



Физико-технический институт УрО РАН  
г. Ижевск



# Концентрационное поведение переохлаждения бинарных расплавов Fe - Cr, Fe – Ni и Fe - Si

Л.В. Камаева





## Методы

Дифференциально – термический анализ: ВТА-983, He, тигли  $\text{Al}_2\text{O}_3$

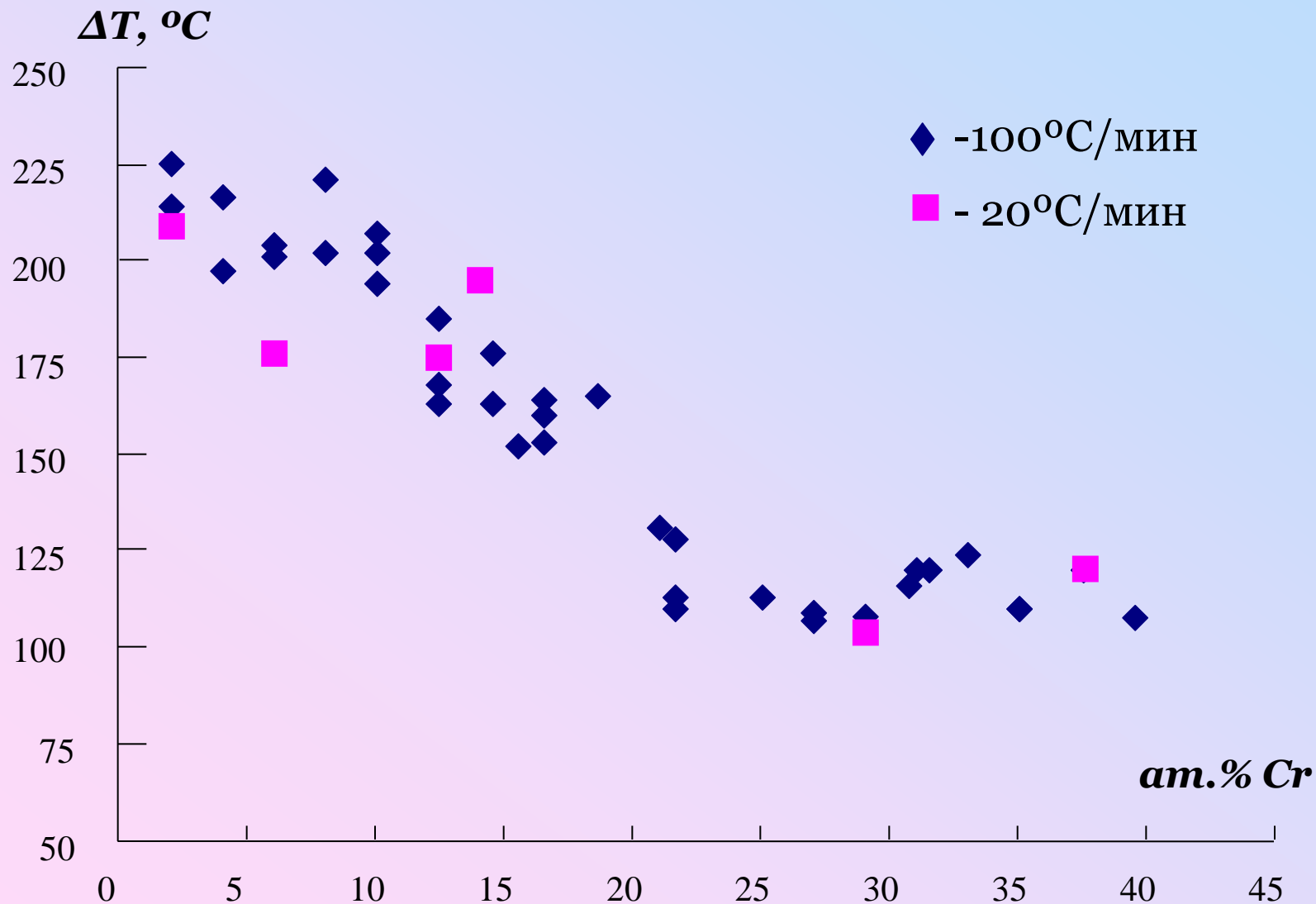
охлаждение:  $v = 20 - 100^\circ\text{C}/\text{мин}$  от  $1600-1650^\circ\text{C}$

Металлография

Рентгено-структурный анализ



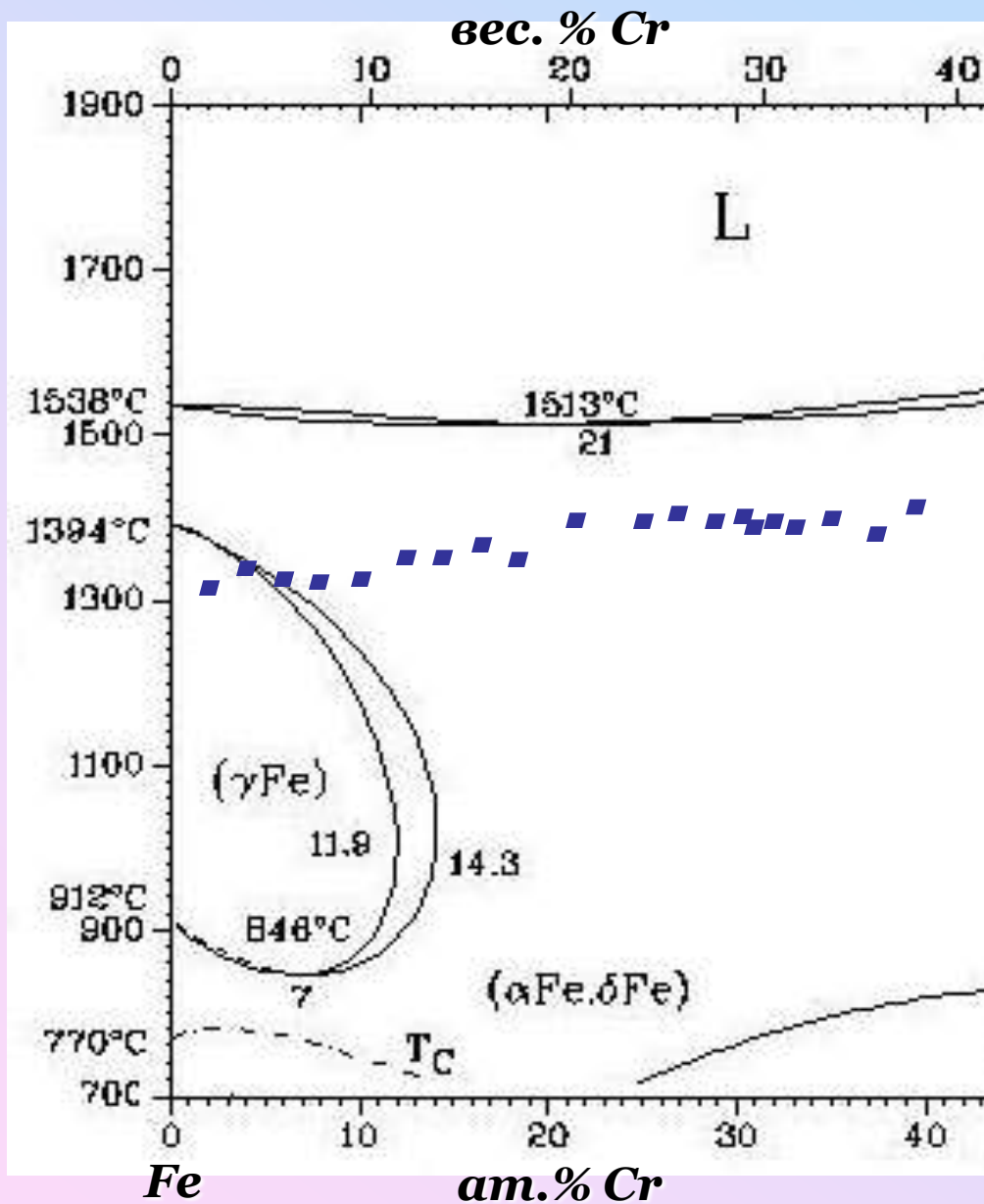
# Зависимости переохлаждения от концентрации расплавов Fe-Cr





