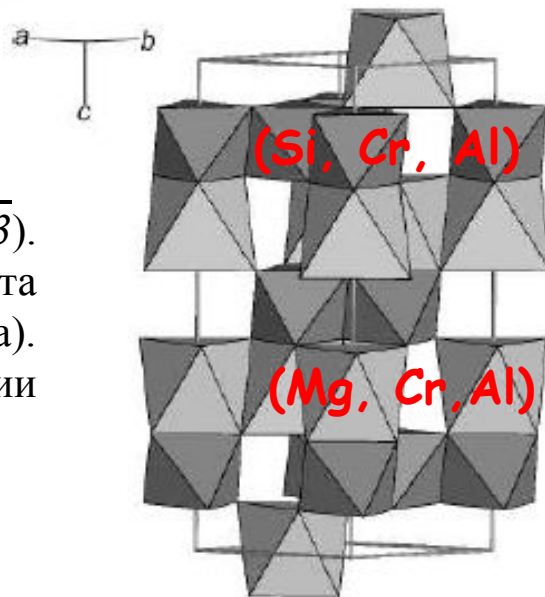
$MgSiO_3$ акимомит

Chromium solubility in $MgSiO_3$ ilmenite at high pressure

Luca Bindi · Ekaterina A. Sirotkina ·
Andrey V. Bobrov · Tetsuo Irifune

Структура

Тригональный $(R\bar{3})$.
Структура ильменита
(упорядоченного корунда).
Основана на чередовании
слоев октаэдров Mg и Si.



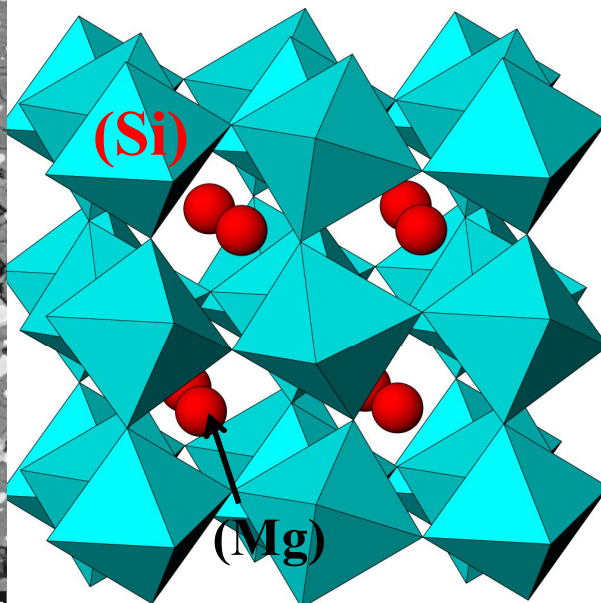
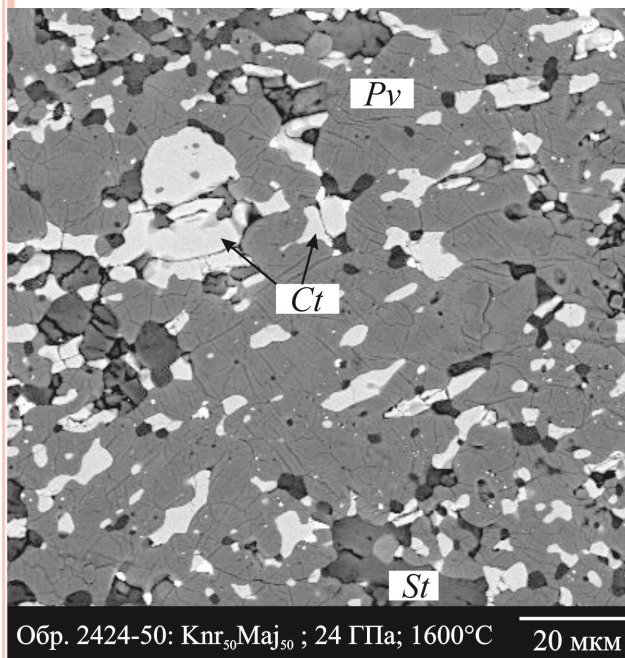
MgSiO₃ бриджманит

