

А.А. Абрамов

**ВЫСШЕЕ
ГОРНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ**

ПЕРЕРАБОТКА, ОБОГАЩЕНИЕ И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Технология обогащения полезных ископаемых

*Рекомендовано Министерством образования
Российской Федерации в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению «Горное дело»
по специальности «Обогащение полезных
ископаемых»*



**Москва
Издательство Московского
государственного горного университета
2004**

ТОМ II

УДК 622.132.345:625

ББК 33.4

А 16

Федеральная целевая программа «Культура России»

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Рецензенты:

- кафедра «Обогащение полезных ископаемых» Санкт-Петербургского государственного горного института (ТУ) (зав. кафедрой проф., д-р техн. наук *О.Н. Тихонов*);
- проф., д-р техн. наук *В.А. Бочаров* (кафедра «Обогащение руд цветных и редких металлов» Московского государственного института стали и сплавов)

Абрамов А.А.

- А 16 Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: Учебник для вузов. В 3 т. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. — Т. II. Технология обогащения полезных ископаемых. — 510 с.: ил. ISBN 5-7418-0242-7 (в пер.)

Рассмотрены технологические свойства полезных ископаемых, изложены основы теории обогатительных процессов, описано наиболее распространенное оборудование для их осуществления, показаны методы оптимизации и интенсификации технологических процессов обогащения, а также наиболее эффективные пути их совершенствования, дано обоснование наиболее эффективных технологических схем и режимов комплексной переработки и обогащения основных типов полезных ископаемых с учетом вещественного состава перерабатываемого сырья, рассмотрены возможности совершенствования системы управления качеством полезных ископаемых и рудоподготовки, повышения комплексности использования труднообогатимых руд и углей с применением комбинированных схем в условиях охраны окружающей среды. Приведены основные технико-экономические показатели обогащения по основным переделам, рассмотрены принципы организации производства и показатели работы обогатительных фабрик.

А.А. Абрамов — д-р техн. наук, профессор кафедры «Обогащение полезных ископаемых» Московского государственного горного университета.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению «Горное дело» по специальности «Обогащение полезных ископаемых». Может быть полезен инженерно-техническим работникам горно-обогатительных комбинатов, проектных и научно-исследовательских институтов.

Том I. «Обогатительные процессы и аппараты».

Том II. «Технология обогащения полезных ископаемых».

Том III. «Технология переработки и обогащения руд цветных металлов».

УДК 622.132.345:625

ББК 33.4

ISBN 5-7418-0242-7

© А.А. Абрамов, 2004

© Издательство МГГУ, 2004

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2004

Современная технология переработки, обогащения и комплексного использования минерального сырья вплоть до безотходной технологии в горно-обогатительном производстве основана на применении методов обогащения полезных ископаемых, использующих различия в физических, магнитных, электрических, физико-химических и других свойствах разделяемых минералов. Эти методы позволяют также при грамотном их применении эффективно решать экологические проблемы горного производства: переработки и использования вскрышных пород, накопившихся отходов, вторичного сырья, кондиционирования оборотных, очистки сточных вод и т. д.

К настоящему времени сформированы новые представления в области теории и технологии обогащения полезных ископаемых, созданы более совершенные техника и технология, новые методы комплексной их переработки с учетом охраны окружающей среды. При написании учебника они учтены при анализе мировой практики работы передовых предприятий и обосновании наиболее эффективных технологических схем и решений переработки различных типов минерального сырья.

Назначение учебника — дать студентам горных специальностей необходимые знания технологических свойств полезных ископаемых, основ теории обогатительных процессов и конструкций наиболее распространенного оборудования для их осуществления, ознакомить с современной технологией комплексной переработки и обогащения основных типов полезных ископаемых, технико-экономическими показателями переработки и обогащения различных типов минерального сырья, создать необходимую основу для творческого решения будущими горными инженерами вопросов оптимального совмещения технологических процессов добычи и обогащения, повышения комплексности использования сырья, технологи-

А
ческих, экономических и экологических показателей переработки и обогащения полезных ископаемых.

Учебник состоит из шести частей в двух томах и содержит все разделы, необходимые для решения перечисленных выше задач.

Том I «Обогащительные процессы и аппараты» включает в себя первые четыре части.

В первой части рассмотрены технологические свойства полезных ископаемых и минералов, на различии которых и основаны методы разделения минералов при переработке и обогащении полезных ископаемых. Дана классификация процессов, схем обогащения и рассмотрены методы оценки показателей обогащения и комплексности использования сырья. Приведенные материалы составляют базу для обоснованного выбора наиболее эффективных методов обогащения каждого конкретного вида полезного ископаемого с учетом особенностей вещественного состава и технологических свойств составляющих его минералов.

