



**О. А. Есин**  
**П. В. Гельд**

**ФИЗИЧЕСКАЯ  
ХИМИЯ  
ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ**

**Часть вторая**

**Взаимодействия  
с участием  
расплавов**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЕТАЛЛУРГИЯ»**



*Основоположникам теории  
металлургических процессов  
А. А. Байкову и И. А. Соколову  
посвящается*

## Оглавление

Предисловие к первому изданию .....	5
Предисловие ко второму изданию .....	7

### Глава первая

#### Жидкие металлы

1. Сравнение жидких металлов с твердыми .....	10
Изменение объема и теплота плавления .....	10
Механические свойства .....	12
Изменение теплоемкости и других свойств .....	13
2. Распространение света в твердых телах и жидкостях .....	16
Твердые тела .....	16
Жидкости .....	18
3. Модель жидкости .....	20
4. Дифракция рентгеновских лучей в жидкости .....	24
Ближний порядок .....	26
Координационное число .....	31
5. Теория роев, или сиботаксисов .....	36
Эвтектические сплавы .....	37
Интерметаллические соединения .....	44
Изменение ближнего порядка в предкристаллизационный период .....	47
6. Механическая и термодинамическая устойчивость жидкости .....	51
7. Предплавление .....	56
8. Аномалии теплоемкости, теплового расширения, модуля сдвига и других свойств .....	61
Литература .....	65

## Глава вторая

### Стеклообразное состояние

1. Строение стекла .....	81
Гипотеза беспорядочной сетки и анализ Фурье .....	85
Экспериментальное обоснование кристаллитной теории .....	87
Коэффициенты преломления .....	89
Рентгеноструктурные исследования .....	90
Химическая обработка .....	95
Электроннографические и электронномикроскопические исследования .....	97
Спектры поглощения и комбинационного рассеяния .....	98
Теплоемкость, сжимаемость и другие свойства .....	103
2. О природе связей в стеклах .....	105
Электролиз .....	105
Электропроводность .....	109
Влияние температуры .....	110
Влияние состава .....	116
Изломы на изотермах и нейтрализационный эффект .....	121
Сильные электрические поля и диэлектрические потери .....	125
Вязкость стекол .....	128
Литература .....	131

## Глава третья

### Жидкие шлаки

1. Молекулярная теория строения шлаков .....	139
2. Кислотно-основные свойства шлаков .....	143
3. Электролиз жидких шлаков .....	148
Электролиз железистых и кобальтовых шлаков .....	149
Электролиз марганцевых и хромистых шлаков .....	153
Электролиз доменных шлаков .....	155
Электролиз ванадиевых и фосфористых шлаков .....	157
4. Числа переноса ионов в шлаках .....	160
5. Электропроводность шлаков .....	165
Зависимость от температуры .....	167
Влияние состава .....	170
Полупроводниковые свойства .....	183
6. Вязкость шлаков .....	186
Зависимость от температуры .....	186
Влияние состава .....	192
7. Диффузия и подвижность ионов в шлаке .....	206
8. Удельный объем и термическое расширение жидких шлаков .....	223
9. Поверхностное натяжение .....	230
Индивидуальные окислы .....	230
Растворы окислов и других соединений .....	235
Температурный коэффициент .....	244
10. Понижение температуры затвердевания и теплоемкость .....	248
11. Электродвижущие силы .....	254
12. О структуре расплавленных шлаков .....	263

13. Применение статистической термодинамики для анализа зависи-	
мости активности компонентов от состава шлака .....	291
Теория совершенных ионных растворов .....	291
Теория регулярных ионных растворов .....	313
Литература .....	333

## Глава четвертая

### Элементы, растворенные в металле

1. Равновесия между газом и металлом .....	345
Двухатомные газообразные элементы .....	345
Сложные газы .....	353
2. Электродвижущие силы и другие характеристики .....	363
3. Диффузия газов в металлах .....	376
4. Электролитический эффект в металлах и сплавах .....	383
О механизме электропереноса .....	386
Электроперенос углерода в железе .....	393
Заряд иона углерода .....	395
Перенос других ионов .....	398
5. Магнитная восприимчивость .....	402
Литература .....	405

## Глава пятая

### Взаимодействие жидкого металла и шлака

1. Электрохимическая теория взаимодействия жидкого металла (или	
штейна) со шлаком .....	411
Поляризация .....	412
Электрокапиллярные кривые .....	417
Электрокапиллярные движения .....	424
Качественная картина взаимодействия .....	430
Уравнения равновесия .....	435
Ряд напряжений .....	438
Кинетика взаимодействия металла со шлаком .....	441
2. Реакция обессеривания .....	450
Взаимодействие железа с газами, содержащими серу .....	452
Взаимодействие шлака с содержащими серу газами .....	469
Взаимодействие металла со шлаком .....	477
Кинетика обессеривания металла шлаком .....	520
О механизме реакции .....	529
Обессеривание металла и шлака электролизом .....	533
Литература .....	541

## Глава шестая

### Дефосфорация и обезуглероживание

1. Реакция обесфосфоривания .....	551
Формы существования и активность фосфора в жидком металле и шлаке .....	552
Равновесие для простейших железистых шлаков .....	564
Влияние окиси кальция .....	569
Совместное влияние окиси кальция и закиси железа .....	573
Влияние закиси марганца и окиси магния .....	579
Влияние глинозема и кремнезема .....	581
Влияние фтористого кальция .....	584
Влияние марганца .....	585
Расчетные формулы, отражающие влияние температуры и состава .....	586
О механизме и месте протекания реакции .....	592
О внепечном удалении фосфора .....	595
2. Процесс обезуглероживания .....	596
Схема процесса окисления углерода .....	597
Переход кислорода из газа в шлак .....	600
Переход кислорода из шлака в металл .....	609
Диффузия кислорода внутри шлака .....	616
Равновесие реакций выгорания углерода .....	621
Фактические концентрации углерода и кислорода в металлической ванне .....	640
Расположение фронта реакции .....	644
О кинетике реакций между углеродом и кислородом, растворенными в жидком металле .....	648
Равновесие пузырька с металлом .....	658
Влияние поверхности твердого тела на зарождение пузырьков .....	665
О возможности зарождения пузырьков в объеме жидкой стали .....	678
Образование пузырьков на границе металл — шлак и вспенивание .....	679
Литература .....	690