# Кристаллизация расплавов Fe-Cr

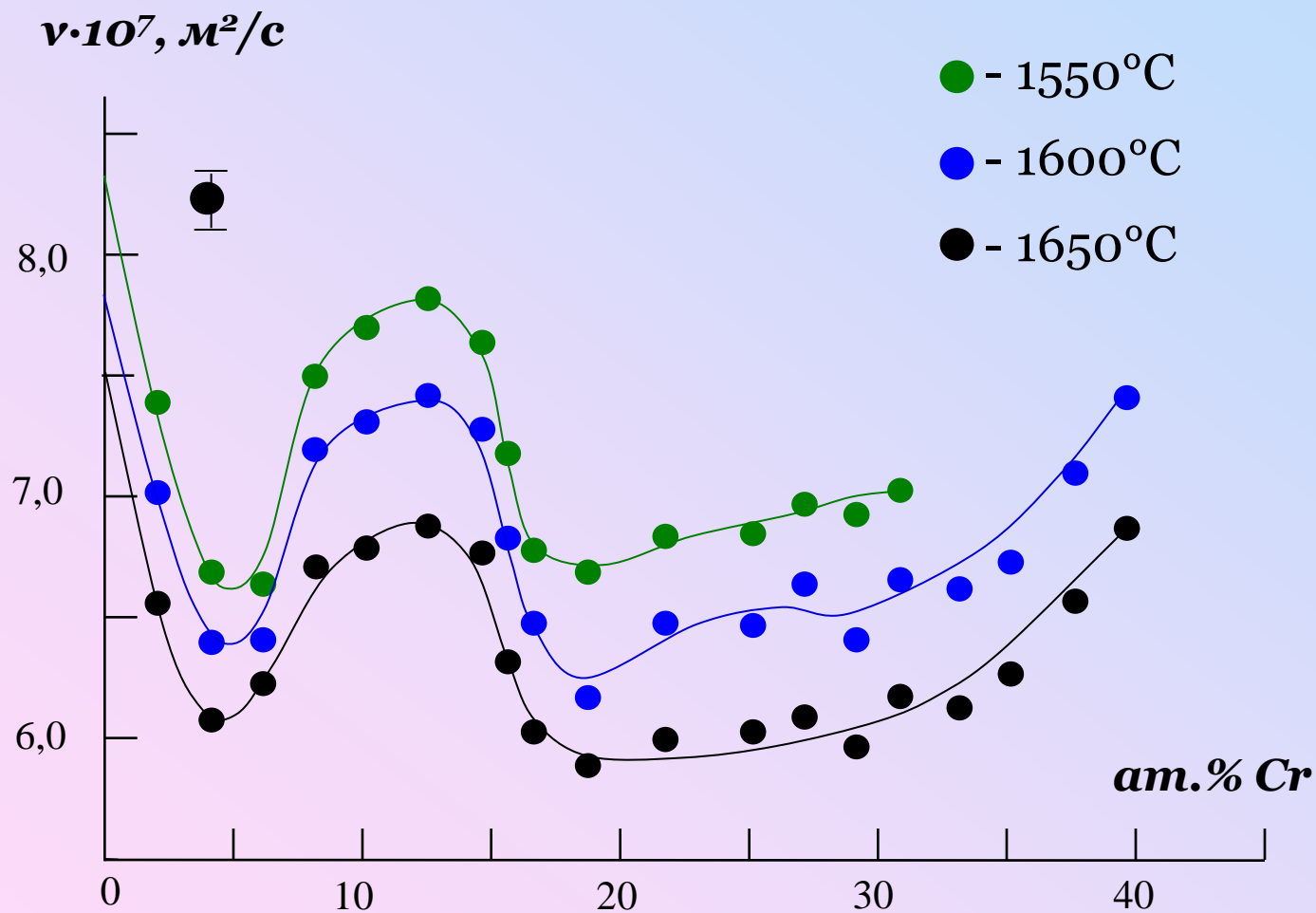
■ -  $\alpha$ -Fe(Cr)





# Концентрационные зависимости вязкости расплавов Fe-Cr

Камаева Л.В., Стерхова И.В., Ладьянов В.И. Неорганические материалы.





# Плотность и электросопротивление жидких сплавов Fe-Cr

Кудрявцева Е.Д., Довгопол М.П., Радовский И.З., Гельд П.В. Влияние состава на электросопротивление жидких сплавов железа с хромом. Журнал физической химии. 1980. т. LIV, №1, с.145-149.

Макеев В.В., Попель П.С. Исследование расплавов Fe-Cr и Ni-Cr методом гамма-денситометрии. Журнал физической химии. 1989, т. LXIII, №12, с.3278-3283.

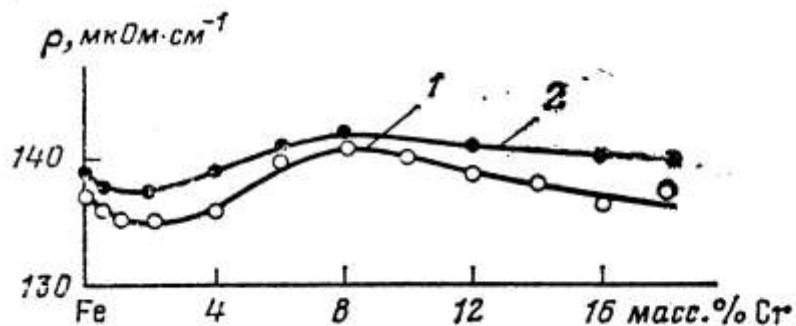


Рис. 1. Экспериментальная (1) и расчетная (2) изотермы электросопротивления Fe, Cr-расплавов при 1600° С

