

Фазовые равновесия с участием фаялитных шлаков в процессах кислородно-факельной плавки

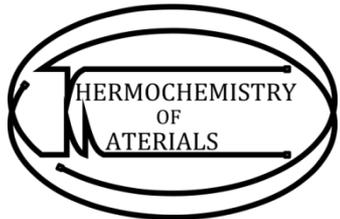


МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА



Студент 405 группы Попов К. К.

Преподаватель Осин С. Б.



Научный руководитель Стародуб К. Ф.

Задача

Моделирование фазового состава образцов шлака
медеплавильного завода

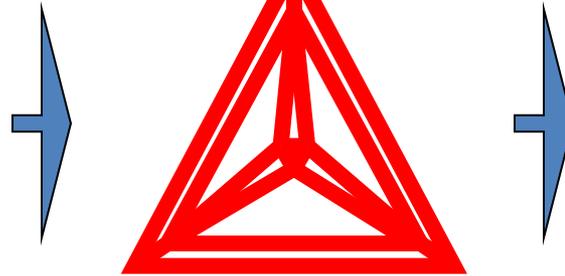


План работы

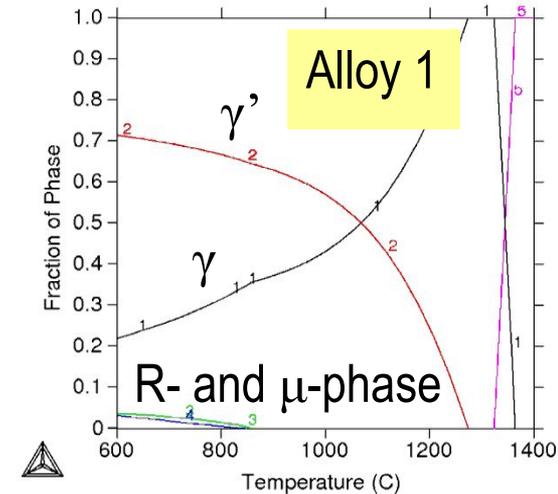
Первичная подготовка -> Световая микроскопия -> Электронная сканирующая микроскопия (ЭСМ) -> Термодинамические расчеты -> Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК)

Method

Термодинамические базы данных



Thermo-Calc MTDATA



Определение свободной энергии Гиббса для каждой из фаз

$$G_m^\phi(T, P, x_i^\phi)$$

Минимизация общей свободной энергии Гиббса при заданных условиях

$$G = \sum_{\phi} N^{\phi} G_m^{\phi}(T, P, x_i^{\phi})$$

$$\frac{\partial G}{\partial x_i^{\phi}} = 0$$

Результат

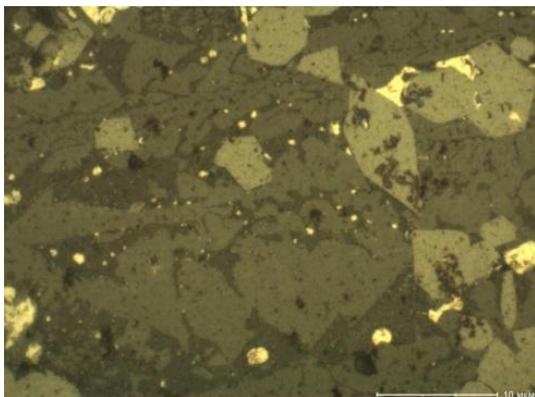
Экспериментальные данные

Световая микроскопия



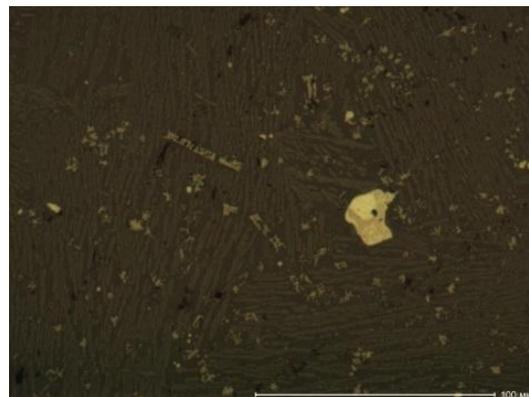
Световой микроскоп Olympus GX71F-5

Образец №1



100x

Образец №2



40x

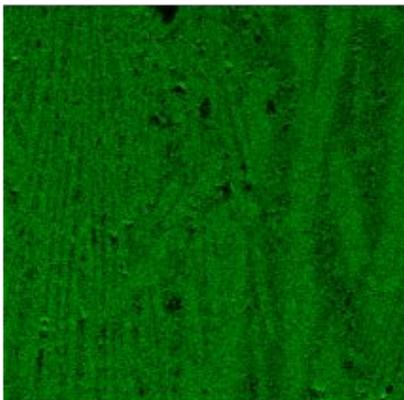
Сканирующая электронная МИКРОСКОПИЯ



**Электронный сканирующий микроскоп
TESCAN VEGA LMH с катодом LaB6 и
системой рентгеновского
энергодисперсионного микроанализа Oxford
Instruments Advanced AZtecEnergy**

