

В. А. Зайцев

# ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

Допущено  
Учебно-методическим объединением по образованию  
в области химической технологии и биотехнологии  
в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению  
«Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии  
и биотехнологии»



Москва  
БИНОМ. Лаборатория знаний  
2012

УДК 502+504+349.6  
ББК 20.18:67.407  
З-17

*Электронный аналог печатного издания:* Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 382 с. : ил.

### **Зайцев В. А.**

З-17 Промышленная экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Зайцев. — Эл. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 382 с. : ил.

ISBN 978-5-9963-1477-5

В учебном пособии рассматриваются определения и основные принципы промышленной экологии, безотходного (чистого) производства, способы их организации и развития. Большое внимание уделено рациональному использованию воздуха и воды, переработке, обезвреживанию и захоронению бытовых и опасных отходов, организации безотходных производственных комплексов и экопромышленных парков. Рассмотрены экологические проблемы производства строительных материалов, коксохимической и нефтехимической промышленности, черной и цветной металлургии и энергетики.

Для студентов высших учебных заведений, изучающих природоохранные дисциплины, обучающихся по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», а также магистерской программе «Химия, химическая технология и устойчивое развитие».

**УДК 502+504+349.6**  
**ББК 20.18:67.407**

**По вопросам приобретения обращаться:**  
**«БИНОМ. Лаборатория знаний»**  
**Телефон: (499) 157-5272**  
**e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>**

ISBN 978-5-9963-1477-5

© БИНОМ. Лаборатория  
знаний, 2012

# Интерактивное оглавление

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	5
<b>ЧАСТЬ I. ПРЕДПОСЫЛКИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ</b> .....	7
<b>Глава 1. Основа промышленной экологии—безотходные или чистые производства</b> .....	7
1.1. Рост производства, потребления сырья и образования отходов	7
1.2. Загрязнение окружающей среды. ....	10
1.3. Состояние здоровья и продолжительность жизни .....	11
1.4. Безотходное, или чистое, производство .....	15
Контрольные вопросы .....	18
<b>Глава 2. Методы и средства промышленной экологии</b> .....	19
2.1. Основные принципы организации малоотходных и безотходных (чистых) производств .....	19
2.2. Требования к технологическому процессу .....	20
2.3. Требования к аппаратурному оформлению, сырью, энергоресурсам и готовой продукции .....	21
2.4. Требования к организации производства .....	22
Контрольные вопросы .....	26
<b>Глава 3. Морально-этические проблемы промышленной экологии. Методы стимулирования</b> .....	27
3.1. Общественность и окружающая среда .....	28
3.2. Экологическая этика .....	31
3.3. Методы стимулирования .....	35
Контрольные вопросы .....	38
<b>ЧАСТЬ II. ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ. ПЕРЕРАБОТКА И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДОВ</b> .....	39
<b>Глава 4. Рациональное использование воздуха</b> .....	39
4.1. Основные направления работ по снижению загрязнения воздушного бассейна .....	40
4.2. Основные принципы выбора метода очистки газовых выбросов от твердых частиц и аэрозолей. Выбор аппаратуры .....	41
4.3. Очистка топочных газов от диоксида серы .....	46
4.4. Очистка отходящих газов от оксидов азота .....	51

