

Ю.А. Полтавец, В.П. Молошаг, З.И.Полтавец

**О СООТНОШЕНИИ ЖЕЛЕЗА И МАГНИЯ В ИЛЬМЕНИТ-МАГНЕТИТ-
ПИРОКСЕНОВОЙ АССОЦИАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРАХ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ В
ГАББРОИДАХ ВОЛКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

При исследованиях физико-химических условий образования пород и руд широко используются как составы сосуществующих минералов, так и соотношения некоторых элементов в отдельных минералах. Так, в работах [1, 5] рассматриваются соотношения и составы фаз (и что особенно важно, рудных оксидов) в системе, минерал - расплав в зависимости от различных факторов кристаллизации базальтовых расплавов (температуры, летучести кислорода и др.). Анализ приведенных в них экспериментальных данных показывает, что на ранних этапах кристаллизации силикатного расплава такие сокристаллизующиеся мине-

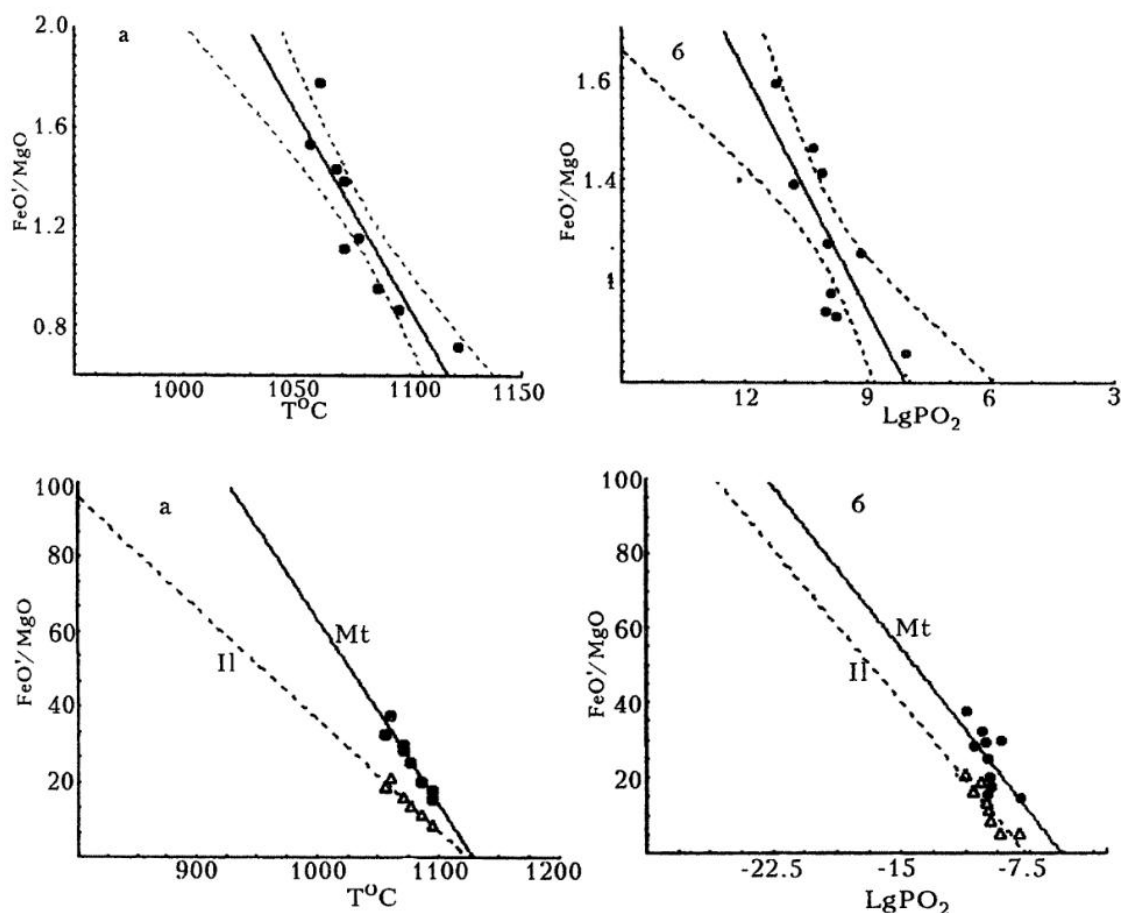


Рис.1. Изменение FeO'/MgO в пироксенах как функции температуры (а) и летучести кислорода (б). Диаграмма построена по данным экспериментов [5]

Рис.2. Изменение FeO'/MgO в рудных оксидах как функции температуры (а) и летучести кислорода (б). Диаграмма построена по данным экспериментов [5]. Il - ильменит, Mt - магнетит

ралы, как пироксен, магнетит и ильменит, активно обогащаются Mg, а на более поздних этапах, сопровождающихся падением температуры кристаллизации и фугитивности кислорода ($\lg \text{PO}_2$), - Fe и Ti.

С результатами этих экспериментов хорошо согласуются обменные реакции равновесий между пироксенами и рудными оксидами, рассчитанные нами с использованием термодинамических данных [2].

