

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alexandrova'.

Руководитель ОПОП ВО
Профессор Т.Н. Александрова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки:	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
Направленность (профиль):	Обогащение полезных ископаемых
Форма обучения:	очная
Нормативный срок обучения:	4 года
Составитель:	д.т.н., профессор Т.Н. Александрова

Санкт-Петербург

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические рекомендации разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Исследование руд на обогатимость» и предназначены для самостоятельного изучения обучающимися.

В настоящее время сырьевая база страны имеет явно выраженную тенденцию к ухудшению качества исходного материала. В переработку вовлекаются все более тонко вкрапленные и низкокачественные руды, причем перерабатывать такое сырье необходимо только комплексно. Такая переработка должна отвечать и все более строгим экологическим требованиям.

Углубленное изучение физической сущности процессов обогащения во взаимосвязи разделяющих сил и управляющих воздействий, теоретические и экспериментальные исследования с использованием математических моделей аппаратов и систем, практически реализующих сепарационные процессы, позволяет разработать технологические схемы, обеспечивающие высокую эффективность комплексной переработки и экологичность проектируемых и действующих технологических процессов обогащения полезных ископаемых.

Грамотный специалист для успешной работы в своей области должен обладать знаниями об этапах промышленного освоения месторождений; о методах изучения элементного и минералогического состава руды, о свойствах минеральных частиц, о фракционных характеристиках продуктов, технологических характеристиках приборов и схем; о стадиях исследования полезных ископаемых на обогатимость.

В методических указаниях описываются действия, которые необходимо выполнить аспиранту в рамках самостоятельной работы, в том числе при подготовке к практическим занятиям.

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ»

Тема 1. Физико-механические свойства руд и продуктов обогащения.

Цели и задачи занятия:

Сформировать и закрепить у аспирантов знания о физико-механических свойствах руд и продуктов обогащения, которые необходимы для принятия решений, связанных с технологией обогащения, а также правилах пробоподготовки на объекте и в лаборатории. Эти сведения являются очень важными, так как исключительно на их основе выбираются схемы и аппараты для подготовки руды к обогащению, схемы и аппараты обезвоживания и пылеулавливания, а также устройство складов, бункеров, хвостохранилищ.

Учебные вопросы по самостоятельной работе:

1. Технологические показатели обогащения.
2. Условия, определяющие оптимальную крупность измельчения полезных ископаемых перед флотацией.
3. Технологические пробы.
4. Масса технологической пробы.
5. Предварительная подготовка пробы на объекте.
6. Подготовка лабораторной технологической пробы к испытаниям в лаборатории.

Методические указания:

При изучении темы необходимо уяснить, что исследование на обогатимость представляет собой целый комплекс работ, при этом включает себя такие основные стадии как:

- Отбор технологической пробы и подготовка технологической пробы.
- Изучение вещественного, химического и минералогического состава.
- Изучение физических свойств руды и раскрытия минералов.
- Обзор и анализ априорной информации.
- Обоснование и разработке методик экспериментов.

- Проведение исследований по изучению технологических свойств.
- Составление вариантов технологических схем или режимов.
- Техничко-экономические оценки вариантов.
- Лабораторные, полупромышленные и промышленные испытания технологической схемы или режимов.
- Расчет технико-экономических показателей испытаний.
- Написание промежуточного и итогового отчетов или другого документа, в частности, технологического регламента.

С развитием науки и техники появились и получили развитие новые направления, интенсифицирующие и углубляющие исследования на обогатимость, в частности:

- технологическая минералогия;
- базовые схемы исследований и испытаний;
- комплексы лабораторного оборудования, в т. ч. опытные фабрики и установки;
- компьютерные программы и расчеты;
- теория оптимизации процессов обогащения.

Все эти стадии позволяют более комплексно изучить объект исследований и более точно и качественно разработать или модернизировать схему обогащения и переработки с учетом современных требований.

Любое исследование начинается с анализа априорной информации. Однако каждое месторождение является уникальным. Природа не повторяется и оставляет всегда значительную неопределенность результата обогащения даже при весьма полной априорной информации.