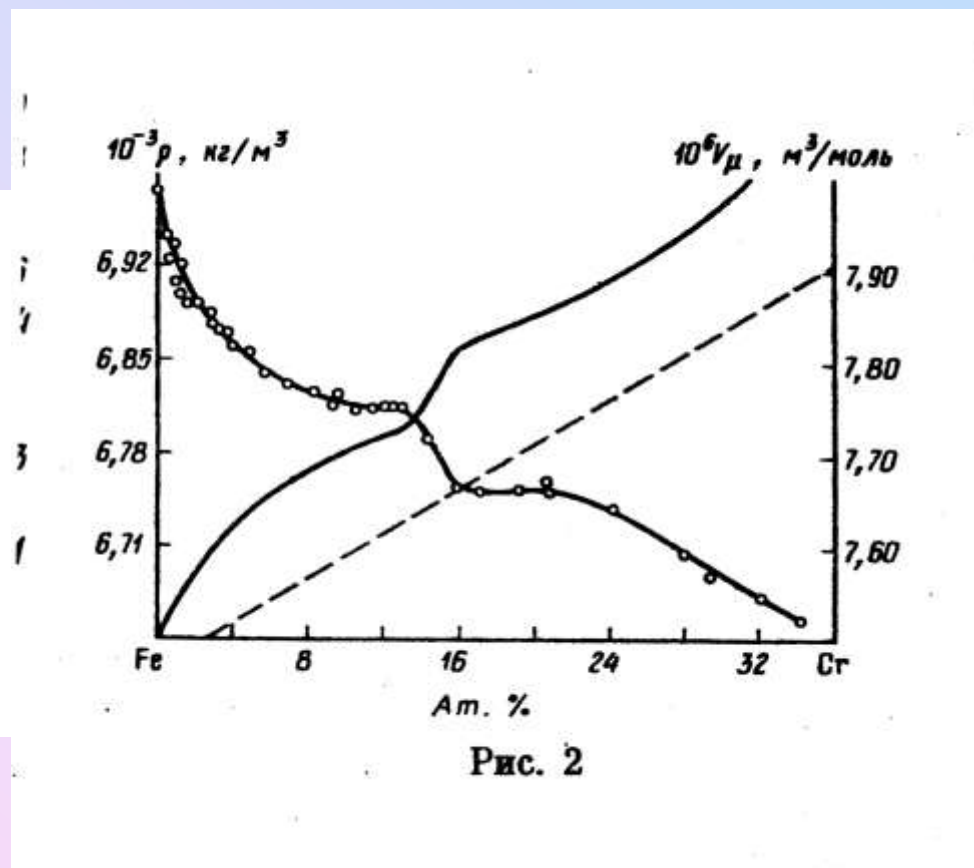
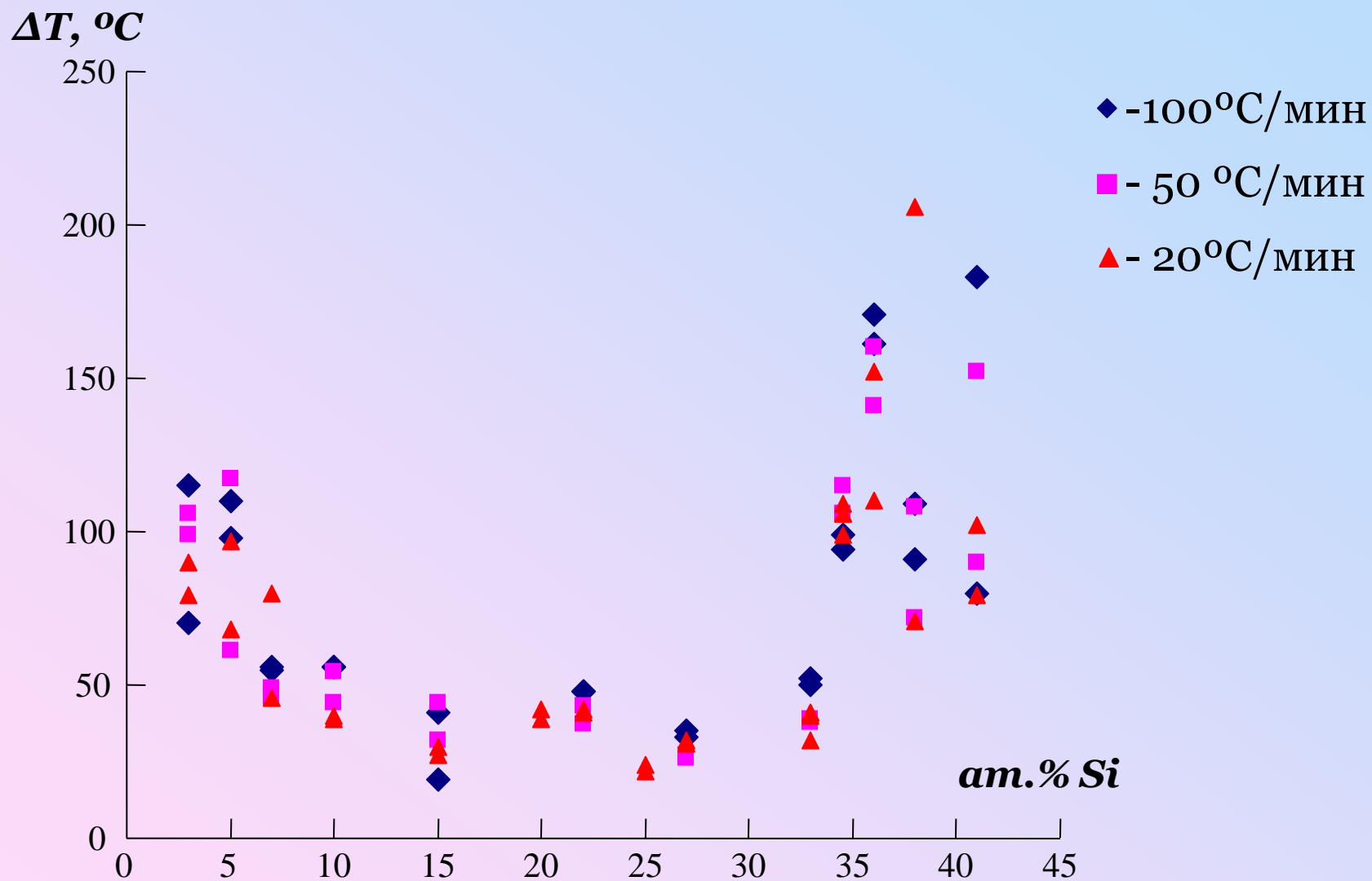