LETTER

Chromium solubility in perovskite at high pressure: The structure of (Mg_{1-x}Cr_x)(Si_{1-x}Cr_x)O₃ (with $x = 0.07$) synthesized at 23 GPa and 1600 °C

LUCA BINDI^{1,2,*}, EKATERINA A. SIROTKINA³, ANDREY V. BOBROV³ AND TETSUO IRIFUNE^{4,5}

ЭКСПЕРИМЕНТ



by Dan Shim

Структура:

Ромбический (*Pbmn*).

Структура перовскита, однако отклонения от нее очень заметные благодаря разворотам почти идеальных октаэдров кремния и сильным искажениям полиэдров магния [Horiuchi et al., 1987]. Cr³⁺ занимает обе позиции.

В ПРИРОДЕ

Впервые фаза (Mg,Fe)SiO₃, названная высокоглинозёмистым энстатитом, была описана в алмазах трубки Коффифонтейн (ЮАР) в ассоциации с ферропериклазом.

	р. Сан-Луис, Бразилия
Al ₂ O ₃	8,3-12,6
Cr ₂ O ₃	0,1-1,19

Mg²⁺+Si⁴⁺= Me³⁺+Me³⁺ Вхождение 3хвалентных катионов - главная особенность изоморфизма перовскитов

[Harte et al., 1999]

$$\sigma_{\theta(\text{oct})}^2 = \sum_{i=1}^{12} (\theta_i - 90^\circ)^2 / 11$$

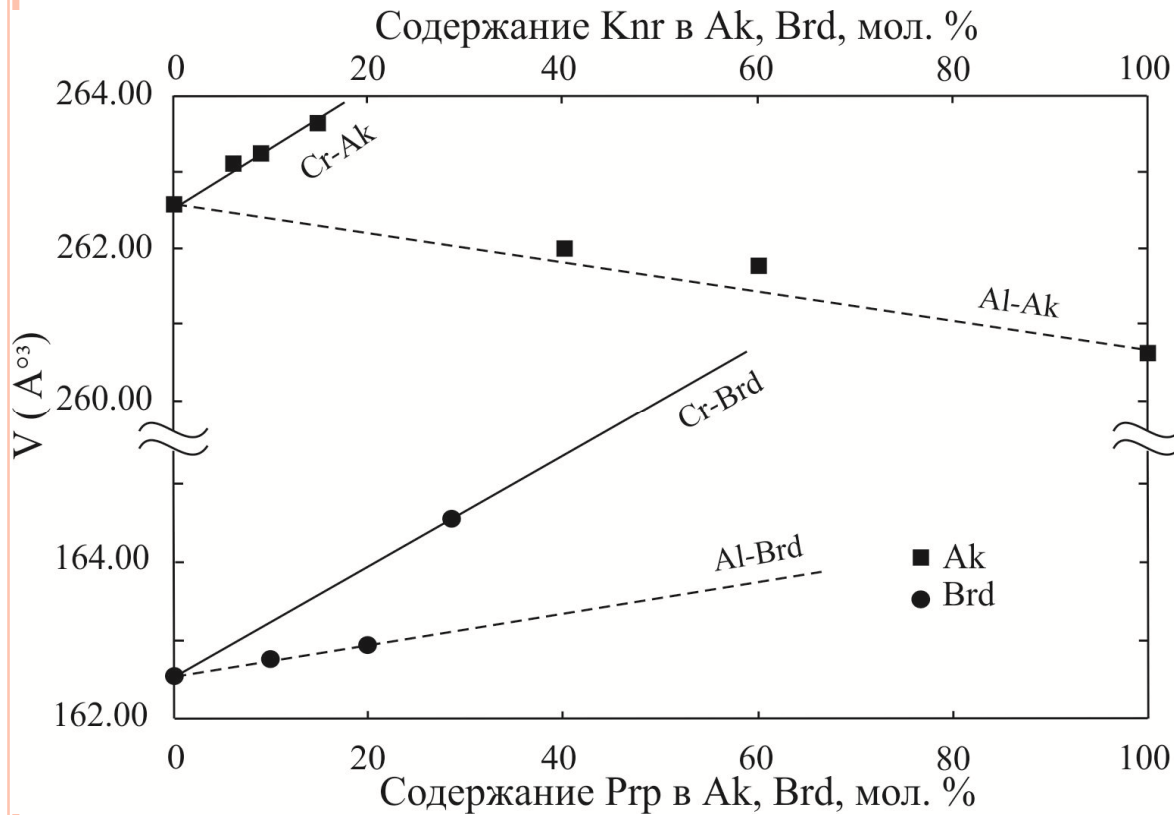
[Robinson et al., 1971]