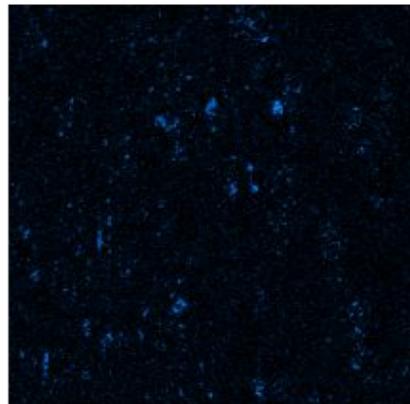
Образец №1

O K α 1



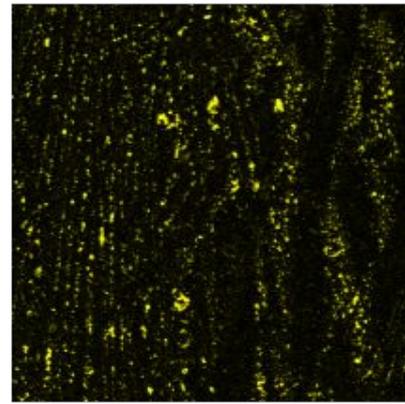
500 μ m

Cu K α 1



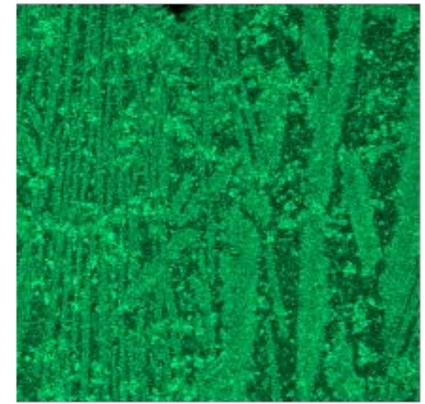
500 μ m

S K α 1



500 μ m

Fe K α 1

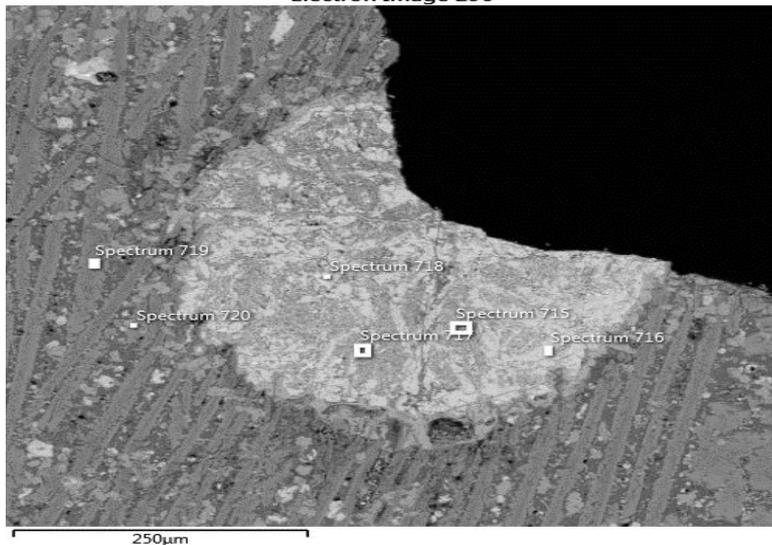


500 μ m

5

Сводная таблица состава %ат.