Рис. 2



# Зависимость переохлаждения от концентрации расплавов Fe – Si



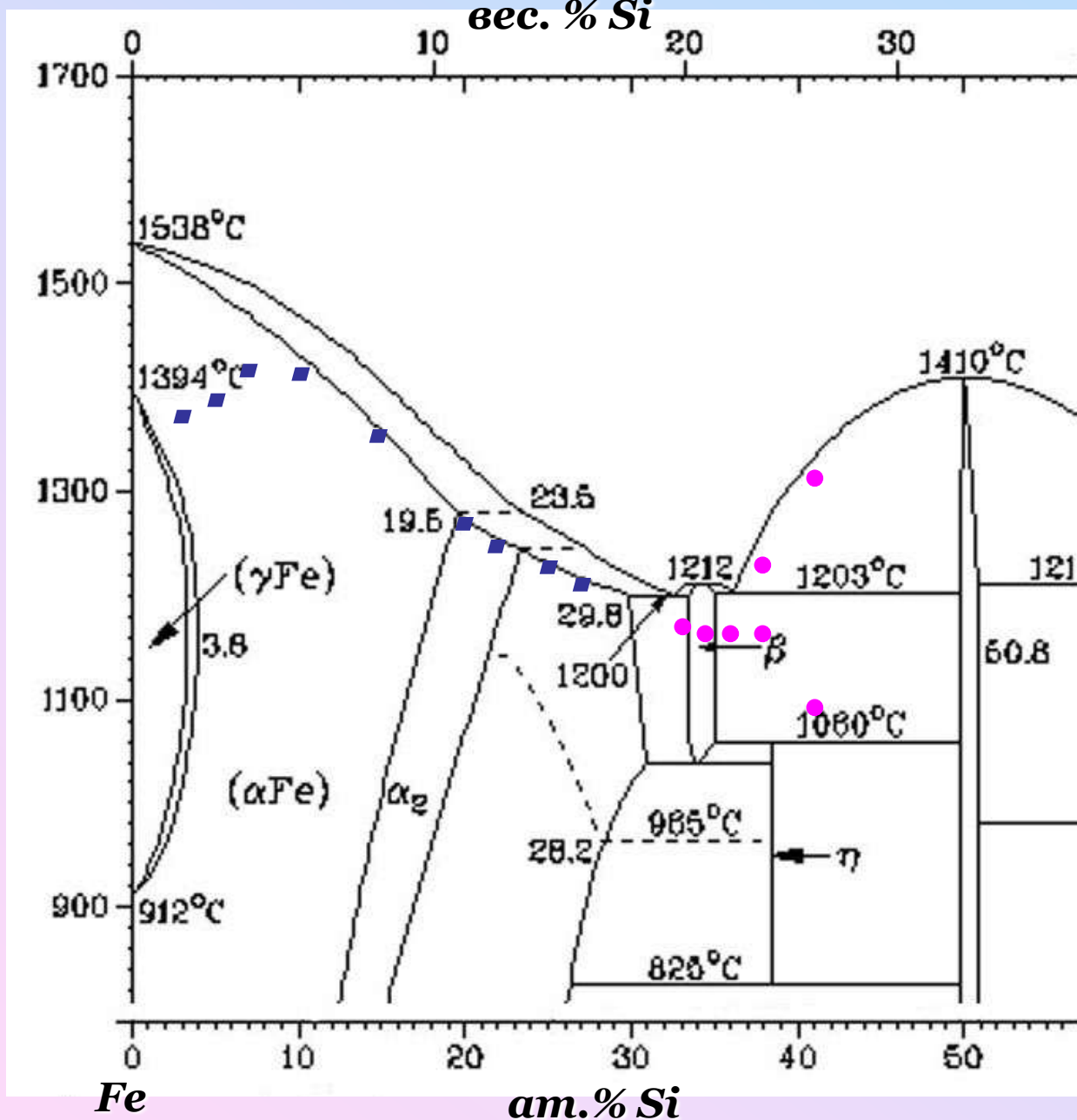


# Кристаллизация расплавов Fe – Si

вес. % Si

■ -  $\alpha$ -Fe(Si)

● - FeSi

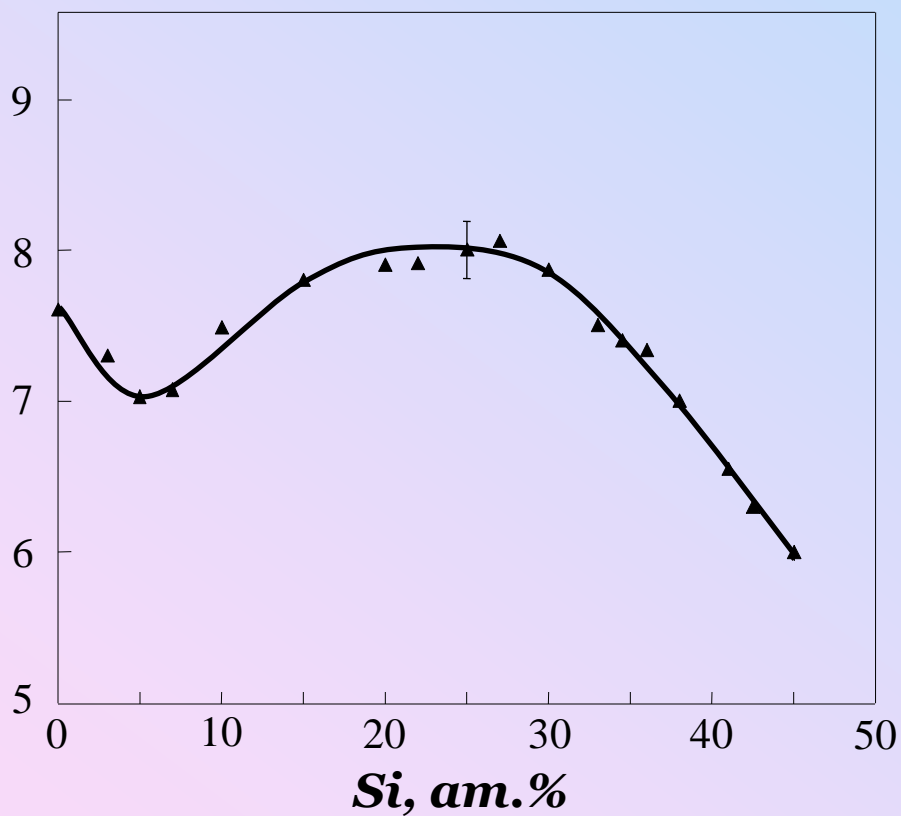




# Концентрационные зависимости вязкости расплавов Fe-Si

Бельтюков А.Л., Ладьянов В.И., Шишмарин А.И. Расплавы

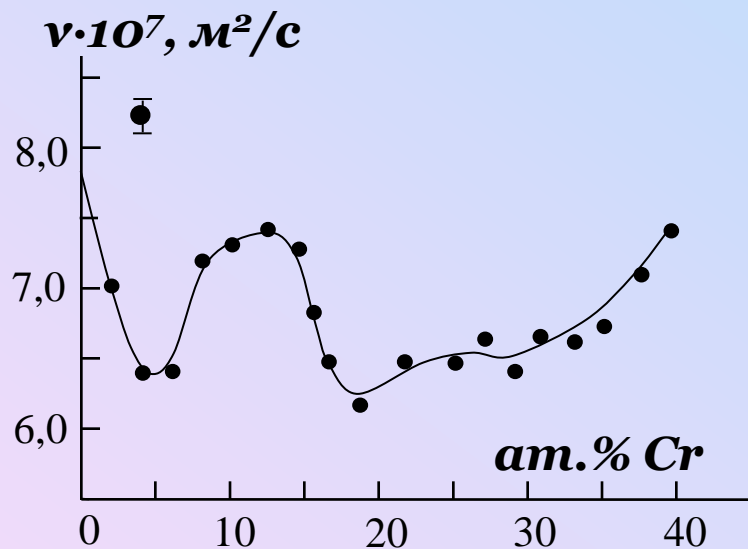
$\nu, 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$