4.5. Очистка отходящих газов от фтор- и хлорсодержащих соединений . . . . .	63
4.6. Очистка отходящих газов от оксида углерода и углеводов . . . . .	63
4.7. Рециркуляция газов . . . . .	65
Контрольные вопросы . . . . .	66
<b>Глава 5. Рациональное использование воды . . . . .</b>	<b>68</b>
5.1. Создание замкнутых водооборотных систем . . . . .	70
5.2. Основные принципы создания замкнутых водооборотных систем . . . . .	71
5.3. Основные методы переработки (очистки) сточных вод. . . . .	74
5.4. Очистка от взвешенных веществ (суспензий и эмульсий) . . . . .	75
5.5. Очистка от органических веществ . . . . .	75
5.6. Очистка от неорганических веществ . . . . .	79
5.7. Переработка рассолов и рапы . . . . .	81
Контрольные вопросы . . . . .	82
<b>Глава 6. Переработка и обезвреживание бытовых и промышленных отходов . . . . .</b>	<b>83</b>
6.1. Определение и классификация отходов . . . . .	84
6.2. Основные тенденции решения проблемы отходов. . . . .	87
6.3. Твердые бытовые отходы . . . . .	88
6.4. Вывоз на свалки (полигоны) . . . . .	97
6.5. Сжигание с использованием и без использования тепла. . . . .	100
6.6. Компостирование твердых бытовых отходов. . . . .	108
Контрольные вопросы . . . . .	109
<b>Глава 7. Переработка, обезвреживание и захоронение опасных отходов . . . . .</b>	<b>110</b>
7.1. Высокотемпературное обезвреживание токсичных веществ. . . . .	115
7.2. Обезвреживание токсичных отходов при производстве цемента . . . . .	117
7.3. Обезвреживание токсичных отходов при производстве строительной керамики . . . . .	118
7.4. Обезвреживание ртутьсодержащих отходов . . . . .	123
Контрольные вопросы . . . . .	127
<b>Глава 8. Территориально-производственные комплексы и эколого-промышленные парки . . . . .</b>	<b>128</b>
8.1. ТПК—наиболее эффективная форма организации производств . . . . .	128
8.2. Промышленные экосистемы и эко-промышленные парки . . . . .	130
8.3. Промышленные экосистемы . . . . .	130
8.4. Эко-промышленные парки . . . . .	133
Контрольные вопросы . . . . .	134

<b>ЧАСТЬ III. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ</b> .....	<b>135</b>
<b>Глава 9. Экологические проблемы производства стройматериалов</b> .....	<b>136</b>
9.1. Классификация строительных материалов .....	137
9.2. Вяжущие материалы .....	137
9.3. Цемент.....	139
9.4. Шлакопортландцемент .....	145
9.5. Строительная керамика .....	145
9.6. Кирпич .....	146
9.7. Черепица.....	149
9.8. Керамзит и аглопорит .....	150
9.9. Стекло.....	152
9.10. Ситалл и шлакоситалл .....	154
9.11. Экологические проблемы производства строительных матери- алов .....	155
Контрольные вопросы .....	160
<b>Глава 10. Экологические проблемы химической промышленности.</b> <b>Производство неорганических веществ</b> .....	<b>161</b>
10.1. Комплексная переработка фосфатного сырья.....	161
10.2. Комплексная переработка калийного сырья .....	164
10.3. Пути совершенствования производств важнейших химиче- ских продуктов .....	166
10.4. Основные экологические проблемы химических производств.....	176
Контрольные вопросы .....	178
<b>Глава 11. Экологические проблемы нефтеперерабатывающих заво-         дов</b> .....	<b>179</b>
11.1. Краткая характеристика и классификация НПЗ .....	180
11.2. Современное состояние и тенденции развития нефтеперераба- тывающей промышленности в России и мире .....	186
11.3. Проблемы экологизации технологии в нефтепереработке ...	188
11.3.1. Мероприятия по снижению экологической нагрузки на воздушный бассейн .....	190
11.4. Основные методы очистки нефтесодержащих стоков .....	198
11.5. Загрязнение почвенного слоя.....	201
11.6. Необходимость глубокой переработки нефти.....	203
Контрольные вопросы .....	204
<b>Глава 12. Экологические проблемы коксохимического производ-         ства</b> .....	<b>205</b>
12.1. Для чего нужен кокс? .....	205
12.2. Сырье и технология производства кокса .....	207
12.3. Токсичные вещества коксохимических предприятий.....	213

