



1921-2021

кафедре обогащения
полезных ископаемых
Уральского государственного
горного университета

В.З. Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Учебное пособие

**Екатеринбург
2021**

УДК 622.7.09. (075.8)

К 59

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Цыпин Е. Ф.,
доктор технических наук, доцент Пелевин А. Е.
(Уральский государственный горный университет).

Печатается по решению Учебно-методического совета
Уральского государственного горного университета.

Козин В. З.

К59 Исследование руд на обогатимость: учебное пособие. – 3-е изд., перераб./
В. З. Козин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020.
188 с.
ISBN 978-5-8019-0480-1

Учебное пособие содержит сведения о технологическом регламенте, о построении и общей структуре схем обогащения полезных ископаемых, отборе и подготовке технологических проб, изучении текстуры, структуры и гранулометрического состава руды. Приводятся методы измерения и выбора разделительных свойств. Освещены вопросы анализа элементного и минерального состава руды, а также измерения физико-механических характеристик руды. Даются основы составления и сравнения вариантов схем обогащения и их испытания.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Рис. 93. Табл. 18. Библ. 124 назв.

УДК 622.7.09.(075.8)

© Уральский государственный
горный университет, 2009, 2016, 2020
© Козин В. З., 2009, 2016, 2020

ISBN 978-5-8019-0480-1

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| Глава 1. ИССЛЕДОВАНИЕ НА ОБОГАТИМОСТЬ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ | 8 |
| 1.1. Задачи, решаемые при исследовании руд на обогатимость | 8 |
| 1.2. Технологический регламент | 12 |
| Глава 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБА | 16 |
| 2.1. Запасы руд и их технологическое обоснование | 16 |
| 2.2. Природные типы руд | 17 |
| 2.3. Технологические типы и сорта руд | 20 |
| 2.4. Технологические пробы | 22 |
| 2.5. Масса технологической пробы | 23 |
| 2.6. Предварительная подготовка пробы на объекте | 24 |
| 2.7. Подготовка лабораторной технологической пробы к испытаниям в лаборатории | 25 |
| Глава 3. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ТЕКСТУРА И СТРУКТУРА РУДЫ | 28 |
| 3.1. Общие сведения о гранулометрическом составе | 28 |
| 3.2. Планиметрический метод | 29 |
| 3.3. Ситовый анализ | 32 |
| 3.4. Седиментационный анализ | 32 |
| 3.5. Текстура руды | 34 |
| 3.6. Структура руды | 35 |
| Глава 4. ЭЛЕМЕНТНЫЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД | 39 |
| 4.1. Элементный состав | 39 |
| 4.2. Особенности минерального состава | 41 |
| 4.3. Мономинеральные фракции | 43 |
| 4.4. Приближенно-количественный минералогический анализ | 47 |
| 4.5. Полный количественный минералогический анализ | 50 |
| 4.6. Аппаратурные методы диагностики и количественного определения минералов | 51 |
| 4.7. Вспомогательные методы анализа | 54 |
| 4.8. Химический фазовый анализ | 54 |
| 4.9. Погрешности минералогического анализа | 55 |
| 4.10. Потенциальная ценность руды | 56 |
| Глава 5. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РУД И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ | 58 |
| 5.1. Измеряемые и тестируемые свойства | 58 |
| 5.2. Крепость | 59 |
| 5.3. Абразивность | 59 |
| 5.4. Сыпучесть и угол естественного откоса | 60 |
| 5.5. Слеживаемость | 60 |
| 5.6. Насыпная плотность и самоуплотнение | 61 |
| 5.7. Удельная поверхность | 61 |

