

УДК [502.1+628.5](075.8)

ББК 20.1я73

Г83

Перевод с английского *С.Э. Шмелева*

Главный редактор издательства  
доктор экономических наук *Н.Д. Эриашвили*

**Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р.**

**Г83** Промышленная экология: Учеб. пособие для вузов /Пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015. — 527 с. — (Серия «Зарубежный учебник»).

ISBN 0-13-046713-8 (англ.)

ISBN 5-238-00620-9 (русск.)

Промышленная экология — это современный подход к анализу взаимодействий экономики и окружающей среды. Это сочетание технологии и общества, которое имеет много граней и много смыслов. Промышленный эколог должен понимать корпоративные и социальные взаимодействия, взаимодействия промышленной деятельности с окружающей средой. Только тогда появляется логическая структура, в которую вписываются цели и методы. Учебник включает разделы: «Введение в проблему», «Физические, биологические и общественные основы», «Проектирование с учетом требований окружающей среды», «Корпоративная промышленная экология» и «Промышленная экология системного уровня». В конце глав приведены упражнения для самостоятельной проработки.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественно-научным специальностям и специальности «Экономика и управление на предприятиях», а также для руководителей и специалистов предприятий и организаций.

**ББК 20.1я73**

ISBN 0-13-046713-8 (англ.)

ISBN 5-238-00620-9 (русск.)

Authorized translation from the English language  
edition, entitled INDUSTRIAL ECOLOGY,

2nd Edition by GRAEDEL, THOMAS E.; ALLENBY, BRADEN R., published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Copyright © 2003, 1995 by AT&T.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

RUSSIAN language edition published by UNITY-DANA Publisher, Copyright © 2004

Официальный перевод с английского языка книги INDUSTRIAL ECOLOGY, 2-е изд., авторов Т.Е. Гридэл, Б.Р. Алленби, с разрешения Pearson Education, Inc., осуществляющей издания под именем Prentice Hall, © 2003, 1995 AT&T Все права защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части в любой форме и любыми средствами запрещается без разрешения Pearson Education, Inc.

© ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА, перевод, оформление, 2004

# Оглавление

<b>Предисловие</b>	<b>1</b>
<b>Часть I Введение в проблему</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1 Человечество и окружающая среда</b>	<b>6</b>
1.1 Трагедия пастбищ	6
1.2 Основное уравнение	11
1.3 Главные цели	15
1.3.1 Связь главных целей с экологической наукой	17
1.3.2 Целенаправленные действия технологических обществ	21
1.3.3 Действия индустриализованного общества	22
1.4 Обращаясь к проблеме	25
<b>Глава 2 Концепция промышленной экологии</b>	<b>28</b>
2.1 От сиюминутного мышления к перспективному	28
2.2 Связь промышленной деятельности с экологическими и социальными науками	32
2.3 Ключевые вопросы промышленной экологии	34
2.4 Резюме	35
<b>Глава 3 Технологические перемены и изменяющийся риск</b>	<b>39</b>
3.1 Исторические закономерности технологической эволюции	39
3.2 Подходы к риску	45
3.3 Оценка риска	50
3.4 Сообщение о наличии риска	53
3.5 Управление риском	54
<b>Часть II Физические, биологические и общественные основы</b>	<b>59</b>
<b>Глава 4 Отношение биоэкологии к технологии</b>	<b>60</b>
4.1 Рассматривая аналогию	60
4.2 Биологические и промышленные организмы	61
4.3 Пищевые цепи: сети переноса питательных веществ и энергии	66
4.4 Экология популяций	73
4.5 Классификация отдельных связей	76
4.6 Польза экологического подхода	80
<b>Глава 5 Статус ресурсов</b>	<b>83</b>
5.1 Введение	83
5.2 Время исчерпания и ограниченные ресурсы	86
5.3 Сопутствующие ресурсы (вкрапления в основную породу)	86
5.4 Энергоресурсы	88

