

Р. Л. Шаталов, П. И. Черноусов,  
Е. А. Максимов, О. В. Голубев

# ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ, РЕЦИКЛИНГ МЕТАЛЛОВ И ДЕФОРМИРОВАННЫХ СПЛАВОВ



**ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ,  
РЕЦИКЛИНГ МЕТАЛЛОВ  
И ДЕФОРМИРОВАННЫХ СПЛАВОВ**

*Монография*

Москва    Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2021

УДК 669.05  
ББК 34.31  
И62

*Авторы:*

*Р. Л. Шаталов, П. И. Черноусов, Е. А. Максимов, О. В. Голубев*

*Рецензенты:*

профессор, доктор технических наук *А. Н. Пыриков*,  
профессор, доктор технических наук *И. Г. Роберов*

**И62** Инженерная экология, рециклинг металлов и деформированных сплавов : монография / [Р. Л. Шаталов и др.] – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 460 с.  
ISBN 978-5-9729-0543-0

Рассмотрены источники образования твердых бытовых и промышленных отходов и их классификация. Изложены традиционные методы утилизации отходов, а также новый метод утилизации в мартеновский печах. Раскрыты технологические аспекты обращения с отходами с позиций экологии, ресурсосбережения, рециклинга. Предложена методика определения мощности техногенных месторождений в металлургических регионах. Рассмотрены особенности рециклинга вторичных ресурсов нового поколения: автомобилей, электронных и электробытовых приборов.

Для инженеров и научных работников, специализирующихся в области экологии и рециклинга металлов. Может быть полезно студентам технических специальностей.

УДК 669.05  
ББК 34.31

ISBN 978-5-9729-0543-0

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	7
<b>Принятые сокращения</b> .....	11
<b>Глава 1. Виды и состав отходов производства и потребления</b> .....	13
1.1. О реализации положений Киотского протокола и вступления РФ в ВТО .....	13
1.2. Анализ компонентного состава твердых бытовых отходов (ТБО) .....	13
1.3. Виды отходов промышленных предприятий .....	17
<b>Глава 2. Традиционные способы обезвреживания, утилизации и ликвидации отходов</b> .....	18
2.1. Критерии выбора метода и места размещения сооружений обезвреживания и утилизации ТБО .....	18
2.2. Технология сбора, транспортирования и складирование ТБО на полигоне .....	21
2.2.1. Санитарная засыпка .....	27
2.2.2. Компостирование .....	27
2.2.3. Технология рекультивации территории закрытых полигонов .....	28
<b>Глава 3. Технологические основы подготовки и переработки ТБО</b> .....	31
3.1. Измельчающее оборудование .....	33
3.2. Аэросепарация .....	38
3.3. Магнитная сепарация .....	41
3.4. Электросепарация .....	43
3.5. Сжигание .....	48
3.5.1. Сжигание ТБО в решетчатых камерных печах .....	48
3.5.2. Сжигание ТБО в кипящем слое .....	52
3.6. Пиролиз твердых бытовых отходов .....	56
3.6.1. Высокотемпературный пиролиз .....	60
3.6.2. Метод пиролиз-газификации с использованием обогащенного кислородом дутья .....	62
3.7. Переработка ТБО в печи Ванюкова .....	64
3.8. Переработка ТБО в доменной печи .....	74
3.9. Переработка ТБО в кислородном конвертере .....	77
3.10. Утилизация и обработка отходов резины и резинотехнических изделий .....	79
3.11. Переработка отходов шинной промышленности .....	80
3.12. Рециклинг отходов пластмасс и полиэтиленовой пленки .....	86
3.13. Переработка отходов гидролизного производства .....	91
3.14. Переработка отходов целлюлозно-бумажных комбинатов .....	91
3.15. Переработка отходов древесины .....	92
3.16. Переработка макулатуры .....	93

3.17. Переработка отходов лакокрасочных материалов .....	94
<b>Глава 4. Основные закономерности рециклинга</b>	
<b>металлургических железосодержащих отходов .....</b>	<b>96</b>
4.1. Процесс образования окалины при прокатке.....	96
4.2. Способы удаления поверхностных дефектов и окалины с поверхности проката .....	100
4.3. Модернизация окалиноломателей и дрессировочной клетки линий НТА с использованием процесса прокатка-волочение .....	109
4.4. Утилизация замасленной окалины .....	114
4.5. Перспективы развития брикетирования .....	121
4.6. Расчет параметров прессования железосодержащих отходов .....	126
4.7. Основные технологические схемы прессования брикетов для рециклинга .....	133
4.8. Экспериментальное исследование холодного брикетирования железосодержащих отходов предприятий черной металлургии.....	147
4.9. Классификация дефектов структуры брикетов при холодном прессовании .....	151
4.10. Рециклинг железосодержащих отходов в ротационных наклоняющихся печах .....	152
<b>Глава 5. Очистка сточных вод металлургических предприятий.....</b>	<b>154</b>
5.1. Классификация сточных вод металлургических предприятий.....	154
5.2. Характеристика загрязнений сточных вод нефтепродуктами.....	154
5.3. Выбор способа очистки нефтесодержащих сточных вод .....	156
5.4. Традиционные методы очистки сточных вод .....	157
5.4.1. Механические методы очистки сточных вод.....	157
5.4.2. Физико-химические методы очистки сточных вод .....	169
5.5. Очистка промышленных сточных вод на металлургических предприятиях .....	175
5.5.1. Очистка сточных вод газоочистных установок конвертеров.....	175
5.5.2. Очистка сточных вод прокатных цехов.....	176
5.5.3. Очистка сточных вод широкополосных станов горячей прокатки .....	182
5.5.4. Очистка сточных вод станов холодной прокатки.....	194
5.5.5. Очистка сточных вод трубопрокатных цехов.....	200
5.6. Инженерный расчет очистных сооружений прокатных цехов .....	203
<b>Глава 6. Основы переработки и использования пыли и шламов</b> <b>черной металлургии .....</b>	<b>206</b>
6.1. Классификация и характеристики твердых пыли и шламов черной металлургии.....	206
6.2. Классификация методов очистки газов металлургического производства от пыли .....	210
6.3. Переработка и использование пыли и шламов газоочисток доменных, мартеновских, электросталеплавильных печей, конвертеров.....	213