<i>Ak</i> (<i>Ilm</i>)	(Mg _{1-x} Cr _x)(Si _{1-x} Cr _x)O ₃					
	x=0	x=0,015	x=0,023	x=0,038	x=1	
	MgO ₆					
	σ ²	143,43 *	141,57	136,09	126,94	45,47 **
	SiO ₆					
σ ²	52,77 *	52,33	49,53	46,27	45,47 **	
<i>Brd</i> (<i>Prv</i>)	(Mg _{1-x} Cr _x)(Si _{1-x} Cr _x)O ₃					
	x=0		x=0,072			
	SiO ₆					
	σ ²	1,56 ***		7,48		

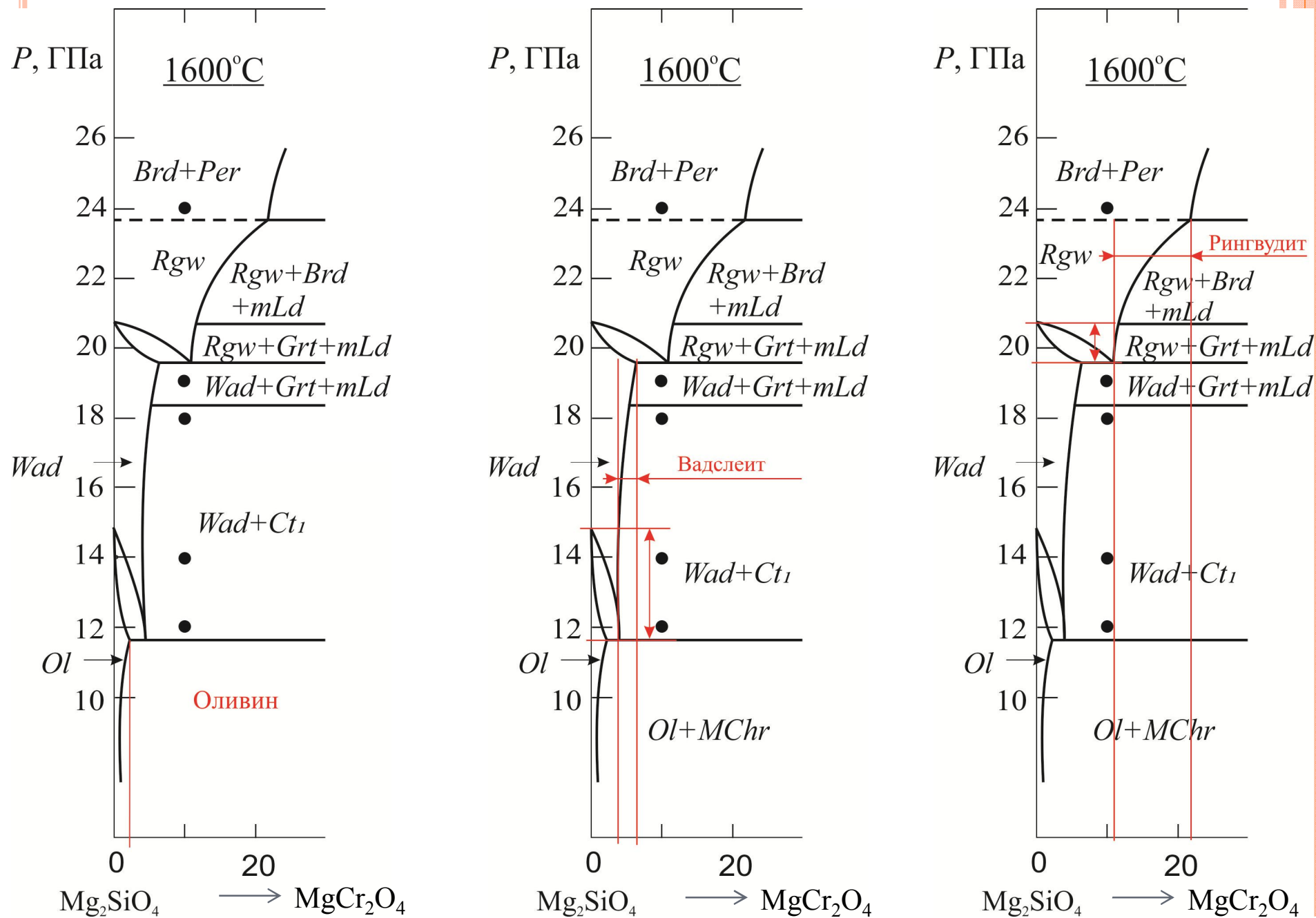
* Hiroyuki et al., 1982

** Ovsyannikov and Dubrovinsky, 2011

*** Dobson and Jacobsen, 2004



Mg_2SiO_4 (оливин, вадслеит, рингвудит)

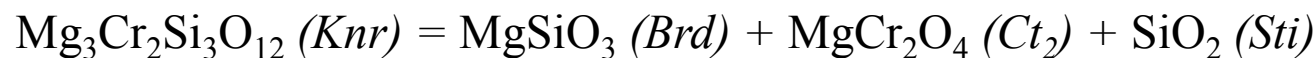




$MgCr_2O_4$ (Ct_2)

X-ray single-crystal structural characterization of $MgCr_2O_4$,
a post-spinel phase synthesized at 23 GPa and 1600 °C