Во второй части, учитывая важное технологическое и технико-экономическое значение подготовки полезных ископаемых к обогащению, рассмотрены процессы грохочения, классификации, дробления, измельчения полезных ископаемых и термохимические процессы, совершенно необходимые при переработке труднообогатимых руд.

Совокупность приводимых материалов призвана обеспечить создание необходимых предпосылок для выявления и обоснования в каждом конкретном случае наиболее целесообразной комбинации процессов для подготовки полезных ископаемых к обогащению.

В третьей и четвертой частях рассмотрены современные основные и вспомогательные методы комплексной переработки и обогащения полезных ископаемых. Изложены основы теории процессов и приведено основное оборудование для их осуществления, позволяющие сформировать

А
подход к оценке и использованию прогрессивных технологических процессов обогащения и комплексной переработки минерального сырья.

Том II «Технология обогащения полезных ископаемых» состоит из двух частей.

В первой части рассмотрена современная технология переработки и обогащения основных типов полезных ископаемых на фабриках СНГ и зарубежных стран с учетом вещественного состава перерабатываемого сырья, необходимости комплексного его использования и путей решения экологических проблем. Она базируется на результатах анализа мировой практики работы передовых предприятий, современных тенденциях совершенствования техники и технологии обогащения различных типов минерального сырья, результатах современных исследований обогатительных процессов.

Знание современной технологии горным инженерам позволит: понимать логическую связь и взаимозависимость технологических переделов добычи и обогащения полезных ископаемых и использовать их для совершенствования своего технологического передела, знать возможности взаимосвязанных технологических переделов и грамотно решать задачи управления качеством руд и россыпей в горном цехе и в процессе подготовки их к обогащению; знать возможности процессов и технологии обогащения и грамотно решать задачи переработки руд, углей, россыпей, твердых отходов, кондиционирования оборотных и очистки сточных вод, обеспыливания; получить за счет комплексного использования сырья максимальную прибыль в рамках горно-обогатительного комбината при соблюдении современных требований по экологии.

Во второй части рассмотрены современная организация производства, системы контроля и управления технологическими процессами с применением современных средств и вычислительной техники; приведены показатели обогащения на обогатительных фабриках и показаны перспективы развития

техники и технологии комплексной переработки и обогащения руд на горно-обогатительных предприятиях, наиболее эффективные пути совершенствования технологических процессов обогащения полезных ископаемых.

Автор благодарен докторам технических наук, профессорам С.Б. Леонову, В.А. Бочарову и коллективу кафедры «Обогащение полезных ископаемых» Московского государственного горного университета за ценные советы, критические замечания и указания, которые помогли улучшить настоящее издание.

Автор выражает искреннюю благодарность совету директоров ОАО «Казцинк» Республики Казахстан за консультации по вопросам практики обогащения полиметаллических руд и оказание спонсорской помощи при подготовке к изданию данной книги.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
-------------------	---

Часть 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И РЕЖИМЫ ПЕРЕРАБОТКИ И ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	9
---	---

Глава 1. Полезные ископаемые и общая характеристика технологий их переработки и обогащения	11
---	-----------

1.1. Полезные ископаемые и их месторождения	11
1.2. Технологические процессы добычи, переработки и обогащения полезных ископаемых	15
1.3. Влияние вещественного состава полезных ископаемых на показатели обогащения	38
1.4. Комплексность использования сырья в процессах его добычи и обогащения	40
1.5. Охрана окружающей среды	43

Глава 2. Технология подготовки полезных ископаемых к обогащению	49
---	-----------

2.1. Технологические требования к качеству полезных ископаемых, поступающих на обогащение	49
2.2. Геолого-технологическое картирование месторождений	51
2.3. Усреднение полезных ископаемых и продуктов их обогащения	52
2.4. Промывка руд и дезинтеграция песков	66
2.5. Предварительная концентрация полезных ископаемых	69
2.6. Схемы дробления	75
2.7. Схемы измельчения	81

Глава 3. Технологические схемы и режимы обогащения руд цветных металлов	94
--	-----------

3.1. Медные руды	94
3.2. Медно-молибденовые руды	102
3.3. Медно-никелевые руды	108
3.4. Медно-цинковые руды	114
3.5. Свинцовсодержащие руды	120
3.6. Алюминийсодержащие руды	

Глава 4. Технологические схемы и режимы обогащения руд и россыпей редких, редкоземельных и радиоактивных металлов	151
--	------------