$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 + \text{FeFe}_2\text{O}_4 = \text{CaFeSi}_2\text{O}_6 + \text{MgFe}_2\text{O}_4$, где $\Delta Z_p^\circ = 12,367$ ккал/моль; $\Delta S_p^\circ = -2,64$ э.е., $\lg K^{500,^\circ\text{C}} = -3,85$, $\lg K^{1000,^\circ\text{C}} = -2,56$ и $(\text{Fe}/\text{Mg})^{\text{mt}} = K^{-1} \times (\text{Fe}/\text{Mg})^{\text{px}}$,

$\text{FeSiO}_3 + \text{MgTiO}_3 = \text{MgSiO}_3 + \text{FeTiO}_3$, где $\Delta Z_p^\circ = -3,325$ ккал/моль; $\Delta S_p^\circ = 3,1$ э.е., $\lg K^{500,^\circ\text{C}} = 1,356$, $\lg K^{1000,^\circ\text{C}} = 1,089$ и $(\text{Fe}/\text{Mg})^{\text{il}} = K \times (\text{Fe}/\text{Mg})^{\text{px}}$.

Из полученных значений констант равновесий ($\lg K$) следует: 1) в магматических условиях при равной железистости пироксена более ранние относительно высокотемпературные рудные оксиды (магнетиты, титаномagnetиты, ильмениты) будут характеризоваться более низким отношением Fe/Mg, а более

Температуры образования минералов ильменит-магнетит-пироксеновой ассоциации в габброидах и рудах Волковского месторождения.

Порода	Количество анализов	Среднее отношение FeO'/MgO	T°, C	$-lgPO_2$
Пироксены*				
Габбро оливинсодержащее	12	0,66	1120	8,0
Габбро пироксеновое	21	0,72	1110	8,0
Габбро рудное	12	0,57	1120	7,0
Магнетитовая руда	4	0,76	1100	8,5
Магнетиты*				
Габбро оливинсодержащее	7	71,7	940	18,0
Габбро пироксеновое	13	80,0	920	20,0
Габбро рудное	4	64,1	970	17,0
Магнетитовая руда	18	69,8	960	18,0
Магнетиты**				
Габбро оливинсодержащее	8	80,0	920	20,0
Габбро пироксеновое	9	80,0	920	20,0
Габбро рудное	27	100,0	870	22,5
Ильмениты**				
Габбро оливинсодержащее	8	50,0	960	16,0
Габбро пироксеновое	9	80,0	860	22,5
Габбро рудное	27	85,0	840	22,5

* Данные химических анализов В.Г.Фоминых [3,4 и др.].

** Авторские данные микрозондовых определений магнетита и ильменита на JXA-5a. $FeO' = (0,9Fe_2O_3 + FeO)$, FeO' и MgO , мас.%.

поздние относительно низкотемпературные - высоким отношением Fe/Mg ; 2) чем ниже температуры образования ильменит-магнетит-пироксеновой асоциации, тем больше разница между величинами Fe/Mg отношения в рудных оксидах и пироксенах. Эти закономерности могут служить основой для суждения о температурном режиме лишь на качественном уровне. Для приближенной же количественной оценки температуры образования магнетита, ильменита и пироксена можно использовать диаграммы (рис 1, 2), построенные нами по экспериментальным данным и отражающие зависимость отношений FeO'/MgO в минералах от температуры (коэффициент корреляции колеблется от -0,90 до -0,98) и летучести кислорода. Эти диаграммы были применены нами для определения температуры образования породо- и рудообразующих минералов Волковского месторождения. При этом были учтены данные В.Г.Фоминых [3,4], широко использовавшего в своих работах составы породообразующих и рудных минералов для определения условий образования месторождений, а также и собственные данные микрозондовых исследований на JXA-5 (см. таблицу).

Как видно из таблицы, в представленных разностях габброидов (имеющих преимущественно сидеронитовую структуру) рудные минералы характеризуются более низкими значениями температур образования и летучести кислорода по сравнению с пироксеном, что объясняется более поздним их формированием в процессе кристаллизации базальтового расплава. Обогащение же последнего на конечных стадиях кристаллизации железом и титаном, как это следует из экспериментов [5], в природных условиях приводит к образованию вкрапленных и сплошных руд с повышенным содержанием титана по сравнению с акцессорными рудными оксидами.

Список литературы

1. Кадик А.А., Луканин О.А., Лапин И.В. Физико-химические условия эволюции базальтовых магм в приповерхностных очагах. М.: Наука, 1990. 346с.
2. Карпов И.К., Киселев А.И., Летников Ф.А. Химическая термодинамика в петрологии и геохимии. Иркутск, 1971. 385с.
3. Формации титаномagnetитовых руд и железистых кварцитов: Железорудные месторождения Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 265с.
4. Штейнберг Д.С., Фоминых В.Г., Еремина М.В. и др. Состав титаномagnetитов в базитах и ультрабазитах Урала. Свердловск, 1965. 98с.
5. Toplis M.J., Carroll M.R. An experimental study of the influence of oxygen fugacity on Fe-Ti oxide stability, phase relations and mineral-melt equilibria in ferro-basaltic systems//J. petrology. 1995. Vol 36, N5. P. 1137-1170.