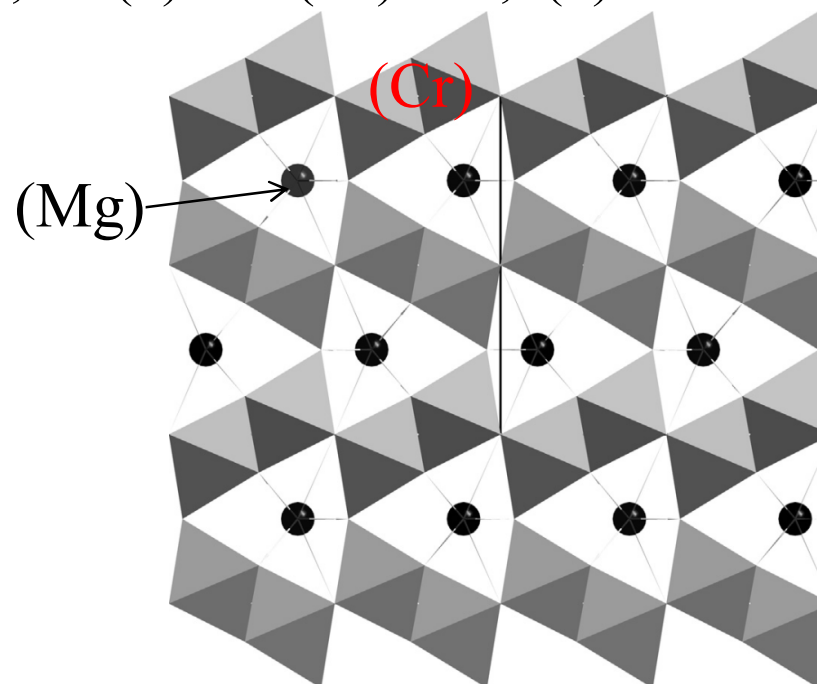
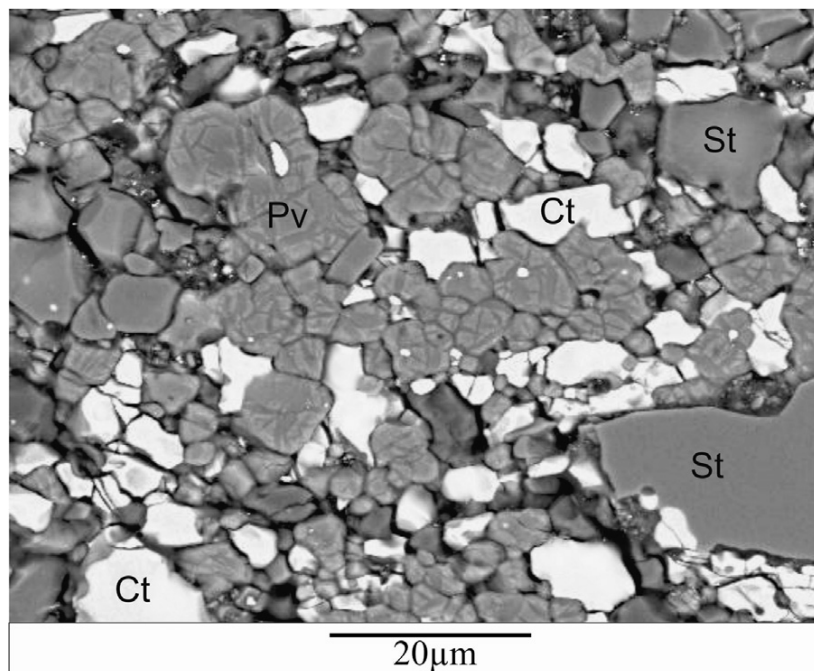
Luca Bindi ^{a,b,*}, Ekaterina Sirotkina ^c, Andrey V. Bobrov ^c, Tetsuo Irifune ^{d,e}

