

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
“МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”**

кафедра горного дела

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Методические указания
и контрольные задания
для студентов заочного обучения
специальностей 130404 «Подземная разработка
месторождений полезных ископаемых»
и 130403 «Открытые горные работы»*

Мурманск
2006

УДК 622.7

ББК 33.4

О 21

Составитель – Владимир Федорович Скороходов, д-р техн. наук, профессор кафедры горного дела

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой горного дела 6 октября 2003 г., протокол № 2

Рецензент – А.Ш. Гершенкоп, профессор, д-р техн. наук, зам. директора Горного института КНЦ РАН

Редактор Е.В. Попова

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	5
СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	
К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБОГАЩЕНИЯ.....	6
ТЕМА 2. ГРОХОЧЕНИЕ.....	6
ТЕМА 3. ДРОБЛЕНИЕ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ РУДЫ	6
ТЕМА 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ.....	7
ТЕМА 5. ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ.....	7
ТЕМА 6. ФЛОТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ.....	7
ТЕМА 7. МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ	
ОБОГАЩЕНИЯ	7
ТЕМА 8. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ.....	8
ТЕМА 9. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБОГАЩЕНИЯ.....	8
ТЕМА 10. КОНТРОЛЬ И ОПРОБОВАНИЕ	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ	8
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА.....	9
ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ	
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ».....	13
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ	16

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания и контрольные задания по дисциплине “Обогащение полезных ископаемых” составлены в соответствии с типовой и рабочей программами дисциплины “Обогащение полезных ископаемых” для специальностей 130404 “Подземная разработка месторождений полезных ископаемых” и 130403 “Открытые горные работы”, а также Государственным образовательным стандартом базового высшего профессионального образования.

Настоящие методические указания включают контрольные задания по дисциплине “Обогащение полезных ископаемых”, перечень вопросов для подготовки к зачету и список рекомендуемой литературы.

Целью дисциплины является изучение студентами способов подготовки минерального сырья к его первичной переработке и основных методов обогащения полезных ископаемых.

В результате изучения курса студент должен:

- знать возможные рациональные способы переработки основных видов полезных ископаемых в зависимости от минерального состава руды (различий в физических и химических свойствах разделяемых минералов) и вкрапленности полезных компонентов;
- уметь определять и оценивать результаты обогащения минерального сырья;
- иметь общие представления о конструкции аппаратов, используемых в различных процессах и операциях обогащения.

Курс “Обогащение полезных ископаемых” включает чтение лекций, выполнение индивидуальных работ, самостоятельную работу студентов, выполнение контрольной работы.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Тема	Количество часов по плану заочного обучения		
		лекций	индивидуальных работ	самост. работы
1	Введение. Основные понятия обогащения	1	1,5	2,5
2	Грохочение	1	1,5	2,5
3	Дробление и измельчение руды	1	1,5	2,5
4	Классификация продуктов обогащения	1	1,5	2,5
5	Гравитационные методы обогащения	2	3	5
6	Флотационные методы обогащения	2	3	5
7	Магнитные и электрические методы обогащения	1	1,5	2,5
8	Специальные методы обогащения	1	1,5	2,5
9	Вспомогательные процессы обогащения	1	1,5	2,5
10	Контроль и опробование технологических процессов обогащения минерального сырья	1	1,5	2,5
	Всего часов:	12	18	30
	Итого:	60		

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение. Основные понятия обогащения

Цель и задачи обогащения минерального сырья. Методы обогащения, их физические и физико-химические основы. Показатели обогащения и зависимости между ними.

Методические указания. Необходимо познакомиться с базовыми понятиями курса «Обогащение полезных ископаемых». Следует уяснить, какими показателями оценивается эффективность разделительных процессов. Знать, как называются операции по концентрации полезного компонента в технологических схемах обогащения полезных ископаемых, какие

виды схем применяются для отображения очередности операций и превращений, происходящих с полезным компонентом.

Тема 2. Грохочение

Способы классификации руды по крупности. Характеристики крупности руды. Грохочение. Типы грохотов.

Методические указания. При изучении темы следует уяснить значение следующих понятий: *модуль шкалы сит, плюсовой класс, минусовой класс, коэффициент живого сечения, гранулометрическая характеристика, суммарный выход «по плюсу», суммарный выход «по минусу».*

Тема 3. Дробление и измельчение руды

Назначение подготовительных операций. Гипотезы дробления. Стадии дробления и измельчения руды. Классификация и особенности конструкций дробилок и мельниц. Режимы работы мельниц. Схемы дробления и измельчения руды. Роль циркулирующей нагрузки.

