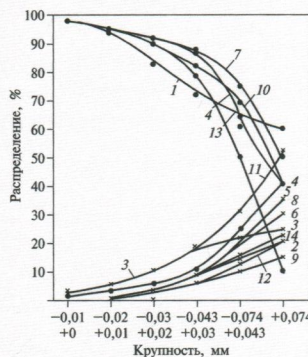


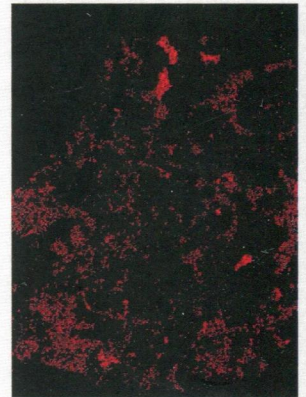
В.А. Бочаров
В.А. Игнаткина
А.А. Каюмов

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ МАССИВНЫХ УПОРНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ



Минералы и сростки:

- 1 – FeS
- 2 – FeS₂; ZnS
- 3 – FeS; CuFeS₂
- 4 – ZnS
- 5 – ZnS; FeS
- 6 – ZnS; CuFeS₂
- 7 – CuFeS
- 8 – CuFeS₂; ZnS
- 9 – CuFeS₂; FeS₂
- 10 – CuS
- 11 – CuS; ZnS₂
- 12 – CuS; ZnS
- 13 – Cu₁₂As₄S₁₃
- 14 – Cu₁₂As₄S₁₃; FeS₂; ZnS



**В.А. БОЧАРОВ
В.А. ИГНАТКИНА
А.А. КАЮМОВ**

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ
МАССИВНЫХ УПОРНЫХ
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**



**МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»
2019**

УДК 622.7
ББК 33.4
Б72

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253–03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124–94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.18

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф., Заслуженный деятель науки РФ *В.П. Мязин* (ЗабГУ, Чита);
- д-р техн. наук, проф. *Ю.П. Морозов* (УрГГУ, Екатеринбург)

Бочаров В.А., Игнаткина В.А., Каюмов А.А.

Б72 Теория и практика разделения минералов массивных упорных полиметаллических руд цветных металлов. — М.: Издательство «Горная книга», 2019. — 512 с.: ил.

ISBN 978-5-98672-502-4

В монографии приведены результаты анализа состояния проблемы, теоретических, экспериментальных, технологических исследований авторов в области флотации сульфидов. Предложены новые режимы селективного раскрытия и выделения минералов цветных тяжелых и благородных металлов в кондиционные концентраты, бедные промпродукты с последующей доводкой последних по комбинированным технологиям. Представлены реагентные режимы флотации с применением сочетаний сульфгидрильных собирателей и модификаторов.

Для научных работников, инженерно-технических специалистов, технологов, занятых в сфере разработки и переработки минерально-сырьевой базы труднообогатимых сульфидных руд цветных и благородных металлов, работников научной общественности, занимающихся проблемами сохранения естественной биосферы Земли в условиях развития и освоения рудных месторождений, а также для подготовки студентов и аспирантов направлений «Горное дело» и «Металлургия».

Bocharov V.A., Ignatkina V.A., Kayumov A.A.

В72 Separation of massive polymetallic refractory ores containing nonferrous metals: Theory and practice. — Moscow: Gornaya kniga, 2019. — 512 p.

The monograph presents analytical data on the problem state as well as the theoretical, experimental and in-process research results obtained by the authors in the field of flotation of sulphides. New conditions for the selective liberation and recovery of minerals of nonferrous heavy and noble metals to standard-quality concentrates and low-quality intermediates may be treated by combination of metallurgical process have been proposed. The reagent regimes of flotation by combinations of sulfhydryl collectors and modifiers are presented.

The monograph is intended for researchers, engineers and technologists engaged in mining and processing of refractory sulphide ores containing nonferrous and noble metals, as well as for scientific community concerned with preservation of the Earth's natural biosphere in the conditions of high-rate mineral mining, and for training of students and post-graduate students in Mining and Metallurgy.



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 19-15-00005.
Не подлежит продаже.

