

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
ЧАСТЬ 1. ГЕТЕРОГЕННЫЕ РЕАКЦИИ И КАТАЛИЗ: ОСНОВЫ ФОРМАЛЬНОКИНЕТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ	
Глава 1. Введение в теорию гетерогенного катализа.....	9
1.1. Общая характеристика гетерогенно-каталитических реакций.....	9
1.2. Геометрические факторы в катализе.....	16
1.3. Энергетические факторы в катализе.....	27
1.4. Электронные факторы в катализе.....	33
1.5. Кислотно-основные свойства катализаторов.....	46
1.6. О динамике каталитического процесса.....	48
1.7. О прогнозировании каталитической активности на основе корреляций.....	50
Литература.....	52
Глава 2. Методы исследования гетерогенно-каталитических реакций и катализаторов.....	61
2.1. Методы изучения гетерогенно-каталитических реакций.....	61
2.2. Методы исследования гетерогенных катализаторов.....	65
2.2.1. Анализ кристаллической структуры катализаторов.....	65
2.2.2. Определение удельной поверхности катализаторов.....	67
2.2.3. Пористость и текстура.....	69
Литература.....	70
Глава 3. Основы кинетики гетерогенных реакций.....	73
3.1. Первичные термины и основные положения теории формальной кинетики химических реакций.....	73
3.2. Равновесие и кинетика адсорбционных стадий каталитических процессов.....	86
3.2.1. Идеальный адсорбированный слой.....	86
3.2.2. Реальный адсорбированный слой.....	93
3.3. Кинетика каталитических реакций в идеальном адсорбированном слое.....	100
3.3.1. Лимитирующая стадия — поверхностная реакция.....	100
3.3.2. Лимитирующая стадия — адсорбция или десорбция одного из веществ.....	101
3.3.3. Каталитические реакции без лимитирующей стадии.....	104
3.4. Кинетика каталитических реакций в реальных адсорбированных слоях.....	105
3.5. Оптимальный катализатор двухстадийной реакции.....	109
3.6. О теории абсолютных скоростей элементарных реакций.....	112
3.7. Основные уравнения электрохимической кинетики.....	131
Литература.....	146
Глава 4. Диффузионное торможение гетерогенных реакций.....	156
4.1. Общая характеристика закономерностей массопереноса к внешней поверхности твёрдого тела.....	156

4.2. Смешанная кинетика простых гетерогенных реакций в приближении диффузионного пограничного слоя.....	174
4.2.1. Простые реакции с участием одного вещества.....	175
4.2.2. Простые реакции с участием нескольких веществ.....	181
4.3. Смешанная кинетика сложных гетерогенных реакций в приближении диффузионного пограничного слоя.....	188
4.3.1. Двусторонние реакции.....	188
4.3.2. Последовательные реакции.....	191
4.3.3. Параллельные реакции.....	193
4.4. О нестационарной смешанной кинетике гетерогенных реакций в приближении диффузионного пограничного слоя.....	195
4.5. Температурные режимы гетерогенно-каталитических процессов.....	198
4.6. Внутреннедиффузионное торможение каталитических реакций.....	203
4.7. Некоторые модельные системы с равнодоступной и неравнодоступной поверхностью.....	213
4.7.1. Пристеночная струя.....	213
4.7.2. Тела вращения, обтекаемые соосным потоком жидкости.....	216
4.7.3. Поток в трубе.....	226
4.7.4. Системы с одной или двумя активными зонами.....	233
4.7.5. Системы с дискретнонеоднородной поверхностью.....	245
Литература.....	256
Г л а в а 5. Закономерности образования новой фазы в гетерогенных реакциях.....	262
5.1. Образование зародышей новой фазы.....	262
5.2. Кинетика роста зародышей новой твёрдой фазы в объёме реагента.....	272
5.3. Рост новой твёрдой фазы на поверхности твёрдого реагента.....	281
5.4. Образование и рост газовых пузырьков.....	291
Литература.....	302
ЧАСТЬ 2. КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УТИЛИЗАЦИИ CO₂ В СИСТЕМАХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМОНАВТОВ	
Г л а в а 6. Стехиометрия процессов регенерации кислорода.....	309
6.1. Общая характеристика процессов утилизации CO ₂ в системах жизнеобеспечения экипажей космических объектов.....	309
6.2. Материальные балансы некоторых вариантов СУУГ.....	314
Литература.....	323
Г л а в а 7. Анализ термодинамического равновесия процессов утилизации углекислого газа.....	326
7.1. Некоторые типовые модели ТДР сложных газофазных химических процессов.....	327
7.1.1. Первичные термины.....	327
7.1.2. Уравнения ТДР химического процесса в реакторе R при $P=\text{const}$	328
7.1.3. Уравнения разделителя компонентов S.....	330
7.1.4. Уравнения смесителя M.....	331
7.1.5. Уравнения ТДР для одного модуля RS.....	331
7.1.6. Уравнения ТДР для N последовательно соединённых модулей RS.....	332
7.1.7. Уравнения ТДР для рециркуляционной системы RSM.....	332
7.2. ТДР реакций гидрирования CO ₂ до CH ₄ , CO и H ₂ O в системе RS.....	334
7.3. ТДР процесса Боша (система RSM).....	336
7.3.1. Модель ТДР процесса Боша.....	336
7.3.2. Влияние различных параметров на ТДР процесса Боша.....	338