## VIII

5.4.1 Обмен энергии на минеральное сырье	88
5.4.2 Источники энергии	89
5.4.3 Статус энергетических ресурсов	89
5.5 Энергетически ограниченные ресурсы	91
5.6 Географическая обусловленность доступности ресурсов	93
5.7 Экологически ограниченные ресурсы	94
5.8 Кривые кумулятивного предложения	96
5.9 Водные ресурсы	98
5.10 Резюме	99

## Глава 6 Общество и культура 102

6.1 Общество, культура и промышленная экология	102
6.2. Культурные конструкции и временные шкалы	104
6.3 Частная фирма в социальном контексте	107
6.4 Охрана окружающей среды, технология и общество	108

## Глава 7 Правительства, законы и экономические системы 115

7.1 Национальные правительственные структуры и действия	115
7.2 Вопросы международного управления	120
7.3 Промышленная экология и правовая система	122
7.3.1 Фундаментальные правовые вопросы	123
7.3.2 Юридические примеры, относящиеся к промышленной экологии	127
7.4 Экономика и промышленная экология	130
7.4.1 Оценка	130
7.4.2 Ставки дисконта	132
7.4.3 Анализ выгод-затрат	133
7.4.4 Зеленый расчет	134
7.4.5 Заменяемость в противоположность дополнениям	136
7.4.6 Экстерналии	136
7.5 Финансы, капитал и инвестиции	137

## Часть III Проектирование с учетом требований окружающей среды 143

### Глава 8 Проектирование и разработка промышленных продуктов 144

8.1 Проблема проектирования продуктов	144
8.2 Концептуальные инструменты для конструкторов продуктов	146
8.2.1 Матрица выбора Пью	146
8.2.2 Дом качества	147
8.3 Проектирование учетом X	150
8.4 Команды конструкторов	154
8.5 Процесс реализации продукта	156

## Глава 9 Производственный процесс: проектирование и эксплуатация 161

9.1 Проблема проектирования продуктов	161
9.2 Предотвращение загрязнения	162
9.3 Проблема доступности воды	167
9.4 Жизненный цикл процесса	169
9.4.1 Обеспечение ресурсами	170
9.4.2 Реализация процесса	170
9.4.3 Первичные операции	170
9.4.4 Дополнительные операции	171
9.4.5 Ремонт, рециклирование и размещение	172
9.5 Подход к анализу процесса	173
9.5.1 Процесс сам по себе	173
9.5.2 Оборудование для процесса	175
9.5.3 Дополнительные процессы	175
9.6 Руководящие принципы проектирования и реализации процесса	176
9.7 Последствия для корпораций	177

## Глава 10 Выбор материалов 179

10.1 Вопросы выбора материалов	179
10.2 Материалы и опасность для окружающей среды	180
10.3 Источники и основные направления использования материалов	183
10.3.1 Абсолютное изобилие	183
10.3.2 Воздействие добычи и переработки ресурсов	185
10.3.3 Доступность и пригодность рециклированных материалов	188
10.4 Замена материалов	190
10.5 Многопараметрический выбор материалов	193
10.6 Количество материала	200
10.7 Руководство по выбору материалов	202

## Глава 11 Проектирование в целях повышения энергоэффективности 204

11.1 Энергия и промышленность	204
11.2 Отрасли первичной переработки	206
11.3 Отрасли промежуточной обработки	209
11.4 Анализируя использование энергии	209
11.5 Общие подходы к минимизации использования энергии	214
11.5.1 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха	214
11.5.2 Освещение	214
11.5.3 Производство энергии на местах	215
11.5.4 Энергосберегающее ведение хозяйства	218
11.6 Резюме	219

## Глава 12 Доставка продуктов 221

12.1 Введение	221
12.2 Общие проблемы упаковки	222
12.3 Проблемы твердых отходов	225

## **Х**

12.4 Жидкие и газообразные выбросы и сбросы	229
12.5 Транспортировка и установка	230
12.6 Обсуждение и резюме	232