Electron Image 290

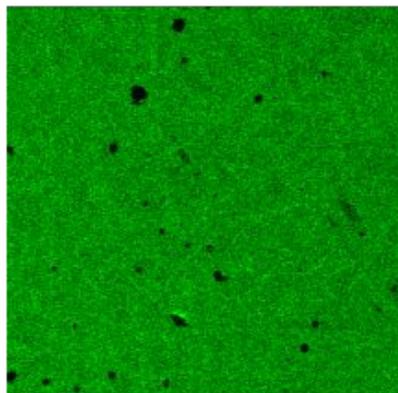


Спектр	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Общее
Спектр р 715	46.05			1.33	17		0.21			22.97		11.2		0.88	100
Спектр р 716					51					24.67	0.33	23.6			100
Спектр р 717	48.53			1.29	16					22.42		12			100
Спектр р 718					52					24.93	0.31	23.2			100
Спектр р 719	50.86	2.47	3.17	22.5	1.3	1.04	0.89		0.24	17.05		0.15	0.4		100
Спектр р 720	51.94	1.02	6.62	1.64			0.11	0.76		37.37			0.6		100

Сканирующая электронная микроскопия

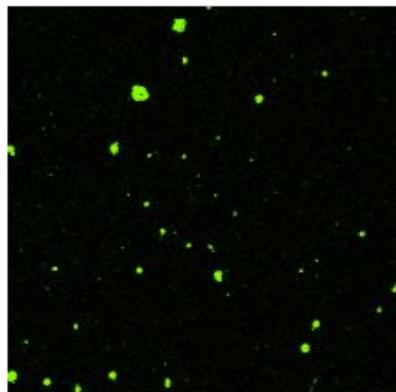
Образец №2

O K α 1



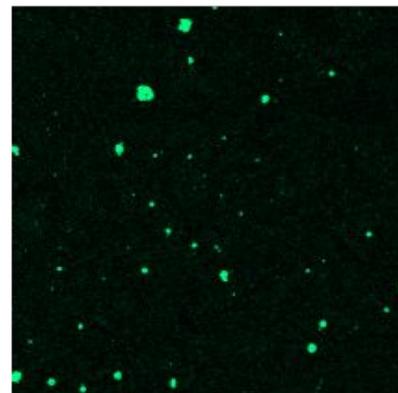
250 μ m

Cu K α 1



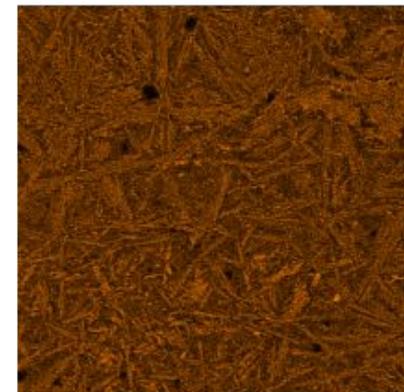
250 μ m

S K α 1



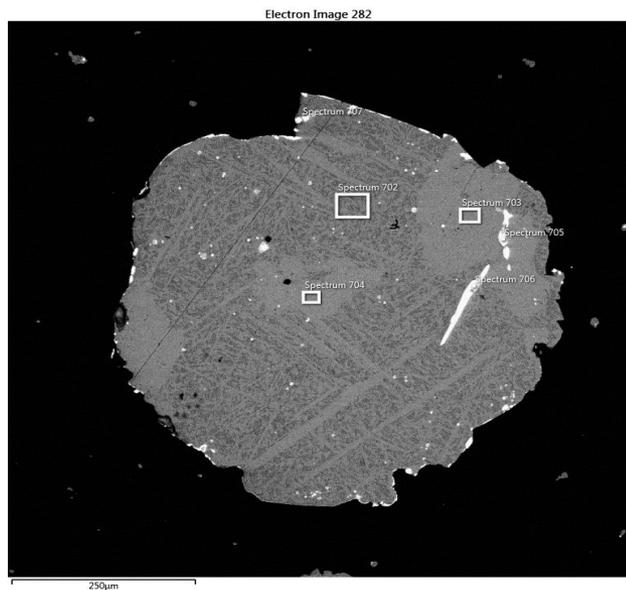
250 μ m

Fe K α 1



250 μ m

Сводная таблица состава %ат.