ISBN 978-5-98672-502-4

УДК 622.7
ББК 33.4



9 785986 725024

© В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина, А.А. Каюмов, 2019
© Издательство «Горная книга», 2019
© Дизайн книги. Издательство «Горная книга», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
ГЛАВА 1. Особенности вещественного состава труднообогатимых сульфидных руд и принципиальные технологии их переработки.	5
1.1. Характеристика минералов медно-пиритных и медно-пирит-пирротиновых руд	5
1.2. Характеристика минералов медно-свинцово-цинково-пиритных руд. . .	12
1.3. Краткая характеристика минеральных золотосодержащих ассоциаций упорных руд	14
1.4. Технологические особенности руд и минералов упорных массивных пирит-пирротиновых полиметаллических руд в цикле рудоподготовки	15
1.5. Минеральные ассоциации сульфидов цветных металлов	24
1.6. Минеральные ассоциации с золотом	32
1.6. Особенности вещественного состава, технологических свойств и показателей обогащения на обогатительных фабриках России и зарубежных стран	48
1.6.1. Технологические свойства колчеданных месторождений с повышенным содержанием теннантита.	48
1.6.2. Характеристика колчеданных руд месторождений Учалинского региона, содержащих блёклые руды	54
1.6.3. Обзор результатов исследований руд, содержащих теннантит . .	57
1.6.4. Состояние проблемы переработки блёклых руд.	60
1.6.4. Характеристика блёклых руд	64
1.6.5. Флотация руд с повышенным содержанием теннантита	65
1.7. Технологические особенности минералов свинецсодержащих полиметаллических руд.	72
Выводы к главе	86
Список литературы	89
ГЛАВА 2. Взаимодействие флотационных реагентов с сульфидными минералами в схемах обогащения упорных полиметаллических руд.	91
2.1. Общие положения о взаимодействии флотореагентов с минералами. .	91
2.2. Флотореагенты, используемые при обогащении сульфидных руд	105
2.3. Аэрационное кондиционирование сульфидных руд.	115
2.4. Влияние окислительного кондиционирования на механизм формирования ионно-молекулярного состава сульфидной пульпы . . .	124
2.5. Механизм формирования ионного состава пульпы при окислительном кондиционировании	142
2.6. Механизм окисления сульфидных минералов.	147
2.7. Окисление железа измельчающей среды и сульфидов меди.	154
2.8. О роли азота и других газов при флотации минералов сульфидных руд	157
Выводы к главе	160
Список литературы	161

ГЛАВА 3. Критерии выбора сульфидрильных собирателей для флотации сульфидных минералов колчеданных руд	164
3.1. Адсорбционные свойства минералов.	164
3.2. Термодинамическая оценка выбора собирателей	168
3.3. Роль полупроводниковых свойств минералов при выборе собирателей	171
3.4. Общая характеристика используемых собирателей	172
3.5. Основные критерии выбора собирателей	179
3.6. Константы кислотности	183
3.7. Возможности применения квантово-химического подхода к выбору собирателей.	185
3.8. Направления разработки селективных собирателей.	186
3.9. Практика выбора и использования сульфидрильных собирателей при флотации.	187
3.10. Собирательные свойства диизобутилового дитиофосфината при флотации минералов колчеданных руд	200
Выводы к главе	208
Список литературы	209
ГЛАВА 4. Научные основы выбора технологии комплексной переработки упорных массивных полиметаллических руд цветных металлов	213
4.1. Разделительные признаки минералов полиметаллических руд.	213
4.2. Технологическая взаимосвязь разделительных признаков в выборе способов переработки сульфидных руд	219
4.3. Формирование ионно-молекулярного состава фаз пульпы и технологической воды при флотации сульфидных руд.	223
Выводы по главе	237
Список литературы	238
ГЛАВА 5. Принципиальные технологические решения при переработке упорных массивных пиритно-пирротиновых полиметаллических руд	243
5.1. Текстурно-структурная характеристика руд, определяющая степень селективного раскрытия сульфидных минералов	243
5.2. Особенности раскрытия и выделения разновидностей пирита и пирротина	253
5.3. Формирование свойств пиритных руд разных месторождений	264
5.4. Флотационные свойства разновидностей сфалерита и сульфидов меди колчеданных руд	273
5.5. Особенности флотационных свойств минералов блёклых руд	280
5.6. Флотационные свойства пирротина массивных руд	287
5.7. Технологические свойства ассоциаций золота и способы их выделения из сульфидных руд	298
5.7.1. Состояние технологии извлечения золота	298
5.7.2. Флотационное извлечение золота	301
5.7.3. Основные направления реализации способов выделения золота из колчеданных руд.	308
5.7.4. Практика выделения золота из массивных руд	310
Выводы к главе	318
Список литературы	320

ГЛАВА 6. Принципиальные технологические схемы переработки массивных руд на основе глубокого селективного раскрытия и флотоактивности разновидностей пирита	327
6.1. Состояние проблемы раскрытия минералов	327
6.2. Концентрирование разновидностей минералов при разделении полиминеральных концентратов.	337
6.3. Особенности формирования механизма и условий фракционного концентрирования при кондиционировании минеральных сульфидных пульп.	348
Выводы к главе	367
Список литературы	369
ГЛАВА 7. Технологические исследования переработки труднообогатимых массивных полиметаллических руд цветных металлов	375
7.1. Состояние проблемы переработки труднообогатимых полиметаллических руд цветных металлов	375
7.2. Особенности флотационных свойств минералов свинецсодержащих руд	384
7.3. Флотоактивность образцов галенита разных месторождений.	389
7.4. Способы разделения полиминеральных руд и концентратов	397
7.5. Практика переработки полиметаллических руд на предприятиях России.	412
7.5.1. Обогащение руд Рубцовского месторождения	412
7.5.2. Переработка руд Степного месторождения на Рубцовской обогатительной фабрике ОАО «Сибполиметалл»	421
7.5.3. Обогащение руд Озерного месторождения.	451
Выводы к главе	460
Список использованных источников.	461
ГЛАВА 8. Технология рационального природопользования упорного полиминерального сульфидного сырья на основе комбинированных процессов	464
8.1. Состояние проблемы применения комбинированных технологий.	464
8.2. Рациональные способы повышения извлечения золота.	465
8.3. Технология извлечения золота на предприятиях Урала	473
Выводы к главе	487
Список литературы	487
ГЛАВА 9. Технологии комплексного рационального природопользования на основе глубокого раскрытия полиминеральных сростков сульфидных руд	492
Выводы к главе	504
Список литературы	506