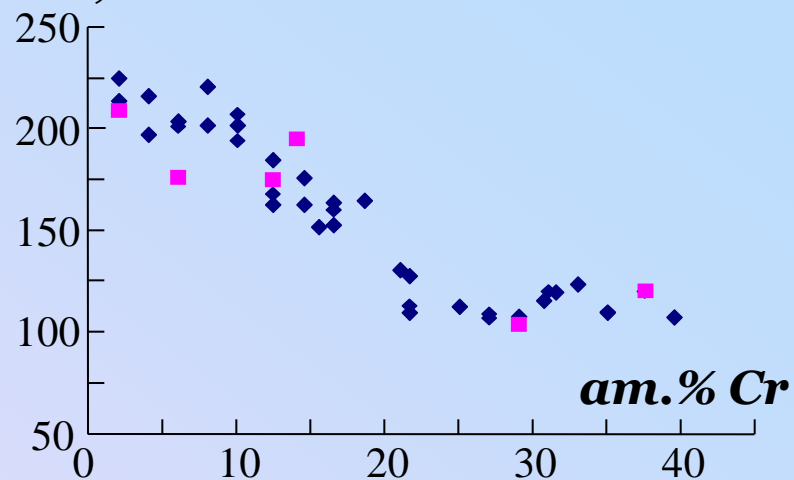


## Fe – Cr и Fe - Si

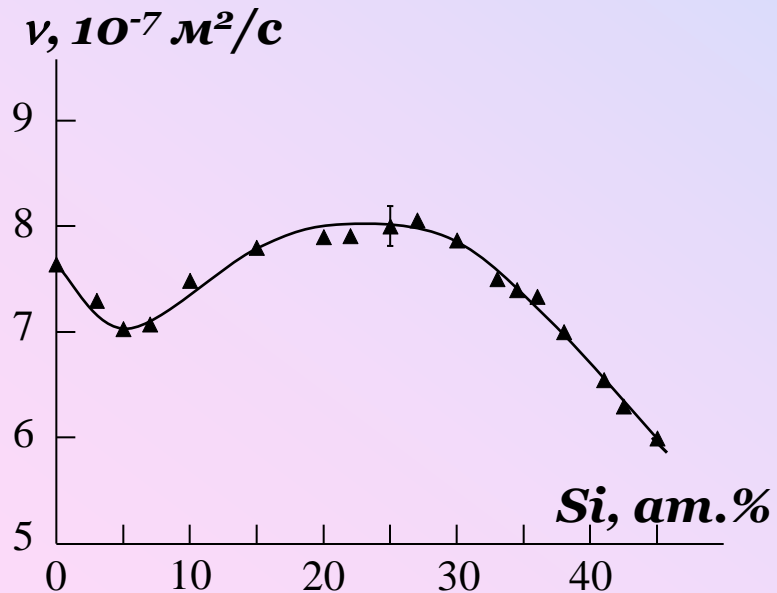
Fe-Cr



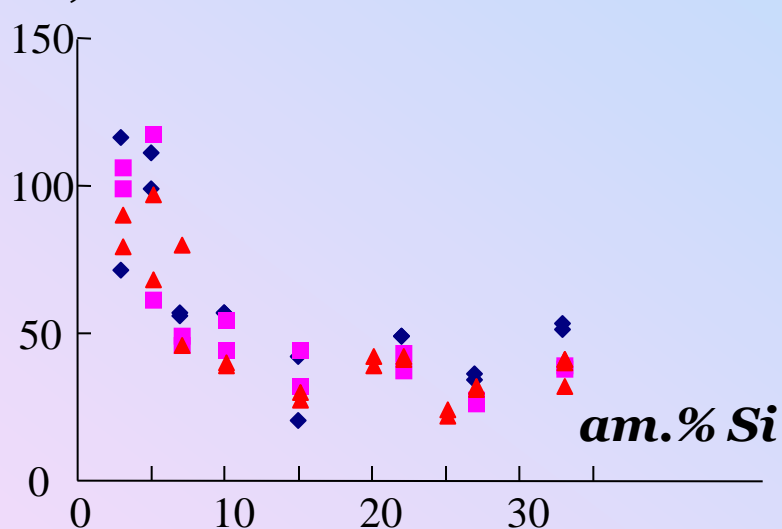
$\Delta T, ^\circ\text{C}$



Fe-Si



$\Delta T, ^\circ\text{C}$





## Структура жидкого железа ниже $t=1650^{\circ}\text{C}$

1. Пастухов Э.А., Ватолин Н.А., Лисин В.Л., Денисов В.М., Качин С.В. Дифракционные исследования строения высоко-температурных расплавов. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 354с.
2. Wang Huanrong, Ye Yifu, Wang Weimin, Qin Jingyu Atomic model of liquid pure Fe. Chinese Science Bulletin, v.46, №4 pp.300-303.