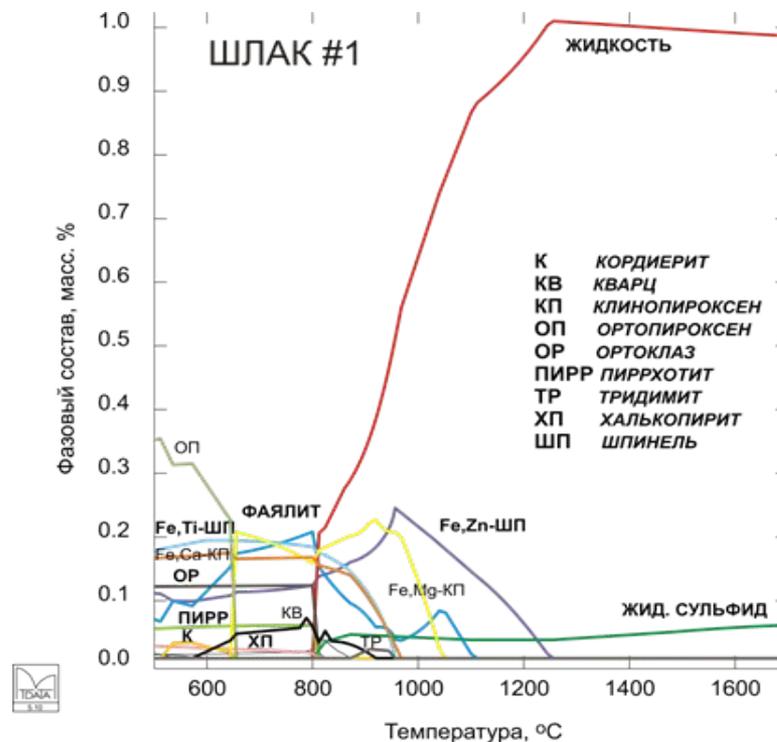
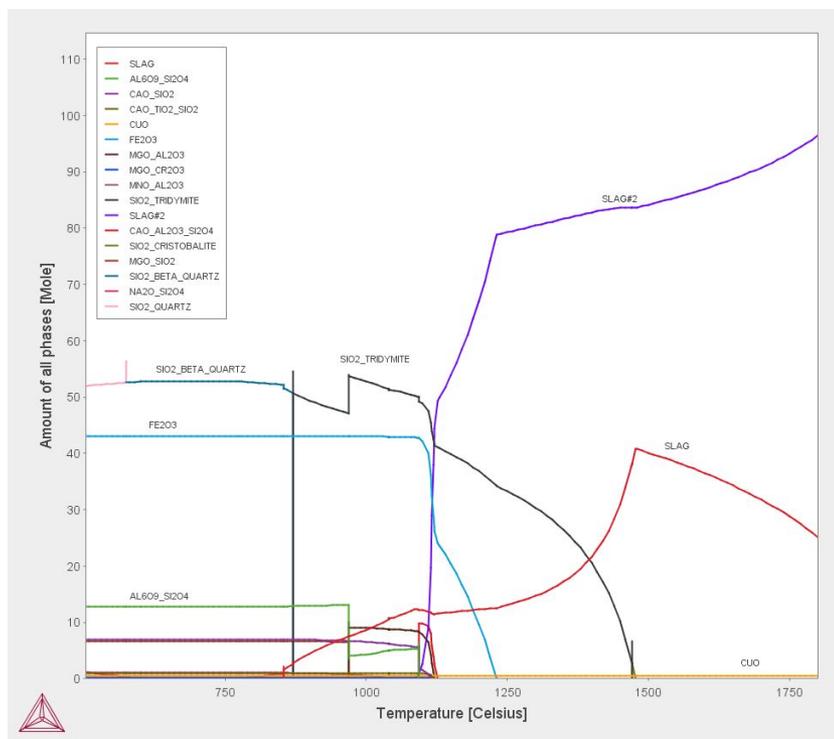


Спектр	O	S	Fe	Cu	Pb	Общее
Спектр 702		36.7	4.41	58.84		100
Спектр 703		34.9	0.25	64.89		100
Спектр 704		35		64.98		100
Спектр 705	8.03	42.5		7	42	100
Спектр 706	9.2	42.1		6.73	42	100
Спектр 707	14.41	38.6	1.17	8.73	37	100