4.1. Классификация металлов и методы обогащения руд и россыпей	151
4.2. Литневые руды и галургическое сырье	152
4.3. Бериллиевые руды	157

4.4. Титановые и циркониевые руды и россыпи	162
4.5. Оловянные руды и россыпи	166
4.6. Танталониобиевые руды и россыпи	172
4.7. Вольфрамсодержащие руды и россыпи	178
4.8. Руды и россыпи редкоземельных металлов, тория и урана	183
Глава 5. Технологические схемы и режимы обогащения золотосодержащих руд и россыпей	192
5.1. Минералы золота и их технологические свойства	192
5.2. Золотосодержащие россыпи	193
5.3. Коренные золотосодержащие руды	196
Глава 6. Технологические схемы и режимы обогащения руд черных металлов	214
6.1. Железные руды	214
6.2. Марганцевые руды	239
6.3. Хромовые руды	248
Глава 7. Технологические схемы и режимы обогащения горно-химического сырья	250
7.1. Апатитовые руды	250
7.2. Фосфоритные руды	254
7.3. Серные руды	265
7.4. Калийные руды	268
7.5. Борные руды	276
Глава 8. Технологические схемы и режимы обогащения алмазосодержащих руд и песков	284
8.1. Характеристика алмазов	284
8.2. Характеристика руд и россыпей месторождений алмазов	286
8.3. Методы извлечения алмазов	287
8.4. Режимы переработки и обогащения руд и песков	289
8.5. Технологические схемы извлечения алмазов	296
Глава 9. Технологические схемы и режимы обогащения неметаллических полезных ископаемых и индустриального сырья	301
9.1. Баритовые руды	301
9.2. Флюоритовые руды	306
9.3. Магнетитовые руды	311
9.4. Кварцевые породы и пески	314
9.5. Полевощпатовое сырье	315
9.6. Слюдосодержащее сырье	318
9.7. Асбестсодержащие руды	320
9.8. Тальксодержащее сырье	325
9.9. Графитсодержащие руды	329
9.10. Вермикулитовые руды	333
9.11. Волластонитсодержащее сырье	335
9.12. Гипсодержащее сырье	336

9.13. Каолинсодержащее сырье (глины)	337
Глава 10. Технология переработки и обогащения строительных горных пород и материалов	340
10.1. Характеристика основных типов строительных горных пород и материалов	340
10.2. Требования к качеству основных строительных материалов	343
10.3. Основные технологические процессы и оборудование	345
10.4. Технологические схемы переработки строительных горных пород	349
10.5. Себестоимость переработки и комплексность использования сырья	361
Глава 11. Технология переработки и обогащения углей и сланцев (энергетического сырья)	362
11.1. Общая характеристика углей	362
11.2. Свойства углей и их использование в процессах обогащения	365
11.3. Классификация углей по маркам, крупности и обогатимости	368
11.4. Назначение углей и требования к их качеству	373
11.5. Методы обогащения углей и сланцев	375
11.6. Процессы и аппараты для обезвоживания продуктов обогащения углей	387
11.7. Процессы и аппараты для брикетирования углей	390
11.8. Каменные угли	393
11.9. Бурые угли	415
11.10. Горючие сланцы	432

Часть 2

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК И УСТАНОВОК	437
---	-----

Глава 12. Состав и структура обогатительного производства	439
12.1. Типы обогатительных фабрик	439
12.2. Принципы, используемые при проектировании и строительстве обогатительных фабрик	440
12.3. Генеральный план и состав обогатительных фабрик	442
12.4. Особенности размещения оборудования на обогатительных фабриках	445
12.5. Складирование хвостов обогащения	448
12.6. Организация водооборота на обогатительных фабриках	449
Глава 13. Опробование, контроль и управление технологическими процессами на обогатительных фабриках	455
13.1. Назначение опробования и контроля на обогатительных фабриках	455

13.2. Опробование и контроль качества исходного сырья и продуктов обогащения.....	456
13.3. Контроль и автоматизация технологических процессов.....	469
13.4. АСУТП и АСУП на обогатительной фабрике	482
Глава 14. Организация производства и техника безопасности на обога- тельных фабриках	483
14.1. Принципы организации производства	483
14.2. Охрана труда и техника безопасности на обогатительных фабриках.....	487
Глава 15. Основные технико-экономические показатели работы обога- тельных фабрик	491
Глава 16. Перспективы развития техники и технологии комплексной переработки и обогащения полезных ископаемых.....	495
Список литературы.....	498
Приложение.....	501