Поэтому основным средством решения задачи оценки обогатимости руды, в конечном счете, становится эксперимент, в том числе экспериментальное изучение различных характеристик руды, свойств обогатительных машин и т. п.

Объем исследований зависит от многих факторов. Среди них: вид задачи, тип руды, уровень требований к качеству результата.

Но, одним из ключевых факторов для качественно проведения исследования руд на обогатимость является качественный отбор и подготовка проб к самим исследованиям, а также исследования основных физических и механических свойств, на основании, которых очень часто может быть обоснован главный признак разделения. В данной теме необходимо ознакомиться с правилами, методами, ГОСТами и другими документами отбора и подготовки руд к исследованиям и исследований физико-механических свойств, а также овладеть навыками расчета числа точечных проб, масс пробы, расчетами невязок и пр.

Задание для самостоятельного решения:

Задание. В соответствии с вариантом фракционного состава материала или руды рассчитать технологические показатели, получаемые при разделении пробы на концентрат, промпродукт и хвосты, при указанных ниже значениях границ разделения. Определить функции содержания β выхода γ .

Варианты заданий. Варианты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Фракционный состав углей, %
(в числителе $\gamma_{фр}$, в знаменателе β)

Номер варианта	Крупность фракции l , см						$\frac{l_{p1}}$
	1,3-1,4	1,4-1,5	1,5-1,6	1,6-1,8	1,8-2,0	2,0-2,2	$\frac{l_{p2}}$
1	$\frac{47,5}{3,3}$	$\frac{7,3}{12,5}$	$\frac{1,6}{25,4}$	$\frac{2,8}{46,8}$	$\frac{2,3}{57,7}$	$\frac{38,5}{81,9}$	$\frac{1,6}{1,8}$
	$\frac{65,1}{3,3}$	$\frac{4,3}{11,0}$	$\frac{2,0}{29,4}$	$\frac{1,5}{38,3}$	$\frac{0,2}{54,6}$	$\frac{26,9}{81,4}$	$\frac{1,5}{1,8}$
3	$\frac{73,5}{3,8}$	$\frac{4,8}{9,8}$	$\frac{2,0}{23,3}$	$\frac{1,2}{36,2}$	$\frac{1,6}{53,9}$	$\frac{16,9}{84,8}$	$\frac{1,6}{1,8}$

Рекомендуемая литература:

- основная: [1-2];
- дополнительная: [3-6].

Тема 2. Методы изучения элементного, минерального состава руд и технологические исследования обогатимости полезных ископаемых
Цели и задачи занятия:

Сформировать и закрепить знания об общих закономерностях, присущих любому частному обогатительному процессу, включая: фракционные характеристики минерального сырья и продуктов, сепарационные характеристики различных обогатительных аппаратов и технологических схем, прогнозирующие расчеты технологических показателей.

Учебные вопросы по самостоятельной работе:

1. Особенности фракционирования по плотности, по флотуемости и магнитным свойствам.
2. Исследование поверхностных свойств минералов.
3. Допустимые погрешности воспроизводимости результатов аппаратов и процессов разделения (информационных, гравитационных, магнитных, электрических, химико-металлургических).

Методические указания:

В первом приближении обогатительная технология объединяет два понятия: минеральные материалы (сырье, концентраты, хвосты, промежуточные продукты (промпродукты)) и технологические схемы (аппараты) обогащения. Для количественной оценки минеральных продуктов используются понятия распределения минеральных частиц $\gamma(\xi)$ и ценных компонентов $\beta(\xi)$ по фракциям с различными физическими свойствами ξ , а для количественной оценки аппаратов и схем – сепарационные характеристики $\varepsilon(\xi)$, оценивающие извлечение ε узких минеральных фракций в продукты. Понятия о фракционном составе и сепарационных характеристиках позволяют надежно прогнозировать технологические результаты обогащения (выход, содержание, извлечение) любого сырья с помощью любой технологической схемы, оценивать эффективность работы и сравнивать друг с другом обогатительные аппараты различных конструкций, самые сложные технологические схемы независимо от типа перерабатываемого

сырья, решать задачи экономически оптимальной стратегии обогащения сложного сырья, проектировать детальные технологические схемы.