12.4. Основные проблемы коксохимического производства и пути их решения.....	214
12.5. Утилизация отходов.....	227
12.6. Бессточное коксохимическое производство .....	228
Контрольные вопросы .....	228
<b>Глава 13. Экологические проблемы производства черных металлов</b>	<b>229</b>
13.1. Особенности металлургического производства .....	229
13.2. Пути усовершенствования металлургического производства ..	234
13.3. Использование отходов черной металлургии.....	236
13.4. Использование вторичных топливно-энергетических ресурсов в черной металлургии .....	239
13.5. Бескоксый метод получения стали.....	241
Контрольные вопросы .....	243
<b>Глава 14. Экологические проблемы производства цветных металлов</b>	<b>244</b>
14.1. Экологические особенности цветной металлургии.....	244
14.2. Производство меди.....	245
14.3. Свинцово-цинковое производство .....	253
14.4. Получение никеля и кобальта .....	260
14.5. Новые процессы комплексной переработки полиметаллических сульфидных руд в цветной металлургии.....	262
14.6. Алюминий.....	267
14.7. Экологические проблемы производства и потребления цветных металлов.....	271
14.8. Регенерация и обезвреживание цветных металлов из отходов гальванических производств .....	273
Контрольные вопросы .....	275
<b>Глава 15. Экологические проблемы энергетики</b>	<b>276</b>
15.1. Роль энергетики в экономике .....	278
15.2. Основные способы получения энергии .....	279
15.3. Запасы энергетических ресурсов и их роль в современной энергетике.....	296
15.4. Энергоемкость экономики и энергосбережение.....	308
15.5. Экологические проблемы производства энергии.....	312
15.6. Изменение климата и Киотский протокол .....	317
15.7. Проблема теплового загрязнения .....	322
15.8. Состояние и перспективы российской энергетики .....	325
Контрольные вопросы .....	328
<b>Заключение</b> .....	<b>330</b>
<b>Приложение 1. Спорные и нерешенные вопросы</b> .....	<b>332</b>

Приложение 2. Вопросы и задачи.....	335
Приложение 3. Примерные темы курсовых проектов и рефератов	341
Приложение 4. Реферат по курсу «Промышленная экология» на тему «Вся правда о курении».....	343
Приложение 5. Морально-этический кодекс студентов ИПУР РХТУ имени Д. И. Менделеева.....	369
Приложение 6. Как создавались природоохранные специальности	372
Литература .....	376

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	5
<b>Часть I. Предпосылки и теоретические основы промышленной экологии.</b> .....	7
<b>Глава 1. Основа промышленной экологии — безотходные или чистые производства</b> .....	7
1.1. Рост производства, потребления сырья и образования отходов .....	7
1.2. Загрязнение окружающей среды .....	10
1.3. Состояние здоровья и продолжительность жизни .....	11
1.4. Безотходное, или чистое, производство .....	15
Контрольные вопросы .....	18
<b>Глава 2. Методы и средства промышленной экологии</b> .....	19
2.1. Основные принципы организации малоотходных и безотходных (чистых) производств .....	19
2.2. Требования к технологическому процессу .....	20
2.3. Требования к аппаратурному оформлению, сырью, энергоресурсам и готовой продукции .....	21
2.4. Требования к организации производства .....	22
Контрольные вопросы .....	26
<b>Глава 3. Морально-этические проблемы промышленной экологии. Методы стимулирования</b> .....	27
3.1. Общество и окружающая среда .....	28
3.2. Экологическая этика .....	31
3.3. Методы стимулирования .....	35
Контрольные вопросы .....	38
<b>Часть II. Защита атмосферы и гидросферы. Переработка и обезвреживание отходов</b> .....	39
<b>Глава 4. Рациональное использование воздуха</b> .....	39
4.1. Основные направления работ по снижению загрязнения воздушного бассейна .....	40
4.2. Основные принципы выбора метода очистки газовых выбросов от твердых частиц и аэрозолей. Выбор аппаратуры .....	41
4.3. Очистка топочных газов от диоксида серы .....	46
4.4. Очистка отходящих газов от оксидов азота .....	51