7.3.3. О независимости предельного равновесия от того, присутствует или нет твёрдый углерод в реакторе в начальный момент.....	340
7.3.4. Об устойчивости предельного равновесия.....	340
7.3.5. Некоторые зависимости для случаев $C_{i2} \neq 2C_{i1}$	341
7.3.6. ТДР процесса Боша в случае «неполных» систем компонентов.....	342
7.4. ТДР химических реакций в системе $R_1S_1R_2M$: реакция метанирования CO_2 +крекинг CH_4 до C и H_2	344
7.5. ТДР химических реакций в системе $(R_1S_1)R_2M$: разложение CO_2 (H_2O) в электролизёре с твёрдым электролитом+диспропорционирование CO	346
7.5.1. ТДР реакции диспропорционирования CO	346
7.5.2. ТДР процессов разложения CO_2 и H_2O в электролизёре с твёрдым электролитом.....	347
7.6. ТДР реакции Ланга.....	352
7.7. ТДР процесса образования C_2H_2 из CH_4	353
Литература.....	354
Глава 8. Реакция метанирования двуокиси углерода.....	356
8.1. Катализаторы.....	356
8.2. Кинетика реакции метанирования CO_2 на никельхромовом катализаторе.....	363
8.2.1. Исследование процесса рекристаллизации (спекания) никельхромового катализатора.....	363
8.2.2. Изучение кинетики реакции Сабатье на никельхромовом катализаторе в проточном дифференциальном реакторе.....	373
8.2.3. Исследование кинетики реакции Сабатье на никельхромовом катализаторе в проточно-циркуляционной системе.....	378
8.2.4. Определение кинетических параметров реакции Сабатье на никельхромовом катализаторе по критическим условиям воспламенения.....	382
8.2.5. О внутренидиффузионном торможении реакции Сабатье на никельхромовом катализаторе.....	386
8.3. Кинетика реакции метанирования CO_2 на других никельевых катализаторах.....	387
8.4. Кинетика реакции метанирования CO_2 на рутениевых катализаторах.....	396
8.5. О механизме реакции метанирования CO_2	404
8.6. Обоснование технологических режимов процесса метанирования CO_2 применительно к СУУГ.....	422
8.6.1. Анализ кинетических закономерностей реакции Сабатье на никельхромовом катализаторе.....	422
8.6.2. Исследование реакции Сабатье в экспериментальных реакторах.....	428
8.6.3. Некоторые результаты технических, биологических и медико-технических экспериментов.....	442
8.7. Заключение.....	453
Литература.....	460
Глава 9. Реакции Белла, Боша и крекинг метана.....	476
9.1. Катализаторы и основные особенности реакций.....	476
9.1.1. Реакция Белла.....	476
9.1.2. Реакция Боша.....	493
9.1.3. Реакция крекинга метана.....	499
9.2. Исследование реакций разложения C_1 -молекул на пористых катализаторах.....	510
9.2.1. Кинетика восстановления водородом окисленных форм плавлёных железных катализаторов.....	510
9.2.2. Кинетика реакции Белла на плавлёных железных катализаторах.....	519
9.2.3. Некоторые результаты исследований реакции крекинга метана на Fe- и Ni-катализаторах.....	523

9.2.4. Кинетика реакции крекинга метана на никелевых катализаторах.....	526
9.2.5. Исследование процесса гидрирования CO_2 до C и H_2O на железных катализаторах.....	531
9.3. Исследование реакции разложения CO на изначально непористых катализаторах.....	535
9.3.1. Кинетика реакции Белла на стальном катализаторе К-45.....	535
9.3.2. Массоперенос в круглой трубе с реакцией (9.1) на внутренней поверхности.....	537
9.4. Исследование процессов разложения C_1 -веществ в экспериментальных образцах реакторов.....	540
9.4.1. Исследование реакции Белла в экспериментальном реакторе РД-1.....	540
9.4.2. Исследование процессов углеобразования в реакторах со сменными катализаторными патронами.....	544
9.5. О твёрдом продукте процессов разложения CO , CO_2 и CH_4	552
Литература.....	565
Глава 10. Сравнительная оценка вариантов СУУГ, основанных на каталитических реакциях превращения C_1-веществ.....	585
10.1. Некоторые вопросы комплексирования СУУГ с другими системами.....	585
10.1.1. СУУГ и система очистки газовой среды.....	585
10.1.2. СУУГ и система электролиза воды.....	588
10.1.3. СУУГ и система регенерации воды.....	589
10.1.4. СУУГ и система ориентации объекта и коррекции орбиты.....	589
10.1.5. СУУГ и складирование отходов.....	589
10.1.6. СУУГ и система энергообеспечения и терморегулирования.....	590
10.2. СУУГ для космических кораблей и орбитальных станций.....	590
10.3. СУУГ для стационарных планетных станций.....	592
Литература.....	594
Список основных обозначений.....	597