| | |
|--|------------|
| 5.8. «Его величество» тест | 62 |
| 5.9. Дробимость | 63 |
| 5.10. Измельчаемость | 64 |
| 5.11. Энергетическая оценка дробимости и измельчаемости руд | 67 |
| 5.12. Промывистость | 68 |
| 5.13. Сгущаемость | 68 |
| 5.14. Фильтруемость | 69 |
| Глава 6. РАСКРЫТИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ | 71 |
| 6.1. Идеальная диаграмма раскрытия | 71 |
| 6.2. Экспериментальное построение диаграммы раскрытия | 75 |
| 6.3. Экспериментальное построение диаграммы раскрытия трехкомпонентной руды | 78 |
| 6.4. Эмпирические методы оценки раскрытия руды | 79 |
| 6.5. Оценка раскрываемости руды при измельчении | 80 |
| Глава 7. ОБЩАЯ СТРУКТУРА СХЕМ ОБОГАЩЕНИЯ | 83 |
| 7.1. Технологические классы крупности | 83 |
| 7.2. Общая схема обогащения руды | 85 |
| 7.3. Машинные классы крупности | 87 |
| 7.4. Варианты характеристик раскрытия руды и схем обогащения | 89 |
| 7.5. Расчет выходов породы и концентратов | 93 |
| 7.6. Модели технологических процессов и расчет схем | 94 |
| 7.7. Разработки схем по принципу «не обогащать ничего лишнего» | 100 |
| Глава 8. РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ЧАСТИЦ | 103 |
| 8.1. Объемные и поверхностные разделительные признаки | 103 |
| 8.2. Изменение разделительных признаков частиц | 105 |
| 8.3. Крупность как разделительный признак | 106 |
| 8.4. Информативный сигнал | 107 |
| 8.5. Плотность | 111 |
| 8.6. Удельная магнитная восприимчивость | 112 |
| 8.7. Электрический заряд, удельная электропроводность и диэлектрическая проницаемость | 114 |
| 8.8. Флотируемость | 116 |
| 8.9. Растворимость | 117 |
| 8.10. Осаждаемость | 118 |
| Глава 9. Выбор граничного значения разделительного признака | 119 |
| 9.1. Выбор с помощью первичных фракционных и идеальных сепарационных характеристик | 119 |
| 9.2. Выбор с помощью кумулятивных фракционных и идеальных сепарационных характеристик | 123 |
| 9.3. Оценка применимости аппарата для разделения | 126 |
| 9.4. Сдвиг граничного значения разделительного признака | 129 |
| 9.5. Тестирование | 130 |
| 9.6. Предельные кривые обогатимости | 134 |
| 9.7. Оптимизация | 137 |

| | |
|--|------------|
| Глава 10. СОСТАВЛЕНИЕ, ОЦЕНКА И ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБОГАЩЕНИЯ | 140 |
| 10.1. Технологические аспекты | 140 |
| 10.2. Экономические аспекты | 144 |
| 10.3. Концептуальная оценка вариантов | 148 |
| 10.4. Испытания технологических схем | 151 |
| 10.5. Погрешности опытов и испытаний схем | 155 |
| Глава 11. УСРЕДНЕНИЕ РУД И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ | 159 |
| 11.1. Изменчивость качества руд | 159 |
| 11.2. Возможности управления качеством руд и концентратов | 160 |
| 11.3. Усреднение руды | 162 |
| 11.4. Управление качеством концентратов | 165 |
| 11.5. Нормирование потерь | 168 |
| Глава 12. ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ БУДУЩЕГО | 171 |
| 12.1. Безотходная обогатительная фабрика | 171 |
| 12.2. Предварительное обогащение и дополнительные концентраты | 174 |
| 12.3. Основное обогащение | 177 |
| 12.4. Доводка и суперконцентраты | 178 |
| 12.5. Переработка хвостов | 179 |
| 12.5.1. Хвосты – техногенная руда | 179 |
| 12.5.2. Непосредственная полная утилизация хвостов | 181 |
| 12.5.3. Непосредственная частичная утилизация | 181 |
| 12.5.4. Дообогащение и полная утилизация оставшейся части | 182 |
| 12.5.5. Дообогащение, частичная утилизация и организованное складирование | 182 |
| 12.5.6. Переработка техногенных жидких отходов | 183 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 185 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 187 |