4.5. Очистка отходящих газов от фтор- и хлорсодержащих соединений . . . . .	63
4.6. Очистка отходящих газов от оксида углерода и углеводородов . . . . .	63
4.7. Рециркуляция газов . . . . .	65
Контрольные вопросы . . . . .	66
<b>Глава 5. Рациональное использование воды . . . . .</b>	<b>68</b>
5.1. Создание замкнутых водооборотных систем . . . . .	70
5.2. Основные принципы создания замкнутых водооборотных систем . . . . .	71
5.3. Основные методы переработки (очистки) сточных вод . . . . .	74
5.4. Очистка от взвешенных веществ (суспензий и эмульсий) . . . . .	75
5.5. Очистка от органических веществ . . . . .	75
5.6. Очистка от неорганических веществ . . . . .	79
5.7. Переработка рассолов и рапы . . . . .	81
Контрольные вопросы . . . . .	82
<b>Глава 6. Переработка и обезвреживание бытовых и промышленных отходов . . . . .</b>	<b>83</b>
6.1. Определение и классификация отходов . . . . .	84
6.2. Основные тенденции решения проблемы отходов . . . . .	87
6.3. Твердые бытовые отходы . . . . .	88
6.4. Вывоз на свалки (полигоны) . . . . .	97
6.5. Сжигание с использованием и без использования тепла . . . . .	100
6.6. Компостирование твердых бытовых отходов . . . . .	108
Контрольные вопросы . . . . .	109
<b>Глава 7. Переработка, обезвреживание и захоронение опасных отходов . . . . .</b>	<b>110</b>
7.1. Высокотемпературное обезвреживание токсичных веществ . . . . .	115
7.2. Обезвреживание токсичных отходов при производстве цемента . . . . .	117
7.3. Обезвреживание токсичных отходов при производстве строительной керамики . . . . .	118
7.4. Обезвреживание ртутисодержащих отходов . . . . .	123
Контрольные вопросы . . . . .	127
<b>Глава 8. Территориально-производственные комплексы и эколого-промышленные парки . . . . .</b>	<b>128</b>
8.1. ТПК — наиболее эффективная форма организации производств . . . . .	128
8.2. Промышленные экосистемы и эко-промышленные парки . . . . .	130
8.3. Промышленные экосистемы . . . . .	130
8.4. Эко-промышленные парки . . . . .	133
Контрольные вопросы . . . . .	134
<b>Часть III. Экологические проблемы основных производств . . . . .</b>	<b>135</b>
<b>Глава 9. Экологические проблемы производства стройматериалов . . . . .</b>	<b>136</b>
9.1. Классификация строительных материалов . . . . .	137
9.2. Вяжущие материалы . . . . .	137
9.3. Цемент . . . . .	139
9.4. Шлакопортландцемент . . . . .	145
9.5. Строительная керамика . . . . .	145
9.6. Кирпич . . . . .	146