ОЦК : 1к.сф. – 8, 2к.сф. – 6

ГЦК: 1к.сф. – 12, 2к.сф. – 8



1к.сф. – 10, 2к.сф. – 7 (17) – **Φ1**

1к.сф. – 8, 2к.сф. – 6 – **Φ2**

**Φ1 → Φ2 при 2х атомах Cr или Si (12ат.%)**

## Вероятности

$$P_n(Fe, m) = (1-x)C_m^n (1-x)^{n-m} x^m$$

$$P_n(Cr, m) = xC_m^n (1-x)^{n-m} x^m$$



# Концентрационные зависимости вероятностей различных конфигураций для $\Phi 1$

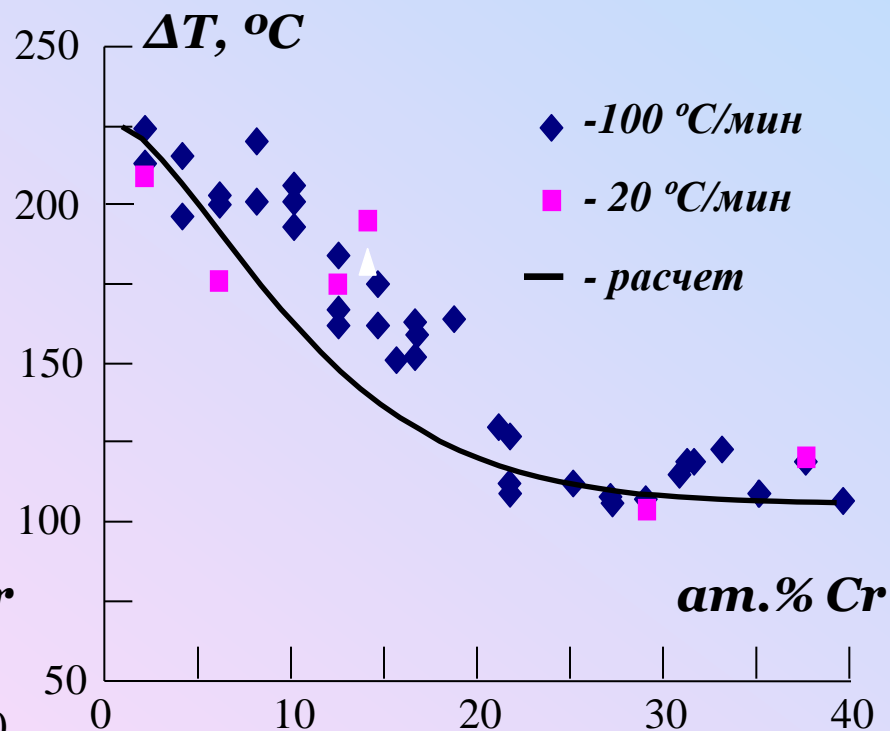
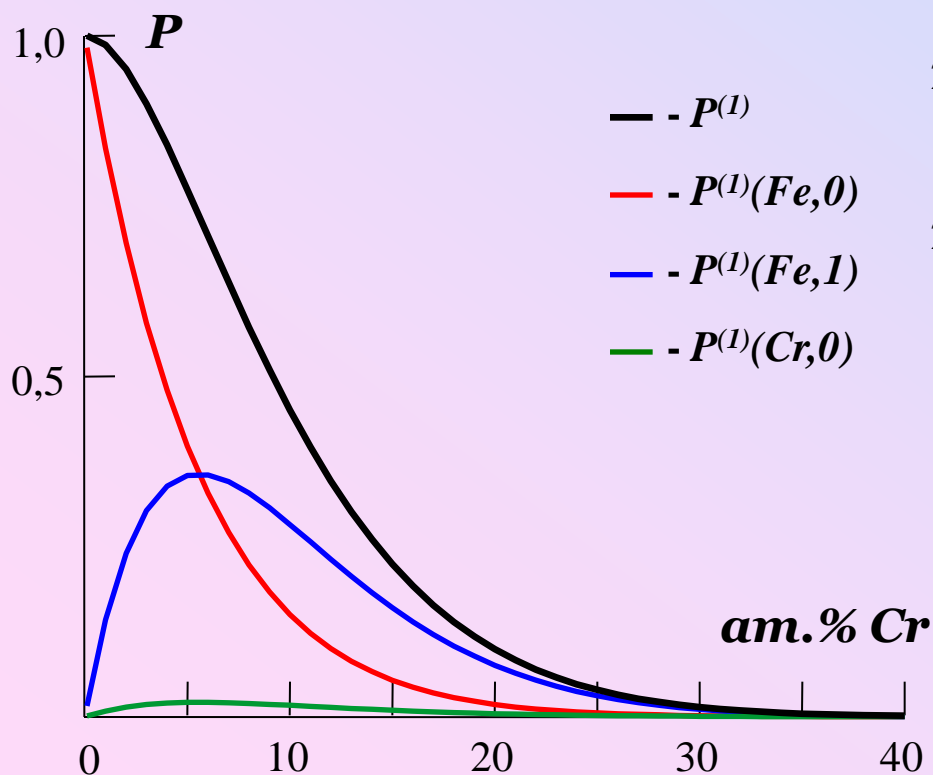
$$P^{(1)}(Fe,0) = (1-x)^{18}$$

$$P^{(1)}(Fe,1) = 17x(1-x)^{17}$$

$$P^{(1)}(Cr,0) = x(1-x)^{17}$$

$$P^{(1)} = P^{(1)}(Fe,0) + P^{(1)}(Fe,1) + P^{(1)}(Cr,0)$$

$$\Delta T = \Delta T_0 \cdot P^{(1)} + \Delta T_1 \cdot P^{(2)}$$





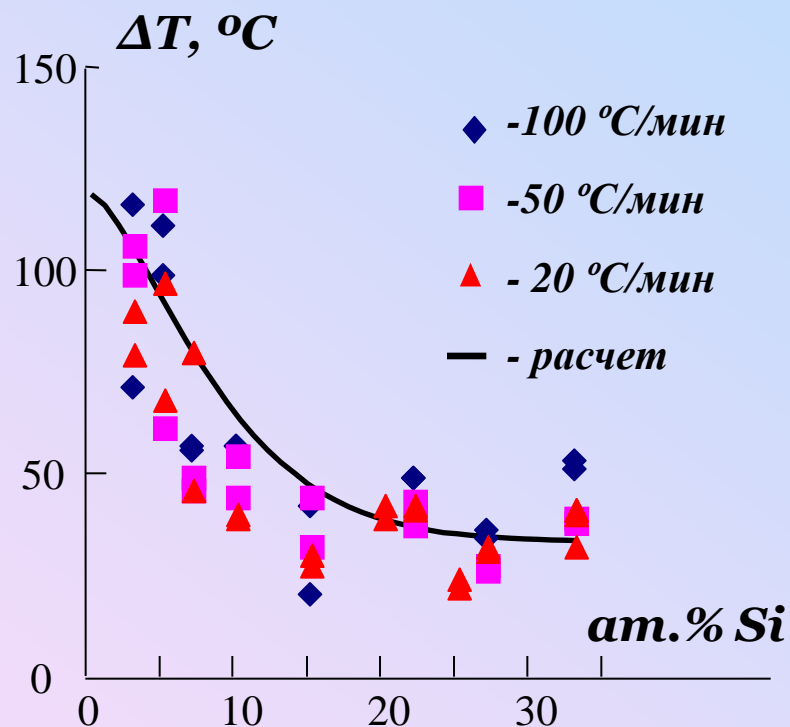
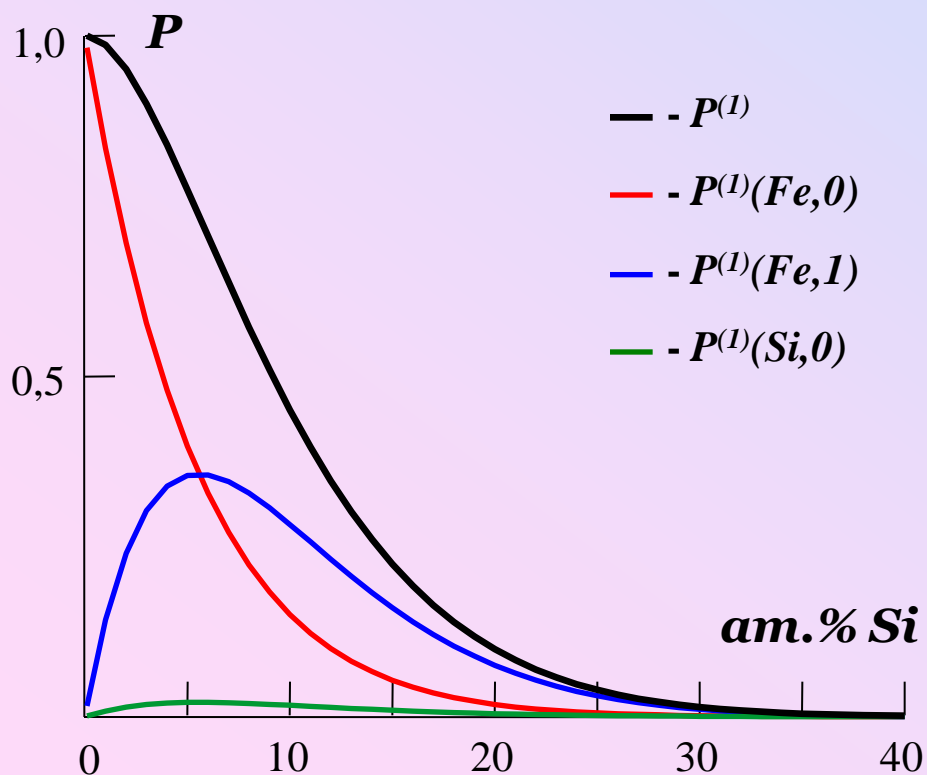
# Концентрационные зависимости вероятностей различных конфигураций для $\Phi 1$