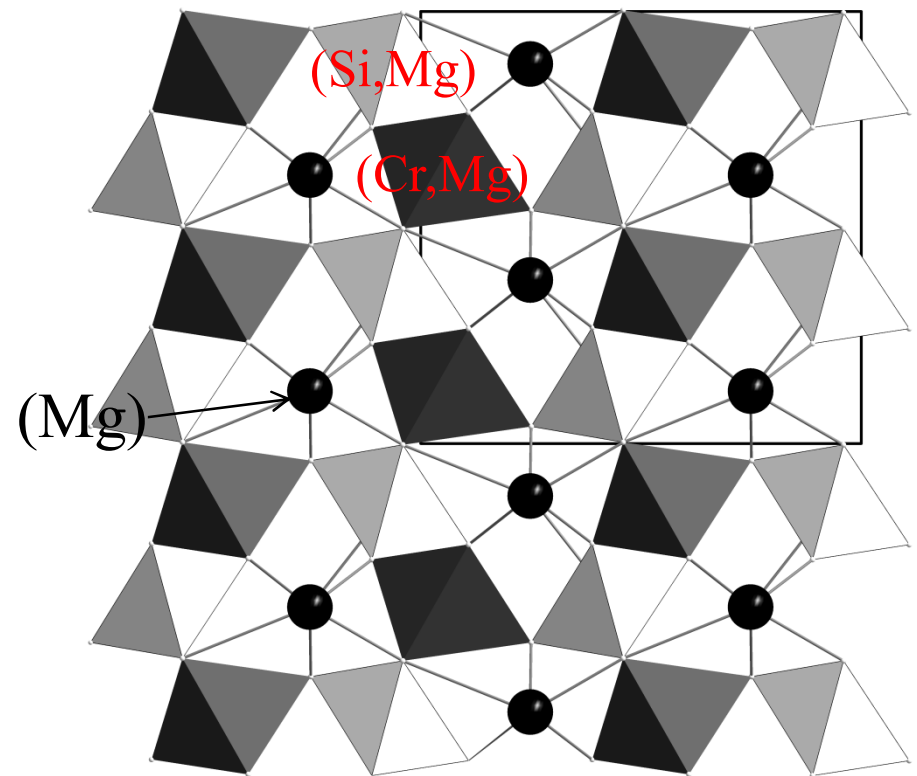
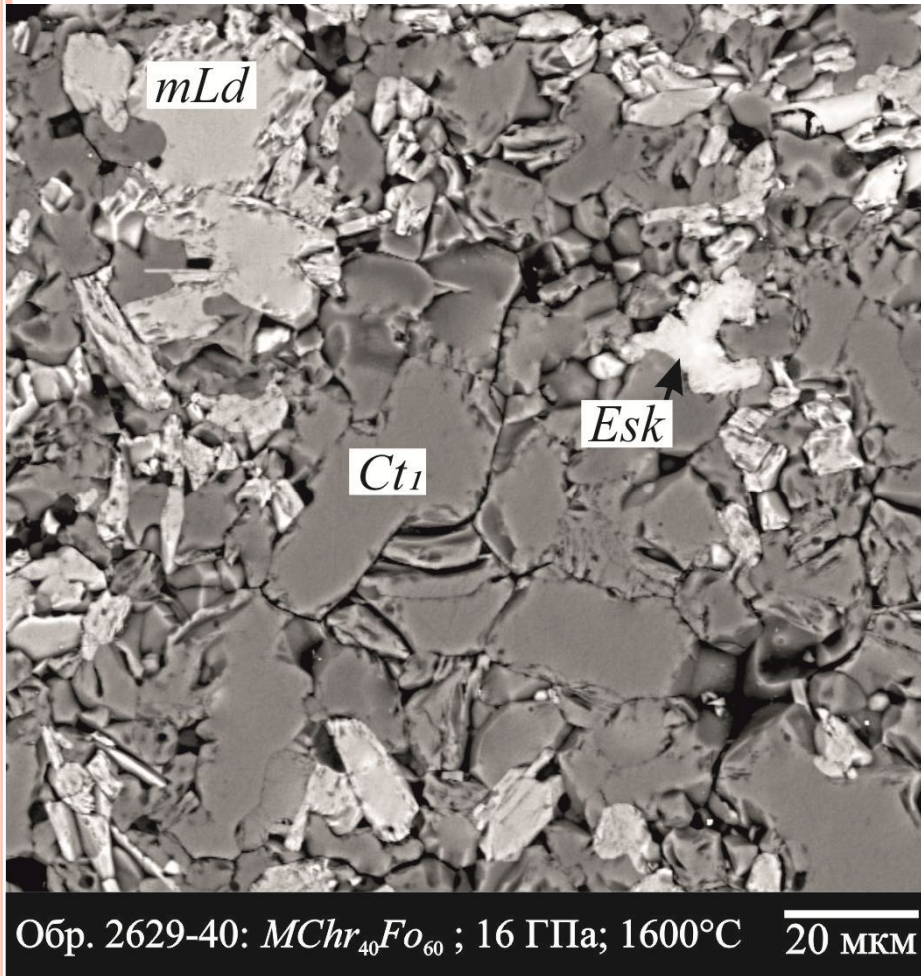


Структура

Ромбический ($Bbmm$).

a (Å) 9,468(1) b (Å) 9,670(1) c (Å) 2,845(1) V (Å³) 260,5(1)





Структура

Ромбический ($Cmc2_1$).