9.7. Черепица . . . . .	149
9.8. Керамзит и аглопорит . . . . .	150
9.9. Стекло . . . . .	152
9.10. Ситалл и шлакоситалл . . . . .	154
9.11. Экологические проблемы производства строительных материалов . . . . .	155
Контрольные вопросы . . . . .	160
<b>Глава 10. Экологические проблемы химической промышленности. Производство неорганических веществ . . . . .</b>	<b>161</b>
10.1. Комплексная переработка фосфатного сырья . . . . .	161
10.2. Комплексная переработка калийного сырья . . . . .	164
10.3. Пути совершенствования производств важнейших химических продуктов . . . . .	166
10.4. Основные экологические проблемы химических производств . . . . .	176
Контрольные вопросы . . . . .	178
<b>Глава 11. Экологические проблемы нефтеперерабатывающих заводов . . . . .</b>	<b>179</b>
11.1. Краткая характеристика и классификация НПЗ . . . . .	180
11.2. Современное состояние и тенденции развития нефтеперерабатывающей промышленности в России и мире . . . . .	186
11.3. Проблемы экологизации технологии в нефтепереработке . . . . .	188
11.3.1. Мероприятия по снижению экологической нагрузки на воздушный бассейн . . . . .	190
11.4. Основные методы очистки нефтесодержащих стоков . . . . .	198
11.5. Загрязнение почвенного слоя . . . . .	201
11.6. Необходимость глубокой переработки нефти . . . . .	203
Контрольные вопросы . . . . .	204
<b>Глава 12. Экологические проблемы коксохимического производства . . . . .</b>	<b>205</b>
12.1. Для чего нужен кокс? . . . . .	205
12.2. Сырье и технология производства кокса . . . . .	207
12.3. Токсичные вещества коксохимических предприятий . . . . .	213
12.4. Основные проблемы коксохимического производства и пути их решения . . . . .	214
12.5. Утилизация отходов . . . . .	227
12.6. Бессточное коксохимическое производство . . . . .	228
Контрольные вопросы . . . . .	228
<b>Глава 13. Экологические проблемы производства черных металлов . . . . .</b>	<b>229</b>
13.1. Особенности металлургического производства . . . . .	229
13.2. Пути совершенствования металлургического производства . . . . .	234
13.3. Использование отходов черной металлургии . . . . .	236
13.4. Использование вторичных топливно-энергетических ресурсов в черной металлургии . . . . .	239
13.5. Бескоксый метод получения стали . . . . .	241
Контрольные вопросы . . . . .	243
<b>Глава 14. Экологические проблемы производства цветных металлов . . . . .</b>	<b>244</b>
14.1. Экологические особенности цветной металлургии . . . . .	244
14.2. Производство меди . . . . .	245
14.3. Свинцово-цинковое производство . . . . .	253

14.4. Получение никеля и кобальта. . . . .	260
14.5. Новые процессы комплексной переработки полиметаллических сульфидных руд в цветной металлургии . . . . .	262
14.6. Алюминий . . . . .	267
14.7. Экологические проблемы производства и потребления цветных металлов . . . . .	271
14.8. Регенерация и обезвреживание цветных металлов из отходов гальванических производств . . . . .	273
Контрольные вопросы. . . . .	275
<b>Глава 15. Экологические проблемы энергетики . . . . .</b>	<b>276</b>
15.1. Роль энергетики в экономике . . . . .	278
15.2. Основные способы получения энергии. . . . .	279
15.3. Запасы энергетических ресурсов и их роль в современной энергетике	296
15.4. Энергоемкость экономики и энергосбережение . . . . .	308
15.5. Экологические проблемы производства энергии . . . . .	312
15.6. Изменение климата и Киотский протокол . . . . .	317
15.7. Проблема теплового загрязнения. . . . .	322
15.8. Состояние и перспективы российской энергетики . . . . .	325
Контрольные вопросы. . . . .	328
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>330</b>
Приложение 1. <b>Спорные и нерешенные вопросы . . . . .</b>	<b>332</b>
Приложение 2. <b>Вопросы и задачи . . . . .</b>	<b>335</b>
Приложение 3. <b>Примерные темы курсовых проектов и рефератов . . . . .</b>	<b>341</b>
Приложение 4. <b>Реферат по курсу «Промышленная экология» на тему «Вся правда о курении» . . . . .</b>	<b>343</b>
Приложение 5. <b>Морально-этический кодекс студентов ИПУР РХТУ имени Д. И. Менделеева . . . . .</b>	<b>369</b>
Приложение 6. <b>Как создавались природоохранные специальности . . . . .</b>	<b>372</b>
<b>Литература . . . . .</b>	<b>376</b>