

Б.М. Хрусталёв  
В.Д. Сизов

В.И. Теличенко  
И.С. Бракович

# ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ



Б.М. Хрусталёв, В.И. Теличенко,  
В.Д. Сизов, И.С. Бракович

# ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Под общей редакцией  
академика Национальной академии наук Беларуси,  
доктора технических наук, профессора *Б.М. Хрусталёва*  
академика Российской академии архитектуры и строительных наук,  
доктора технических наук, профессора *В.И. Теличенко*

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего  
образования по специальностям «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана  
воздушного бассейна», «Водохозяйственное строительство»,  
«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»*

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ  
по образованию области строительства в качестве учебного пособия для  
студентов и магистров высших учебных заведений, обучающихся по  
направлению – «Строительство»*



Издательство АСВ  
Москва  
2016

УДК 502.1+628.52(075.8)

ББК 20.1я7

X95

Рецензенты:

главный научный сотрудник

ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»

доктор технических наук, профессор,

академик НАН Беларуси *Лиштвак И. И.*,

заведующий кафедрой «Промышленная экология»

УО «Белорусский государственный технологический университет»

кандидат технических наук, доцент *Марцупь В. Н.*

**Хрусталёв, Б. М.**

X95

Инженерная экология и очистка выбросов промышленных предприятий: учебное пособие / Б.М. Хрусталёв, В.И. Теличенко, В.Д. Сизов, И.С. Бракович, С.П. Кундас, И.М. Золотарёва, А.А. Бенуж; под общ. ред. Б.М. Хрусталёва, В.И. Теличенко. – М.: Издательство АСВ, 2016. – 558 с.

ISBN 978-5-4323-0172-7

Учебное пособие состоит из трех частей. В первой части («Инженерная экология») рассмотрены вопросы состояния атмосферы, гидросферы и литосферы, влияние на них промышленного производства и изложены основные методы очистки атмосферных выбросов, сточных вод, обращения с отходами, а также приведены основные нормативы качества окружающей среды. Во второй части («Очистка выбросов промышленных предприятий») изложены теоретические аспекты и основные методы очистки вентиляционных выбросов от пыли, паро- и газообразных загрязняющих веществ и приведены схемы основных очистных устройств. В третьей части («Экологическая безопасность строительства на основе применения «зеленых» стандартов») приводятся основные положения, принципы и методы экологической безопасности, рассмотрено взаимодействие с понятием «зеленого» строительства и представленные существующие экологические рейтинговые системы.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям технического профиля, а также магистрантов и аспирантов. Будет полезен учащимся колледжей и других учебных заведений, практическим и научным работникам, занимающимся вопросами охраны окружающей среды.

УДК 502.1+628.52(075.8)

БК 20.1я7

© Хрусталёв Б. М.,  
Теличенко В.И. и др., 2016

© Издательский дом АСВ, 2016

ISBN 978-5-4323-0172-7

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
--------------------------	---

## **Часть 1. ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ**

<b>Введение</b> .....	8
<b>Глава 1. Атмосфера, ее строение и состав</b> .....	14
1.1. Атмосфера и ее состав .....	14
1.2. История образования атмосферы .....	15
1.3. Строение атмосферы .....	17
1.4. Источники загрязнения атмосферы .....	19
1.5. Экологические проблемы сохранения качества атмосферного воздуха .....	23
<b>Глава 2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу</b> .....	34
2.1. Характеристика загрязняющих веществ .....	34
2.2. Валовые выбросы .....	45
2.3. Выбросы от мобильных источников .....	46
2.4. Выбросы от стационарных источников .....	48
2.5. Выбросы предприятий различных отраслей промышленности .....	50
2.6. Качество атмосферного воздуха .....	56
<b>Глава 3. Рассеивание выбросов загрязняющих веществ</b> .....	60
3.1. Движение воздушных масс .....	60
3.2. Механизмы процесса рассеивания загрязняющих веществ и характер струи выброса .....	64
3.3. Изменение концентрации примесей вдоль распространения струи .....	67
3.4. Факельный выброс воздуха .....	69
3.5. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника .....	71
<b>Глава 4. Нормирование качества окружающей среды</b> .....	78
4.1. Нормативы допустимых концентраций .....	78
4.2. Токсичность веществ .....	82
4.3. Интегральные показатели качества окружающей среды .....	86
4.4. Нормирование качества вод .....	87
4.5. Нормирование выбросов в атмосферу .....	90