Термодинамические расчёты

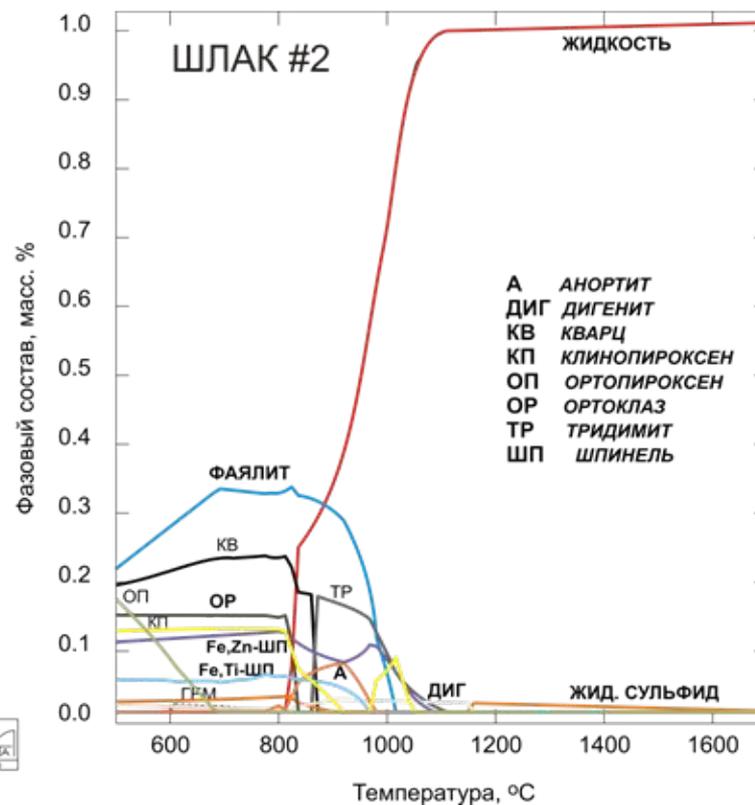
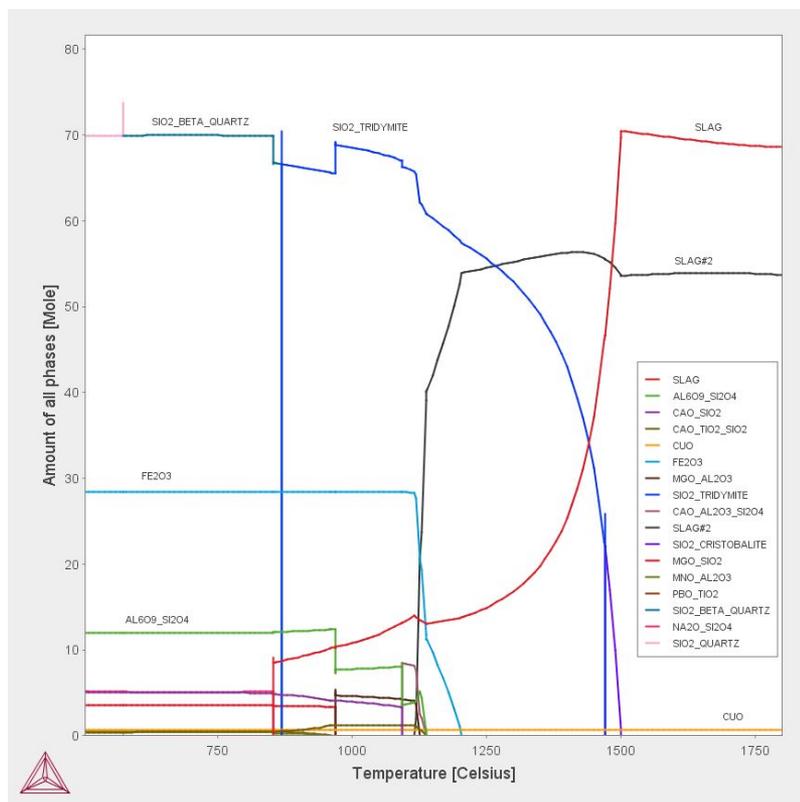
Используем для расчетов составы образцов, полученные в СЭМе

Образец №1



Термодинамические расчёты

Образец №2



Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК)



Калориметр DSC Labsys evo (до 1600 °С) с дополнительным 3D детектором типа (Tian-Calvet) для измерения C_p

