

**Е. В. СОТНИКОВА
В. П. ДМИТРЕНКО
В. С. СОТНИКОВ**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ЗАЩИТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

*ДОПУЩЕНО
УМО вузов по университетскому
политехническому образованию
в качестве учебного пособия
для студентов вузов, обучающихся
по направлению
«Техносферная безопасность»
(квалификация/степень — бакалавр)*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •
МОСКВА •
КРАСНОДАР •
2014 •



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. Защита среды обитания как основа техносферной безопасности. Термины и принципы классификации защитных процессов	9
1.1. Основные принципы защиты среды обитания	9
1.2. Выбор классификации	10
1.3. Особенности защитных процессов	12
1.4. Факторы, влияющие на выбор защитного процесса	15
1.4.1. Экологические принципы выбора защитного процесса	16
1.5. Критерии оценки эффективности защитных процессов	17
1.6. Технологические принципы организации защитных процессов	20
1.7. Разработка технологической схемы защитного процесса	23
1.8. Защита атмосферы	24
1.9. Защита гидросферы	31
1.10. Защита литосферы	37
1.11. Защита от энергетических воздействий	42
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	45
Глава 2. Физико-химические свойства техносферных загрязнений и воздействий	46
2.1. Основные источники загрязнений	46
2.2. Физико-химические свойства пылегазовых выбросов	54
2.2.1. Свойства аэродисперсных систем	54
2.2.2. Физические характеристики пыли	58
2.2.3. Газо- и парообразные загрязнители воздуха .	69
2.2.4. Классификация выбросов	78
2.3. Физико-химические свойства водных систем	79

2.4. Физико-химические характеристики промышленных и бытовых отходов	83
2.5. Классификация и свойства осадков сточных вод...	93
2.5.1. Химический и гранулометрический состав осадков	96
2.5.2. Количество и влажность осадков	98
2.5.3. Удельное сопротивление осадков	98
2.5.4. Формы связи воды с частицами твердой фазы	99
2.5.5. Теплофизические свойства осадков	100
2.6. Физические свойства энергетических воздействий	101
2.6.1. Акустические воздействия	101
2.6.2. Вибрационные воздействия	110
2.6.3. Воздействие электромагнитных полей	114
2.6.4. Низкочастотные магнитные и электростатические поля	121
2.6.5. Ионизирующее излучение	123
Виды ионизирующих излучений	126
Характеристики радионуклидов	128
Естественные и техногенные радионуклиды	134
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	137
 Глава 3. Термодинамика, кинетика	
и равновесие защитных процессов	139
3.1. Термодинамика защитных процессов	139
3.1.1. Основные понятия и определения химической термодинамики	139
3.1.2. Энтальпия как мера теплоты защитного процесса	142
3.1.3. Энтропия как критерий самопроизвольности защитного процесса ..	148
3.1.4. Энергия Гиббса как критерий направленности защитного процесса	154
3.2. Химическое равновесие в защитных процессах ..	157
3.2.1. Понятие о химическом равновесии и обратимости процесса	157
3.2.2. Закон действующих масс	160
3.2.3. Уравнения «изотермы» и «изобары» Вант-Гоффа	162
3.2.4. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье	165
3.3. Кинетика защитных процессов	166
3.3.1. Основные понятия химической кинетики ..	166
3.3.2. Основной закон кинетики	168
3.3.3. Кинетические уравнения для реакций различных порядков	171
Реакции нулевого порядка	171
Реакции первого порядка	172

Реакции второго порядка	173
Реакции третьего порядка	174
3.3.4. Влияние температуры на скорость реакции	176
3.3.5. Кинетика гетерогенных реакций	178
3.3.6. Основные закономерности каталитических процессов	181
3.3.7. Оптимизация параметров защитных процессов с помощью термодинамических и кинетических факторов	186
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	188

Глава 4. Теоретические основы

физических защитных процессов	190
4.1. Процессы очистки аэрозолей	190
4.1.1. Основные закономерности движения и осаждения частиц аэрозолей	190
4.1.2. Гравитационное осаждение частиц аэрозолей	191
4.1.3. Инерционное осаждение аэрозольных частиц	195
4.1.4. Инерционное центробежное осаждение аэрозольных частиц	198
4.1.5. Осаждение при касании	199
4.1.6. Диффузионное осаждение	201
4.1.7. Осаждение аэрозольных частиц в электрическом поле	202
4.1.8. Параметры, влияющие на эффективность процессов осаждения аэрозолей	204
4.1.9. Очистка аэрозолей фильтрованием	208
4.1.10. Гидромеханические процессы очистки аэрозолей	211
4.2. Механические процессы очистки воды	214
4.2.1. Классификация гидромеханических процессов	214
4.2.2. Отстаивание сточных вод	215
4.2.3. Центробежное осаждение примесей сточных вод	219
4.2.4. Фильтрование сточных вод	220
4.2.5. Фильтрующие материалы	223
4.3. Механические процессы обработки осадков сточных вод	224
4.3.1. Уплотнение осадков	224
4.3.2. Обезвоживание осадков	227
4.4. Физические процессы переработки твердых отходов	229
4.4.1. Механические процессы	229
Дробление и измельчение	231
Грохочение	234
Гранулирование и брикетирование	235

4.4.2. Магнитные процессы	237
4.4.3. Электрические процессы	242
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	248