## **Глава 13 Экологические взаимодействия во время использования продукта 234**

13.1 Введение	234
13.2 Образование твердых отходов во время использования продукта	234
13.3 Образование жидких отходов во время использования продукта	235
13.4 Образование газообразных отходов во время использования продукта	236
13.5 Потребление энергии во время использования продукта	237
13.6 Намеренно рассеивающиеся продукты	238
13.7 Ненамеренно рассеивающиеся продукты	240
13.8 Конструкция для обслуживания	241

## **Глава 14 Конструирование с учетом окончания жизненного цикла 245**

14.1 Ведение	245
14.2 Общие вопросы окончания жизненного цикла	252
14.3 Переработка	255
14.4 Рециклирование	256
14.4.1 Металлы	256
14.4.2 Пластики	259
14.4.3 Продукты деревообработки	261
14.5 Связывание частей	261
14.6 Планирование возможности рециклирования	263
14.6.1 Проектирование с учетом возможности демонтажа	263
14.6.2 Проектирование «на всякий случай»	267
14.6.3 Приоритеты при рециклировании	268

## **Глава 15. Введение в оценку жизненного цикла 272**

15.1 Жизненный цикл промышленных продуктов	272
15.2 Рамки LCA	275
15.3 Постановка цели и определение рамок	278
15.4 Определение границ	279
15.4.1 Границы этапов жизни	280
15.4.2 Границы уровня детализации	281
15.4.3 Границы природных экосистем	281
15.4.4 Границы в пространстве и во времени	283
15.4.5 Выбор границ	283
15.5 Подходы к получению данных	284

## **Глава 16 Стадии воздействия и интерпретации LCA 291**

16.1 Анализ воздействия LCA	291
16.2 Промышленная приоритетность: система IVL/VOLVO	293
16.3 Анализ интерпретации	301

## XI

16.3.1 Явные и косвенные рекомендации	301
16.3.2 Таблицы приоритетности	303
16.4 Диаграммы приоритетности	306
16.4.1 Диаграмма приоритетности «действие—деятель»	306
16.4.2 Диаграмма приоритетности этапа жизненного цикла	308
16.5 Обсуждение	309

## Глава 17 Упрощенный анализ жизненного цикла 314

17.1 Непрерывность оценивания	314
17.2 Перспектива сохранения	315
17.3 Матрица SLCA	318
17.4 Диаграммы-мишени	320
17.5 Оценивание среднестатистических автомобилей вчера и сегодня	321
17.6 Активы и обязательства SLCA	330
17.7 Обсуждение	331

## Глава 18 Использование инструментов корпоративной промышленной экологии 334

18.1 Этапы и шкалы в промышленном экологическом менеджменте	334
18.2 Первый этап: соответствие регулированию	334
18.3 Второй этап: предотвращение загрязнения	336
18.4 Третий этап: проектирование для окружающей среды	337
18.5 Экологические возможности у ворот PRP	338
18.6 Механика и инструменты промышленной экологии	343
18.7 Инструментарий промышленной экологии для сектора услуг	344

## Часть IV Корпоративная промышленная экология 347

### Глава 19 Управление промышленной экологией в корпорациях 348

19.1 Обзор	348
19.2 Окружающая среда как стратегический фактор для фирм	349
19.3 Внедрение промышленной экологии в корпорации	351
19.3.1 Системы экологического менеджмента	353
19.3.2 Тактические организационные структуры	356
19.3.3 Программы обучения	356
19.3.4 Техническая поддержка	357
19.3.5 Тройной итог	357

### Глава 20 Индикаторы и метрики 361

20.1 Важность индикаторов и метрик	361
20.2 Разработка систем метрик	362
20.3 Метрики уровня промышленности	365
20.4 Отображение и объединение метрик	369