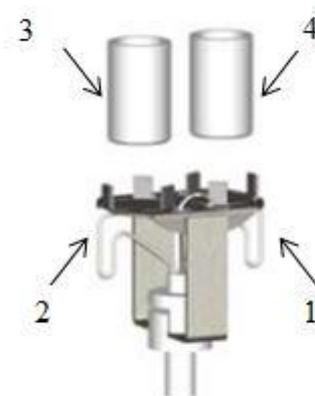
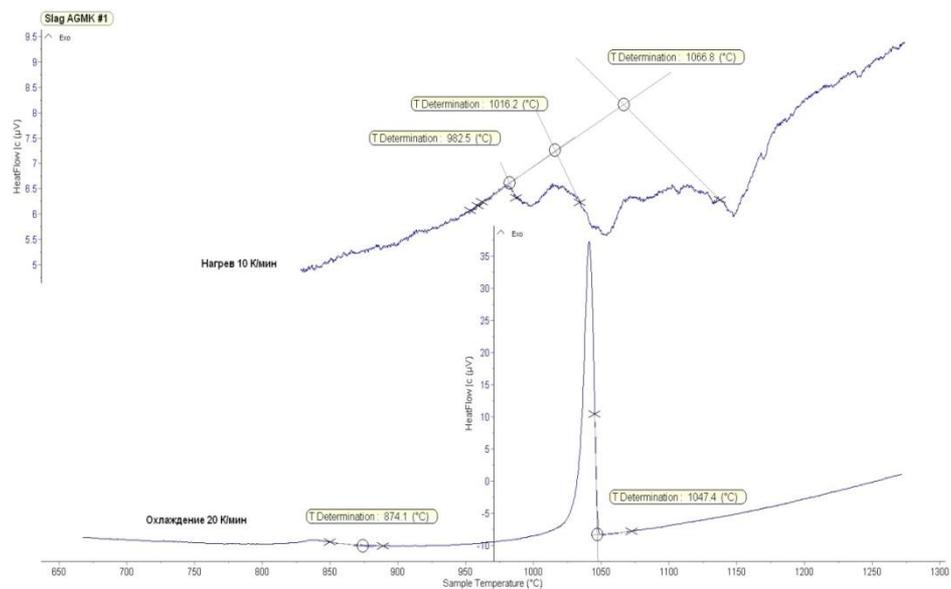
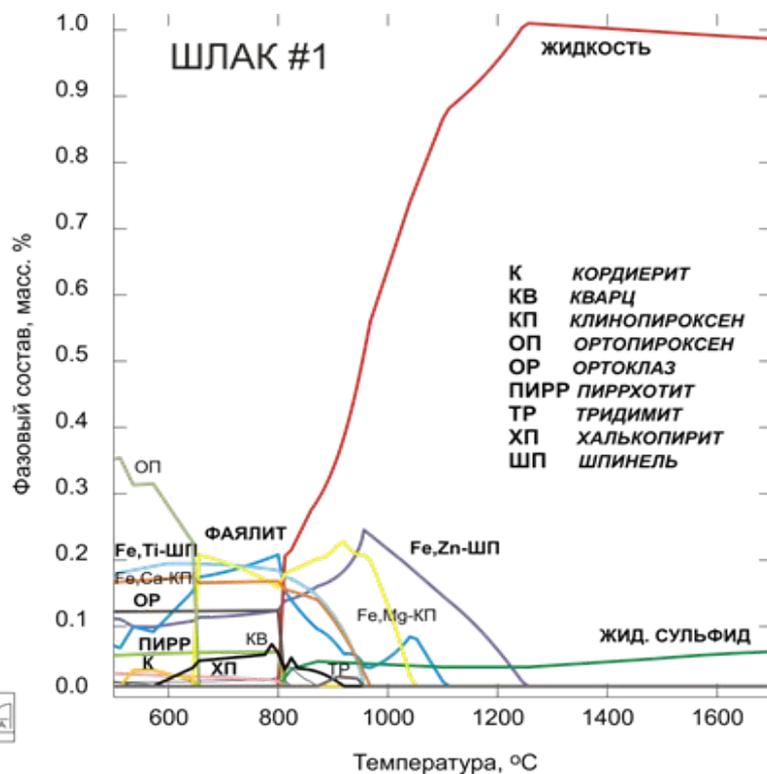


Схема измерительной ячейки

1. Термопара для измерения температуры печи.
2. Дифференциальная термопара для измерения разницы температур
3. Пустая ячейка
4. Ячейка с образцом

Сравнение результатов ДСК и МТДАТА



Выводы

1. Исследования методом световой микроскопии показали, что все образцы содержат сульфидные фазы в виде округлых включений. Анализ шлаков методом СЭМ показал, что медь входит в состав исследуемых образцов в виде сульфидных соединений. Термодинамические расчеты подтверждают образование сульфидных фаз из расплава при кристаллизации шлаков.
2. Основными составляющими исследуемых образцов являются фаялит и оксиды железа, что также подтверждается термодинамическими расчетами.
3. Для моделирования шлаков больше подходит MTDATA, которая даёт небольшую погрешность, связанную с различием атмосфер в моделировании и в калориметрии. Проверка результатов моделирования была выполнена с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии. Показано наличие расхождений в 10-30 °С в температурах фазовых переходов, полученный методами моделирования и ДСК.

Спасибо за внимание!