Задание для самостоятельного решения:

Задание. В соответствии с вариантом рассчитать технологические показатели и построить кривые обогатимости по результатам фракционного (денсиметрического) анализа.

Варианты заданий. Варианты приведены в табл.2.

Таблица 2

№ вар.	№ фр.	Плотность фракции, кг/м ³	Масса Q, г	Выход γ, %	Зольность λ, %	γ/λ	Всплывшая фракция			Утонувшая фракция		
							Σγ↓	Σγ·λ↓	β=Σγ·λ↓/Σγ↓	Σγ↑	Σγ·λ↑	ν=Σγ·λ↑/Σγ↑
	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	<1300	14,3		5,3							
	2	1300-1400	31,5		9,1							
	3	1400-1500	21,7		25,0							
	4	1500-1600	14,5		48,0							
	5	1600-1800	41,8		67,6							
	6	>1800	13,4		85,2							
	Итого:											
2	1	<1300	14,3		4,3							
	2	1300-1400	37,5		9,1							
	3	1400-1500	21,7		27,0							
	4	1500-1600	14,5		48,5							
	5	1600-1800	41,8		69,6							
	6	>1800	13,4		84,2							
	Итого:											
3	1	<1300	24,3		3,8							
	2	1300-1400	33,5		9,7							
	3	1400-1500	22,7		25,5							
	4	1500-1600	15,5		49,6							
	5	1600-1800	43,8		67,6							
	6	>1800	14,4		85,1							
	Итого:											

Рекомендуемая литература:

- основная: [1-2];
- дополнительная: [3-6].

Тема 3. Изменчивость характеристик руд. Усреднение руд и управление качеством продукции.

Цели и задачи занятия:

Закрепить знания в области методов практического нахождения погрешностей измерения, способами отбора проб, подготовки их и анализа; оценки технологического и товарного баланса на обогатительных фабриках, способов измерения и контроля показателей технологических процессов, а так же управления качеством продукции.

Учебные вопросы по самостоятельной работе:

1. Управление качеством продукции.
2. Оперативный расчет схем обогащения по результатам опробования.

Методические указания:

Показатели работы обогатительной фабрики постоянно меняются. Это связано с изменением состава и свойств, прежде всего, поступающей на обогащение руды. Обеспечить постоянство всех характеристик руды, и соответственно, продуктов разделения во времени невозможно, так как свойства руды на различных участках одного и того же месторождения различны. Соответственно необходимо оперативно реагировать на все изменения при работе обогатительной фабрики. Проведение опробования продуктов обогащения позволяет оперативно рассчитывать выхода всех продуктов и извлечения всех компонентов во все продукты технологической схемы.

Такая же потребность возникает при конструировании технологической схемы по результатам анализа продуктов обогащения после выполнения технологических опытов в лаборатории.

Задание для самостоятельного решения:

1. Найти дисперсию покускового опробования для алмазосодержащей руды, если $\alpha = 1$ г/т, $\beta_M = 10^6$ г/т, $d_{3\%} = 1$ мм, $d = 10$ мм, $\rho_M = 3,51$ г/см³, $\rho_{II} = 3$ г/см³.

Алмазы редкий вкрапленный минерал $b=0$.

2. Найти дисперсию покускового опробования для медной руды, если $\alpha = 1 \%$, $\beta_M = 34,5 \%$, $d_3 = 1 \text{ мм}$, $d = 10 \text{ мм}$, $\rho_M = 4,2 \text{ г/см}^3$, $\rho_P = 3 \text{ г/см}^3$.

