

Э.А. Хопунов

**ОСНОВЫ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ РУД  
И ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
(теория, эксперимент, технологии)**

Э.А. Хопунов

---

**ОСНОВЫ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ  
РУД И ТЕХНОГЕННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**  
(теория, эксперимент, технологии)

**Монография**

**RU**  
**Science**  
RU-SCIENCE.COM

Москва  
2016

УДК 502/504  
ББК 20.18  
Х78

**Хопунов, Эдуард Афанасьевич.**

**Х78** Основы дезинтеграции руд и техногенных материалов (теория, эксперимент, технологии) : монография / Э.А. Хопунов. — Москва : РУСАЙНС, 2016. — 474 с.

**ISBN 978-5-4365-1445-1**

**DOI 10.15216/978-5-4365-1445-1**

Приведены результаты исследований свойств и характеристик разрушения многих видов рудного и техногенного сырья (агломерата, окатышей, кокса и др.). Дана расширенная трактовка селективного разрушения материалов, учитывающая их свойства, цели и задачи дезинтеграции. Проанализированы количественные зависимости структурных и физико-механических свойств минералов от характеристик селективного разрушения для широкой группы материалов. На примере руд черных, цветных и редких металлов, а также ряда техногенных материалов показана роль факторов нагружения в процессах селективного разрушения. Предложена новая концепция селективного разрушения многокомпонентных материалов. Приведены примеры инновационных подходов к конструированию оборудования для дезинтеграции руд и технологических процессов. Обоснована необходимость конвергенции в области недропользования, основанная на принципах междисциплинарного подхода, на объединении различных наук и технологий.

*Книга представляет интерес для работников научно-исследовательских и проектных организаций, горно-обогатительных предприятий, аспирантов, магистров и бакалавров.*

**УДК 502/504  
ББК 20.18**

**ISBN 978-5-4365-1445-1**

© Хопунов Э.А., 2016  
© ООО «РУСАЙНС», 2016

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	<b>3</b>
<b>Введение</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Основные представления о дезинтеграции неоднородных материалов</b> .....	<b>7</b>
1.1. Селективное разрушение, как частный случай структурной дезинтеграции минерального сырья .....	7
<b>2. Модельные представления о разрушении руд и раскрытии минералов</b> .....	<b>13</b>
2.1. Модели зарождения и роста трещин .....	13
2.2. Энергетические аспекты моделей разрушения .....	25
<b>3. Неуправляемые факторы разрушения</b> .....	<b>27</b>
3.1. Генезис руд и минералов .....	27
3.2. Структура границ срастания минералов .....	30
3.3. Поверхностные явления на границе срастания .....	35
3.4. Структурные характеристики руд .....	40
3.5. Физико-механические свойства минералов .....	46
<b>4. Управляемые факторы избирательного разрушения руд</b> .....	<b>48</b>
4.1. Роль факторов нагружения в процессах селективного разрушения ..	48
4.2. Роль волновых процессов в селективном разрушении руд .....	63
<b>5. Краткое описание установок и методов исследования</b> .....	<b>66</b>
5.1. Методы и устройства для исследования структуры .....	66
5.2. Методы и устройства для исследования прочностных характеристик руд и минералов .....	68
5.2.1. Анализатор прочности зернистых материалов .....	69
5.2.2. Характеристика методик и установок для изучения физико-механических характеристик руд .....	71
5.2.3. Метод оценки селективности разрушения руд .....	73
<b>6. Границы срастания минералов</b> .....	<b>75</b>
6.1. Результаты исследований границ минералов .....	75
6.2. Физико-механические свойства границ срастания .....	83
6.3. Дислокационная структура минералов и границ срастания .....	86
6.4. Модели границ срастания минералов .....	92
6.5. Практические аспекты границ срастания .....	97

<b>7. Разрушение руд и раскрытие минералов .....</b>	<b>106</b>
7.1. Железные руды .....	106
7.1.1. Упругие и прочностные свойства минералов железных руд.....	113
7.1.2. Оценка прочностных характеристик руд.....	127
7.1.3. Микрофрактографический анализ продуктов разрушения.....	134
7.1.4. Разрушение при циклической деформации.....	140
7.1.5. Прочность частиц неправильной формы.....	142
7.1.6. Сопоставление прочности частиц и спектра силовых воздействий в мельнице.....	150
7.1.7. Управление качеством рудоподготовки при разных технологических сортах.....	153
7.2. Руды цветных и редких металлов.....	164
7.2.1. Разрушение медно-никелевых руд.....	164
7.2.2. Дезинтеграция лопарит содержащих руд.....	169
7.3. Разрушение хромитовых руд.....	189
7.4. Разрушение асбестовых руд.....	202
<b>8. Дезинтеграция техногенных материалов .....</b>	<b>224</b>
8.1. Разрушение лома абразивных материалов .....	224
8.2. Metallургическое сырье.....	241
8.2.1. Разрушение твердого топлива .....	241
8.2.2. Разрушение аглоспека .....	250
8.2.3. Формирование структуры и разрушение окатышей.....	273
<b>9. Анализ причин высокого потребления энергии в процессах измельчения .....</b>	<b>284</b>
<b>10. Селективное разупрочнение физическими воздействиями .....</b>	<b>301</b>
10.1 Применение магнитных полей для разупрочнения и разрушения руд .....	301
10.1.1. Обработка железных руд в нестационарном магнитном поле.....	307
10.1.2. Измельчение руд в постоянном магнитном поле.....	322
<b>11. Методы разупрочнения руд.....</b>	<b>345</b>
11.1 Разрушение термическими напряжениями.....	345
11.2. Методы разупрочнения на основе волновых процессов .....	352
11.2.1. Технологии Снайдера и Дина-Гросса .....	352
11.2.2 Разрушение руд взрывом (взрывная отбойка).....	356
11.3. Технологии воздействия электрическими полями.....	367
11.4 Самопроизвольная дезинтеграция руд при воздействии поверхностно-активных веществ.....	373