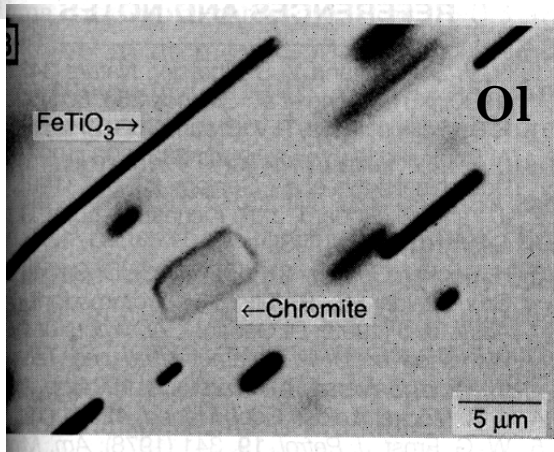
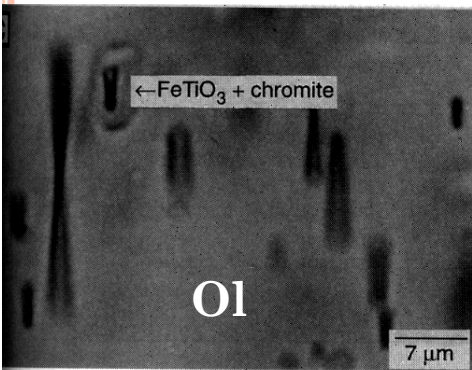
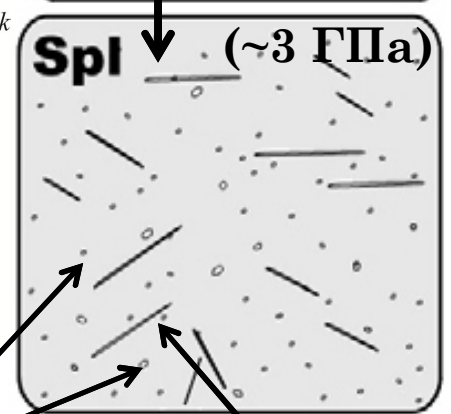
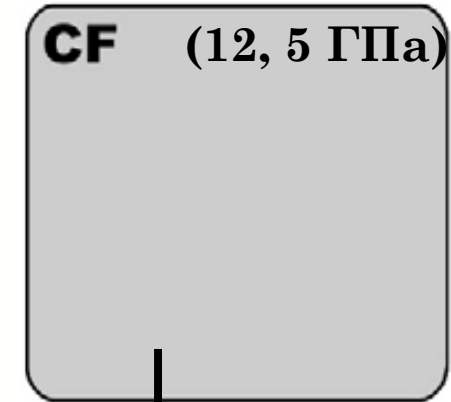
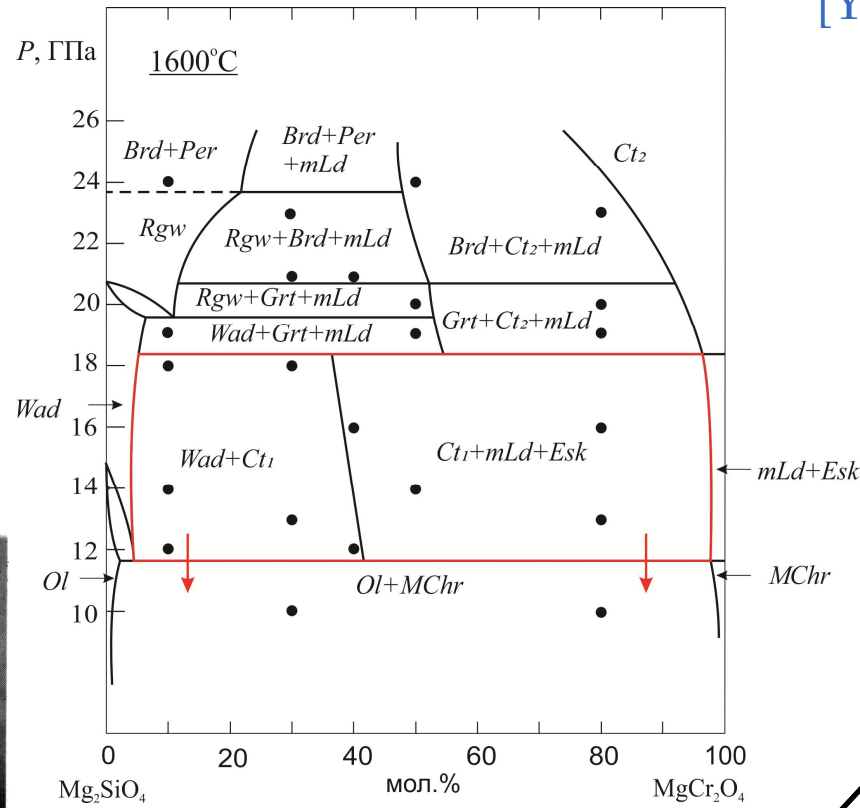
a (Å) 9,468(1); b (Å) 9,670(1); c (Å) 2,845(1);