3. Найти минимальную массу пробы при опробовании золотоносного песка, состоящего из чистых золотинок и песчинок одного размера. Ожидаемое массовое содержание $\alpha = 2 \text{ г/т}$, $\beta_M = 10^6 \text{ г/т}$, плотность минерала $\rho_M = 18 \text{ г/см}^3$, плотность породы $\rho_P = 3 \text{ г/см}^3$, $d_{\text{с max}} = 1 \text{ мм}$, распределение $\omega(d)$ равномерное, $f=0,5$.

Для зоны дискретного закона при $s_{\text{доп}} = 0,05 \text{ г/т}$.

4. Найти минимальную массу пробы при опробовании россыпи на алмазы. Возможная максимальная крупность алмазов 4 мм , ожидаемое содержание $\alpha = 0,5 \text{ г/т}$. Алмаз – чистый минерал, поэтому $\beta_M = 10^6 \text{ г/т}$. Плотность алмаза $\rho_M = 3,5 \text{ г/см}^3$, допустимая погрешность $P = 12,5 \%$.

5. Найти минимальную массу пробы для хвостов свинцовой флотации. Материал полностью раскрыт, $d_{\text{max}} = 0,3 \text{ мм}$, $\alpha = 0,1 \%$, $\beta_M = 86,6 \%$, $\rho_M = 7,5 \text{ г/см}^3$. Допустимая погрешность $P = 5 \%$.

6. Найти минимальную массу пробы для медной вкрапленной руды крупностью $d_{\text{max}} = 10 \text{ мм}$, размер зерен – вкраплений халькопирита $d_3 \text{ max} = 3 \text{ мм}$, $\alpha = 1 \%$, $\beta_M = 34,5$. Вкрапленность неравномерная $b = 1,5$, $\rho_M = 4,2 \text{ г/см}^3$, $f = 0,5$, $s_{\text{доп}} = 0,05 \%$.

Рекомендуемая литература:

- основная: [1-2];
- дополнительная: [3-6].

ЛИТЕРАТУРА КО ВСЕМ ТЕМАМ

Основная:

1. Абрамов, А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Т.2. Технология переработки и обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс] : учеб. - Электрон. дан. - Москва : Горная книга, 2004. - 510 с

<https://e.lanbook.com/book/3266>.

2. Абрамов, А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов: Учебное пособие в 2 кн. Т.3. Книга 2. Pb, Pb-Cu, Zn, Pb-Zn, Pb-Cu-

Zn, Cu-Ni, Co-, Bi-, Sb-, Hg- содержащие руды [Электронный ресурс] : учеб. пособие - Электрон. дан. - Москва : Горная книга, 2005. — 470 с.

<https://e.lanbook.com/book/3268>.

Дополнительная:

3. Справочник по обогащению руд. Т. 1. Подготовительные процессы / Редкол.: Богданов О.С. (гл. ред.), Олевский В.А. (отв. ред.) и др. - М. : Недра, 1972. - 448 с.

4. Справочник по обогащению руд. Т. 1. Подготовительные процессы / Редкол.: Богданов О.С. (гл. ред.), Олевский В.А. (отв. ред.) и др. - М. : Недра, 1972. - 448 с.

<https://e.lanbook.com/book/47431>

5. Обогащение полезных ископаемых: учеб. пособие [Электронный ресурс]: / К.И. Лукина, В. П. Якушкин, А. Н. Муклакова. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 224 с. — (Высшее образование: Специалитет).

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=561064>

6 . Александрова Т.Н. Обогащение полезных ископаемых. [Электронный ресурс]: учебник/ Кусков В.Б., Львов В.В., Николаева Н.В – Электрон. дан. РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный», Заказ 503. С 144 (ISBN 978-5-94211-731-3), 2015, 530 с.

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<>I=33%2E4%D1%8F73%2F%D0%9E%2D21%2D667610266<>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
Тема 1. Физико-механические свойства руд и продуктов обогащения.....	3
Тема 2. Методы изучения элементного, минерального состава руд и технологические исследования обогатимости полезных ископаемых	6
Тема 3. Изменчивость характеристик руд. Усреднение руд и управление качеством продукции.	9
ЛИТЕРАТУРА КО ВСЕМ ТЕМАМ	10