6.3.1. Обезвоживание шламов.....	216
6.3.2. Фильтрация .....	220
6.3.3. Сушка шламов .....	227
6.4. Переработка пыли, окалины и шлама на металлургических заводах Германии .....	229
<b>Глава 7. Утилизация компонентов и обезвреживание отходящих газов в черной и цветной металлургии .....</b>	<b>234</b>
7.1. Очистка отходящих газов в доменном производстве .....	235
7.2. Очистка отходящих газов в мартеновском производстве .....	241
7.3. Очистка отходящих газов в конвертерном производстве.....	244
7.4. Очистка отходящих газов в электросталеплавильном Производстве .....	247
7.5. Очистка газов от сернистых соединений.....	250
7.6. Очистка газов от окислов азота .....	254
7.7. Способы извлечения оксида углерода из отходящих (сбросовых) дымовых газов .....	256
<b>Глава 8. Формирование современной методологии оценки эффективности технологий, процессов и продуктов черной металлургии с точки зрения концепции экологически чистого производства (ЭЧП).....</b>	<b>259</b>
8.1. Устойчивое развитие и экологически чистое производство .....	259
8.2. Выбросы в окружающую среду.....	263
8.3. Обращение с отходами, техногенные ресурсы и месторождения .....	266
8.4. Концепция общества с оборотным использованием ресурсов .....	272
8.5. Интегрированная политика производства экопродукта .....	276
8.6. Экобаланс и анализ жизненного цикла изделия .....	280
8.7. «Инициатива 3R» и новая парадигма черной металлургии.....	283
8.8. Понятие и методология анализа техногенного элементопотока металлов.....	288
<b>Глава 9. Прогноз образования и оценка мощности техногенного месторождения для металлургического региона .....</b>	<b>296</b>
9.1. Прогноз образования техногенного месторождения на территории металлургического региона.....	296
9.2. Оценка мощности техногенного месторождения для металлургического региона (на примере ОАО «Северсталь») .....	300
<b>Глава 10. Токсичные металлы .....</b>	<b>313</b>
10.1. Классификация и основные свойства .....	313
10.2. Тяжелые металлы в биосфере.....	315
10.3. Ртуть .....	319
10.4. Мышьяк.....	321
10.5. Свинец .....	322
10.6. Кадмий.....	324
10.7. Шестивалентный хром .....	326

<b>Глава 11. Рециклинг металлсодержащих коммунальных отходов</b> .....	331
11.1. Рециклинг электробытовых и электронных отходов .....	331
11.2. Рециклинг строительных материалов .....	336
11.3. Авторециклинг .....	341
<b>Глава 12. Обращение с металлоломом и мини-металлургия</b> .....	349
12.1. Производственный рециклинг и элементопоки металлов .....	349
12.2. Техногенные материалы – перспективное сырьё металлургии ближайшего будущего .....	354
12.3. Шахтные печи.....	357
12.4. Рециклинг металлолома .....	366
12.5. Микроэлементы в металлургических системах .....	375
<b>Глава 13. Обращение с ломом цветных металлов</b> .....	381
13.1. Лом цветных металлов .....	381
13.2. Входной контроль металлолома.....	384
13.3. Подготовка металлолома к металлургическому переделу .....	391
13.4. Сортировка металлолома .....	395
13.5. Рециклинг алюминия .....	400
13.6. Рециклинг меди .....	407
13.7. Рециклинг цинка .....	411
13.8. Рециклинг свинца.....	415
13.9. Рециклинг титана .....	419
13.10. Рециклинг редких и специальных металлов и сплавов.....	422
<b>Глава 14. Утилизация и рециклинг благородных металлов</b> .....	427
14.1. Применение благородных металлов .....	427
14.2. Ювелирные сплавы .....	430
14.3. Утилизация и рециклинг электронного лома.....	430
14.4. Поведение благородных металлов при переработке электронного лома .....	434
14.5. Технология и оборудование для плавления сплавов благородных металлов.....	436
14.6. Прокатка благородных металлов.....	440
<b>Библиографический список</b> .....	442