$$P^{(1)}(Fe,0) = (1-x)^{18}$$

$$P^{(1)}(Fe,1) = 17x(1-x)^{17}$$

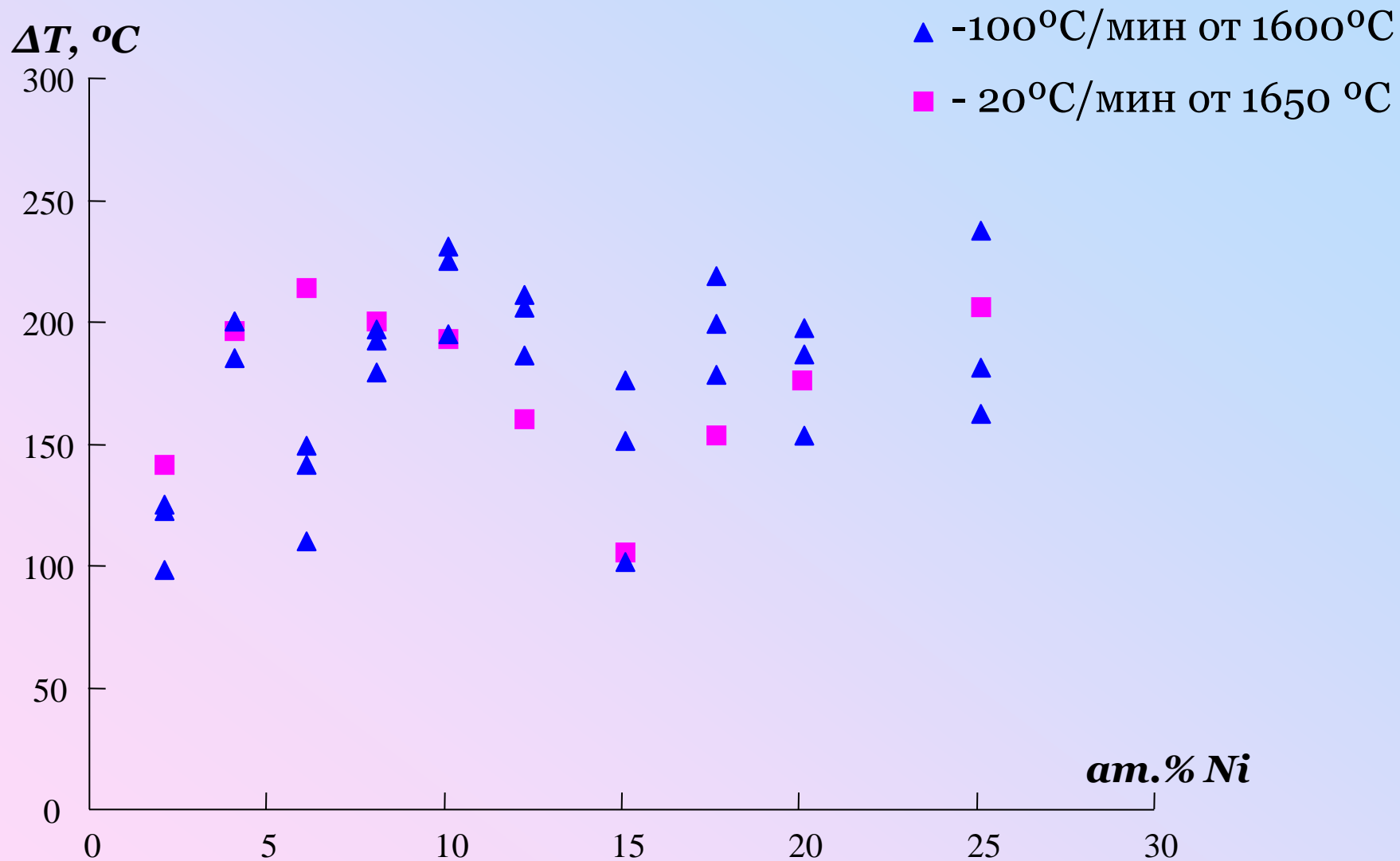
$$P^{(1)}(Si,0) = x(1-x)^{17}$$

$$\Delta T = \Delta T_0 \cdot P^{(1)} + \Delta T_1 \cdot P^{(2)}$$





# Зависимости переохлаждения от концентрации расплавов Fe-Ni

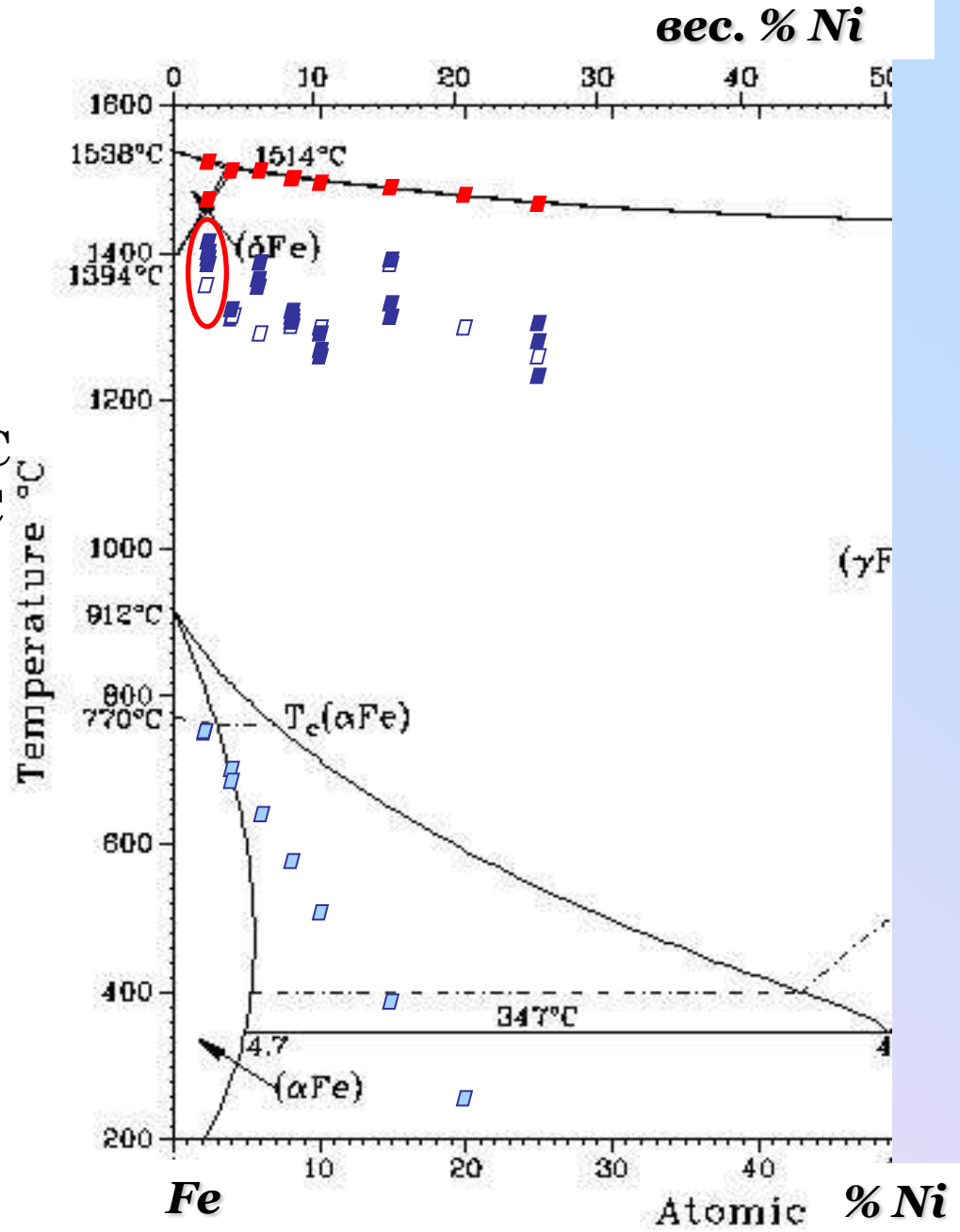


# Кристаллизация расплавов Fe – Ni

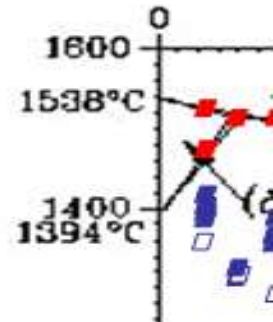
 - нагрев

■ - охлаждение от 1600 °C

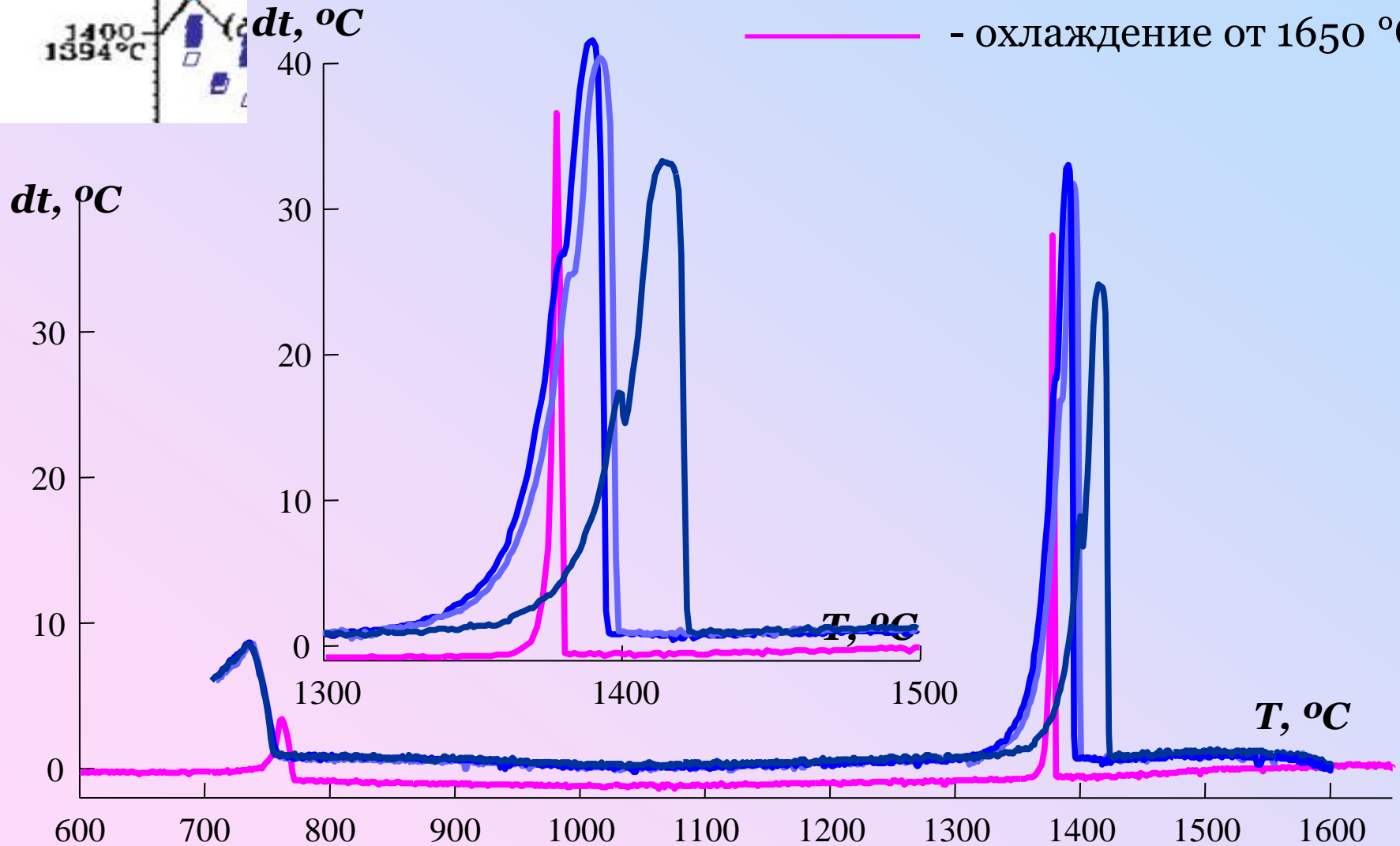
 - охлаждение от 1650 °C



# Кристаллизация сплава $\text{Fe}_{98}\text{Ni}_2$



— } - охлаждение от 1600 °C  
— }  
— }  
— }  
— } - охлаждение от 1650 °C



## Выводы:

- Проведенные исследования переохлаждения расплавов Fe-Cr и Fe - Si до 40 ат.% Cr и Si соответственно, показали, что в концентрационном интервале 5-12 ат.% наблюдается резкий рост кристаллизационной способности твердого раствора на основе  $\alpha$ -Fe. Полученные зависимости  $\Delta T(x)$  можно объяснить изменением типа ближнего порядка при увеличении числа атомов хрома или кремния в ближайшем окружении железа.

***Спасибо за внимание***