V (Å³) 260,5(1)



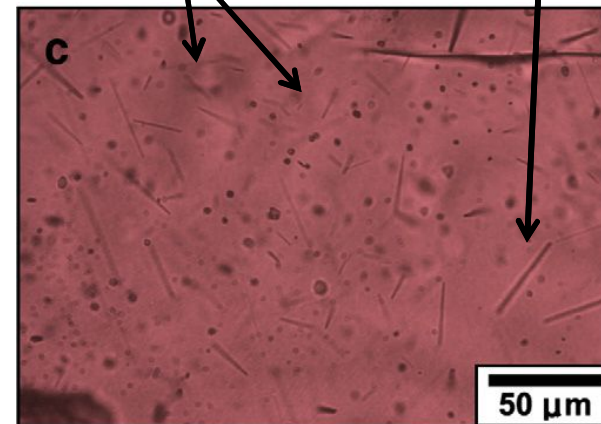
[Yamamoto et al., 2009]

[Dobrzhinetskaya et al., 1996]



Микровключения
СРх

Структуры распада
Сое, СРх и ОРх



Выводы:

Результаты экспериментального изучения фазовых отношений в псевдобинарной системе $\text{Mg}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$ – $\text{Mg}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ при 10–24 ГПа и 1600°C моделируют фазовый состав реститовой части мантии Земли в условиях частичного плавления.

Вхождение хрома в состав мантийных фаз (мэйджоритового граната, MgSiO_3 -ильменита и – перовскита, Mg_2SiO_4 -оливина, вадслеита, рингвудита) смещает границы главных фазовых превращений ильменит/перовскит, оливин/вадслеит и вадслеит/рингвудит в область более низких давлений (на 2 ГПа или ~70 км) по сравнению с бесхромистыми системами.

В системе мэйджорит–кноррингит при 10–20 ГПа установлен эффект высокой взаимной растворимости компонентов вплоть до состава 90 мол.% $\text{Mg}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ с четкой тенденцией снижения концентрации хрома с давлением. По данным рентгеноструктурного монокристалльного исследования, наиболее богатый хромом гранат принадлежит к кубической сингонии (пространственная группа $Ia-3d$, $a = 11,5879(2) \text{ \AA}$), и при увеличении содержания мэйджорита параметр ячейки линейно снижается. В отличие от системы мэйджорит–пироп, не наблюдается смены кубической сингонии на тетрагональную даже при очень высоких содержаниях (97 мол.%) мэйджорита. Структурные особенности фаз высокого давления (MgSiO_3 ильменита и перовскита) свидетельствуют об увеличении параметров элементарных ячеек в результате вхождения в их состав хрома.

Полученные результаты в системе Fo – $MChr$ моделируют фазовые ассоциации подформных хромититов Лобозы (Ю.Тибет), содержащих ультравысокобарные минералы, и позволяют реконструировать процессы декомпрессионного распада хромсодержащих фаз

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