## XII

20.5 Системы иерархических метрик	371
-----------------------------------	-----

### **Глава 21 Услуги, технология и окружающая среда 376**

21.1 Определение услуг	376
21.1.1 Альфа-услуги: клиент приходит к услуге	379
21.1.2 Бета-услуги: услуга приходит к клиенту	380
21.1.3 Гамма-услуги: оказание услуги на расстоянии	381
21.2 Экологические аспекты услуг	382
21.3 Промышленная экология фирм, предоставляющих услуги	385
21.3.1 Воздействие на поставщиков	386
21.3.2 Обучение потребителей	387
21.3.3 Стимулирование экологически предпочтительного использования ресурсов и продуктов	388
21.3.4 Замена использования энергии и материалов услугами	389
21.3.5 Услуги как источник повышения качества жизни	390

### **Часть V Промышленная экология системного уровня 393**

#### **Глава 22 Промышленные экосистемы 394**

22.1 Концепция экосистемы	394
22.2 Промышленный симбиоз	400
22.3 Проектирование и разработка симбиотических промышленных экосистем	403
22.4 Поток ресурсов в промышленных экосистемах	406
22.5 Закономерности и масштаб в промышленных экосистемах	410
22.6 Полезность смешанных экологических подходов	412

#### **Глава 23 Анализ метаболизма и ресурсов 414**

23.1 Бюджеты и циклы	414
23.2 Метаболический анализ в промышленной экологии	420
23.3 Анализ ресурсов в промышленной экологии	424
23.3.1 Анализ элементов	425
23.3.2 Молекулярный анализ	425
23.3.3 Анализ вещества	427
23.3.4 Анализ материалов	428
23.4 Баланс между природной и антропогенной мобилизацией ресурсов	431
23.5 Полезность анализа метаболизма и ресурсов	432

#### **Глава 24 Системный анализ, модели и разработка сценариев 434**

24.1 Мышление на системном уровне	434
24.1.1 Концепция систем	434
24.1.2 Технологическая система автомобильной промышленности	437
24.2 Модели технологических систем	442
24.2.1 Концепция модели	442

# XIII

24.2.2 Железо и сталь в Великобритании: пример модели	444
24.2.3 Проверка модели	447
24.3 Описание возможного будущего	448
24.3.1 Полезность сценариев	448
24.3.2 IMAGE-модель изменения климата	449
24.3.3 Сценарий IPCC 2000	453
24.4 Развитие прогностической промышленной экологии	456

## Глава 25 Инжиниринг и менеджмент геосистем 459

25.1 Представляя концепцию	459
25.2 Примеры ESEM, реализованные и предлагаемые	460
25.2.1 Восстановление «коричневых полей»	461
25.2.2 Очистка вод	461
25.2.3 Восстановление болот в региональном масштабе	462
25.2.4 Борьба с глобальным потеплением	463
25.3 Принципы ESEM	469
25.3.1 Теоретические принципы ESEM	469
25.3.2 Принципы управления ESEM	470
25.3.3 Принципы проектирования и осуществления ESEM	471
25.4 Сталкиваясь с вопросами ESEM	472

## Глава 26 Будущее промышленной экологии 476

26.1 Промышленная экология на пути перемен	476
26.2 Хозяйственный магазин промышленной экологии	478
26.2.1 Инструменты для проектировщика продуктов и процессов	478
26.2.2 Инструменты для корпоративного менеджера	479
26.2.3 Инструменты для поставщика услуг	479
26.2.4 Инструменты для системного аналитика	480
26.2.5 Инструменты для лица, принимающего решения	480
26.3 Промышленная экология как развивающаяся наука	481
26.4 Дорожная карта исследований в области промышленной экологии	485
26.4.1 Теоретические цели промышленной экологии	487
26.4.2 Экспериментальные цели промышленной экологии	488
26.4.3 Прикладные цели промышленной экологии	489
26.5 Переопределяя проблему	490

Приложение А Альтернативы электронному припою:	
детальное изучение	492

Приложение В Единицы измерения в промышленной экологии	503
Глоссарий	505