<b>Глава 5. Инженерные методы сохранения качества атмосферного воздуха</b> .....	97
5.1. Очистка газовых выбросов от пыли .....	97
5.2. Методы очистки промышленных газовых выбросов от газо- и паробразных загрязнений .....	105
<b>Глава 6. Природные и искусственные источники энергии</b> ....	111
6.1. Природное топливо.....	111
6.2. Искусственное топливо .....	117
6.3. Альтернативное углеводородсодержащее топливо.....	121
6.4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	124
<b>Глава 7. Экологическая экспертиза проектируемых объектов</b> .....	138
7.1. Принципы государственной экологической экспертизы	138
7.2. Состав заключения по экологической экспертизе проектов.....	140
7.3. Экологический аудит.....	142
7.4. Экологическая сертификация .....	143
<b>Глава 8. Экологический паспорт предприятия.</b> <b>Санитарно-защитные зоны предприятия</b> .....	146
8.1. Экологический паспорт предприятия .....	146
8.2. Категория объектов воздействия на атмосферный воздух .....	153
8.3. Санитарно-защитные зоны предприятия.....	155
<b>Глава 9. Защита вод от загрязнения</b> .....	159
9.1. Водоохранные зоны и прибрежные полосы.....	160
9.2. Мероприятия по охране подземных вод.....	165
9.3. Методы очистки сточных вод.....	165
<b>Глава 10. Защита почв от деградации, защита растительного, животного мира и земных недр</b> .....	176
10.1. Защита почв от деградации и истощения .....	176
10.2. Защита растительного и животного мира.....	179
10.3. Защита недр .....	182
<b>Глава 11. Отходы производства и потребления</b> .....	185
11.1. Обращение с отходами производства и потребления ..	185
11.2. Отходы производства на территории Республики Беларусь .....	188
11.3. Характеристика отходов потребления.....	192
<b>Глава 12. Мониторинг состояния окружающей среды</b> .....	195

<b>Глава 13. Экономическая оценка природных ресурсов и ущерба, нанесенного загрязнением окружающей среды.....</b>	<b>201</b>
13.1. Хозяйственный механизм природопользования.....	201
13.2. Сущность и задачи экономической оценки.....	203
13.3. Экономический ущерб от загрязнения и истощения природной среды.....	206
13.4. Экономический механизм управления природопользованием .....	208
13.5. Экономические рычаги охраны и рационального использования природных ресурсов .....	210
13.6. Основные принципы охраны окружающей среды .....	214

## **Часть 2. ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

<b>Введение .....</b>	<b>222</b>
<b>Глава 14. Общие положения теории процессов сепарации</b>	
<b>пыли из воздушных потоков .....</b>	<b>226</b>
14.1. Гравитационное осаждение частиц.....	226
14.2. Центробежное осаждение частиц.....	231
14.3. Инерционное осаждение частиц.....	234
14.4. Зацепление.....	239
14.5. Диффузионное осаждение.....	240
14.6. Осаждение в электрическом поле .....	243
14.7. Осаждение частиц в турбулентном потоке .....	246
<b>Глава 15. Свойства аэрозолей и пылей .....</b>	<b>251</b>
15.1. Общая характеристика промышленных пылей.....	251
15.2. Физические свойства пыли .....	256
15.2.1. Основные закономерности в распределении частиц пыли по степени дисперсности .....	267
15.2.2. Классификация методов дисперсионного анализа..	273
15.2.3. Сравнительная оценка наиболее распространенных методов и приборов дисперсионного анализа промышленных пылей .....	290
15.3. Отбор проб пыли из воздухопроводов.....	300
<b>Глава 16. Очистка вентиляционных выбросов от паров и газов .....</b>	<b>308</b>
16.1. Конструктивные особенности адсорбционных установок .....	308