Глава 5. Теоретические основы

Физико-химических защитных процессов	249
5.1. Сорбционные процессы	249
5.1.1. Общие закономерности сорбционных процессов	249
5.1.2. Изотермы адсорбции	252
5.1.3. Теории адсорбции	254
5.1.4. Термодинамика адсорбционных процессов ..	263
5.1.5. Кинетика адсорбционных процессов	265
5.1.6. Свойства адсорбентов	267
5.1.7. Основные типы адсорбентов, процессы их регенерации	272
5.1.8. Процессы абсорбционной очистки отходящих газов	276
Очистка газов от диоксида серы	276
Процессы очистки с регенерацией хемосорбентов	279
Очистка газов от оксидов азота	282
Очистка газов от оксида углерода	285
5.1.9. Процессы адсорбционной очистки газов ...	286
Адсорбция паров летучих растворителей ..	286
Адсорбция оксидов азота	287
Адсорбция диоксида серы	288
5.1.10. Процессы адсорбционной очистки воды ...	290
Углеродные сорбенты из природных материалов	290
Минеральные сорбенты	291
Сорбенты из отходов производства	293
Био- и фитосорбенты	294
Сорбенты на основе полимерных материалов	295
5.2. Процессы ионообменной сорбции	297
5.2.1. Физико-химические основы процесса	297
5.2.2. Иониты, процессы их регенерации	303
5.2.3. Процессы очистки воды ионообменной сорбцией	310
5.3. Процессы коагуляции и флокуляции	314
5.3.1. Закономерности коагуляции коллоидных примесей, содержащихся в сточных водах	314
5.3.2. Физико-химические основы флокуляции ..	325
5.4. Процессы экстракции	328
5.4.1. Физико-химические основы процесса	328
5.4.2. Процессы экстракционной очистки воды ..	338
5.5. Процессы флотации	341

5.5.1. Физико-химические основы процесса флотации	341
5.5.2. Процессы флотационной очистки воды	345
5.6. Мембранные процессы	347
5.6.1. Физико-химические основы мембранных процессов	347
5.6.2. Обратный осмос и ультрафильтрация	349
5.6.3. Механизм разделения на мембранах	352
5.6.4. Основные виды мембран	355
5.7. Электрохимические процессы	356
5.7.1. Основы электрохимических процессов Двойной слой электрических зарядов	356
Уравнение Нернста	361
Кинетика электрохимических процессов ..	363
5.7.2. Электродные процессы при очистке сточных вод	367
5.7.3. Электрохимические процессы окисления и восстановления	371
5.7.4. Электро- и гальванокоагуляция	373
5.7.5. Электрофлотация	379
5.7.6. Электродиализ и электрофорез	383
5.8. Каталитические процессы	387
5.8.1. Основы каталитических процессов	387
5.8.2. Общие сведения о катализаторах	393
5.8.3. Процессы каталитической очистки газовых выбросов	398
Каталитическая очистка газов от оксидов азота	398
Каталитическая очистка газов от диоксида серы	402
Каталитическая очистка газов от органических веществ	403
Каталитическая очистка от оксида углерода ..	404
5.9. Термические процессы	404
5.9.1. Термическая обработка сточных вод	404
5.9.2. Термохимическое обезвреживание газовых выбросов	407
5.9.3. Высокотемпературное обезвреживание твердых отходов	409
5.9.4. Термические методы обезвреживания осадков сточных вод	416
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	418

Глава 6. Теоретические основы

химических защитных процессов	421
6.1. Закономерности процессов нейтрализации	421
6.1.1. рН среды в водных растворах	421
6.1.2. Нейтрализация кислых и щелочных сточных вод	424

6.2. Закономерности процессов окисления и восстановления	426
6.2.1. Понятие об окислительно-восстановительных процессах	426
6.2.2. Процессы очистки сточных вод окислением загрязнений	435
Окисление хлором	437
Окисление пероксидом водорода	439
Окисление кислородом воздуха	440
Озонирование	441
Окисление перманганатом калия	443
Окисление пиролюзитом	443
6.2.3. Процессы очистки сточных вод восстановлением загрязнений	444
Восстановление ртути	446
Восстановление мышьяка	447
6.2.4. Химические процессы обеззараживания воды	447
Хлорирование воды	449
Озонирование воды	453
6.3. Процессы выделения загрязнений в виде малорастворимых соединений	455
6.3.1. Условие выпадения осадков из растворов электролитов	455
6.3.2. Процессы очистки сточных вод реагентным методом	457
Осаждение ионов металлов в виде гидроксидов и карбонатов	458
Осаждение ионов металлов в виде сульфидов	460
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	462
 Глава 7. Теоретические основы биохимических защитных процессов	
7.1. Закономерности процессов биохимического окисления	463
7.1.1. Роль ферментов в процессах очистки	466
7.1.2. Факторы, влияющие на эффективность процессов биохимической очистки сточных вод	468
7.2. Очистка сточных вод в аэробных условиях	470
7.2.1. Аэробные процессы в природных условиях	476
7.2.2. Аэробные процессы в искусственных условиях	479
7.3. Очистка сточных вод в анаэробных условиях	481
7.4. Процессы обезвреживания осадков сточных вод	483
7.4.1. Анаэробное сбраживание	484

7.5. Биотермическая переработка твердых бытовых отходов	487
7.5.1. Аэробная ферментация	488
7.5.2. Анаэробная ферментация	492
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	493
Глава 8. Теоретические основы процессов защиты от энергетических воздействий	494
8.1. Основные принципы защиты от энергетических воздействий	494
8.2. Процессы защиты от акустических и механических колебаний	498
8.2.1. Защита от шума	498
8.2.2. Защита от инфразвука	514
8.2.3. Защита от ультразвука	516
8.2.4. Защита от вибрационных колебаний	517
8.3. Процессы защиты от неионизирующих электромагнитных полей и излучений	521
8.4. Защита от ионизирующих излучений	529
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	533
Приложение	
Примеры решения задач	534
К главе 3	534
К главе 5	559
К главе 6	562
Литература	564