16.2. Промышленные адсорбенты.....	312
16.3. Абсорбционные промышленные установки и способы регенерации абсорбентов.....	318
16.4. Очистка газов от конкретных загрязняющих веществ..	328
16.5. Термические методы обезвреживания газообразных выбросов.....	340
16.6. Каталитические методы очистки газовых выбросов.....	350
16.7. Методы конденсации.....	360
16.8. Правила эксплуатации газоочистных установок.....	362
<b>Глава 17. «Сухие» пылеуловители.....</b>	<b>365</b>
17.1. Гравитационные пылеуловители.....	367
17.2. Расчет пылеосадительных камер.....	370
17.3. Инерционные пылеуловители.....	371
17.4. Вихревые пылеуловители.....	376
17.5. Циклонные пылеуловители.....	378
Конструкции циклонов.....	382
<b>Глава 18. Фильтры.....</b>	<b>395</b>
18.1. Волокнистые фильтры.....	400
18.2. Тканевые фильтры.....	402
18.3. Зернистые фильтры.....	412
18.4. Ячейковые фильтры.....	414
18.5. Самоочищающиеся масляные фильтры.....	416
18.6. Рулонные фильтры.....	418
18.7. Электрофильтры.....	421
18.8. Расчет и выбор фильтров.....	429
<b>Глава 19. «Мокрые» пылеуловители.....</b>	<b>432</b>
19.1. Полые газопромыватели.....	433
19.2. Насадочные газопромыватели.....	436
19.3. Тарельчатые газопромыватели.....	439
19.4. Газопромыватели ударно-инерционного действия.....	443
19.5. Скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури.....	446
Эжекторные скрубберы Вентури.....	452
19.6. Брызгоунос и сепарация капель.....	454
<b>Глава 20. Очистка воздуха от микроорганизмов и неприятных запахов.....</b>	<b>461</b>
<b>Глава 21. Ресурсосбережение при разработке систем очистки газовых выбросов.....</b>	<b>469</b>
21.1. Ресурсосбережение.....	469
21.2. Энергосбережение.....	471

21.3. Основные приоритеты в области энергосбережения ....	475
21.4. Безотходное производство .....	477
<b>Глава 22. Основы охраны труда, пожаро- и взрывобезопасности при очистке газовых выбросов и утилизации уловленных веществ.....</b>	<b>479</b>
22.1. Основы охраны труда при работе газоочистного оборудования.....	479
22.2. Горючесть и взрываемость пыли.....	482
<b>Часть 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ «ЗЕЛЕНых» СТАНДАРТОВ</b>	
<b>Введение .....</b>	<b>490</b>
<b>Глава 23. Экологическая безопасность строительства .....</b>	<b>494</b>
23.1. Основные положения системного понятия «Экологическая безопасность строительства» (ЭБС) .....	494
23.2. Основные принципы современного строительного производства .....	496
23.3. Инженерные методы обеспечения ЭБС.....	498
23.4. Строительные технологии как фактор воздействия на окружающую среду .....	499
23.5. Безопасность и системы управления качеством строительных технологий.....	501
23.6. Управление экологической безопасностью в строительстве .....	502
<b>Глава 24. Оценка экологической безопасности строительства на основе рейтинговых систем «зеленого» строительства.....</b>	<b>507</b>
24.1. Взаимодействие экологической безопасности строительства и «зеленого» строительства .....	507
24.2. Эффективность от внедрения «зеленого» строительства и преимущества сертификации зданий и сооружений.....	509
24.3. Принципы рейтинговых систем оценки «зеленого» строительства .....	512
24.4. Экологический метод оценки строительного института Великобритании.....	517



---

24.5. Руководство в энергетическом и экологическом проектировании США .....	524
24.6. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания в России.....	527
<b>Глава 25. Обзор практической реализации объектов «зеленого» строительства .....</b>	<b>533</b>
25.1. Взаимодействие архитектурных и инженерных решений в ЗС.....	533
25.2. ЗС в территориальном планировании и градостроительстве.....	535
25.3. Комплексные подходы ЗС в архитектуре.....	541
25.4. Выделение подходов для реализации принципов ЗС .....	547