Методические указания. При изучении темы необходимо познакомиться с типами дробилок, применяемых в практике подготовки руд для обогащения, а также с основными параметрами, характеризующими их работу. Получить представление о разновидностях схем рудоподготовки. Знать определение понятий *частная и общая степень дробления.*

Тема 4. Классификация продуктов обогащения

Закономерности свободного и стесненного падения частиц в водной и воздушной средах. Гравитационные и центробежные классификаторы, воздушные сепараторы.

Методические указания. Необходимо познакомиться с теоретическими основами классификации частиц по крупности в потоках воды и воздуха. Следует уяснить, какими показателями оценивается эффективность классифицирующих аппаратов, каково назначение классифицирую-

щих аппаратов в технологических схемах переработки минерального сырья.

Тема 5. Гравитационные методы обогащения

Разделение частиц в вертикальном потоке жидкости и в потоках малой толщины. Промывка. Промывочные машины. Разделение минералов в тяжелых жидкостях и суспензиях. Особенности процесса. Используемые аппараты. Отсадка. Обогащение на концентрационных столах, в винтовых сепараторах, желобах, шлюзах. Особенности разделения частиц и используемое оборудование. Гравитационное обогащение лопаритовых руд

Методические указания. Необходимо познакомиться с основами гравитационного обогащения и конструкциями аппаратов, в которых реализуются эти процессы, а также с технологическими схемами гравитационного обогащения оловянных и вольфрамовых руд.

Тема 6. Флотационные методы обогащения

Физико-химические основы флотационных методов обогащения. Флотореагенты. Состав и свойства основных типов собирателей, пенообразователей, активаторов, депрессоров и регуляторов среды. Основные типы флотомашин и особенности их применения. Флотация апатито-нефелиновых и медно-никелевых руд.

Методические указания. Необходимо познакомиться с теоретическими основами флотационного обогащения руд, классификацией флотационных реагентов, факторами, влияющими на процесс флотационного разделения минералов, техникой, применяемой для реализации процесса флотации, технологическими схемами обогащения различного типа руд.

Тема 7. Магнитное и электрическое обогащение

Физические основы магнитного и электрического обогащения. Магнитные свойства минералов. Сепараторы для обогащения сильно- и слабо-

магнитных руд. Методы электрической сепарации и способы зарядки частиц. Классификация магнитных и электрических сепараторов.

Методические указания. Необходимо познакомиться с физическими основами магнитных и электрических методов обогащения. Следует обратить внимание на обоснование возможности применения этих методов в технологических схемах обогащения различных видов сырья.

Тема 8. Специальные методы обогащения

Рудоразборка и породовыборка. Методы радиометрического обогащения. Показатели, определяющие эффективность радиометрической сепарации. Химическое обогащение.

Методические указания. Необходимо познакомиться с новыми тенденциями в области обогащения полезных ископаемых. Важно уяснить роль специальных методов обогащения в технологиях получения качественных видов продукции.

Тема 9. Вспомогательные процессы обогащения

Агломерация. Обезвоживание (сгущение, фильтрование, сушка). Пылеулавливание и газоочистка. Очистка сточных вод. Обратное водоснабжение.

Методические указания. Необходимо уяснить назначение вспомогательных операций в технологиях переработки полезных ископаемых и ознакомиться с их аппаратным оформлением

Тема 10. Контроль и опробование технологических процессов обогащения минерального сырья

ОТК на обогатительной фабрике. Виды проб. Технологический и товарный балансы. Способы отбора проб. Способы подготовки проб. Основные и косвенные показатели управления технологическими процессами.

Методические указания. Необходимо усвоить значение понятий *точечная проба, представительная проба*. Следует запомнить, какие данные необходимы для составления технологического баланса, знать, в чем состоят различия между технологическим и товарным балансами.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа выполняется с целью закрепления знаний студента по изучаемому предмету и выработки умения пользоваться учебной и специальной литературой.

Контрольная работа должна быть напечатана или написана разборчиво от руки на листах бумаги формата А4 с полями 30 мм с левой стороны, 15 мм с правой стороны и 2 мм сверху и снизу. В работе следует привести расчетные формулы (с их выводом), таблицы и схемы, ссылки на них и используемую литературу, список которой в соответствии с ГОСТ 7.80-2 000 необходимо поместить в конце работы. Объем работы 15–20 страниц.

Образец оформления титульного листа представлен в приложении.

Каждый студент выполняет один из десяти вариантов контрольной работы, состоящий из четырех заданий. Выбор варианта определяется значением последней цифры зачетной книжки студента (десятый вариант соответствует нулю).

Варианты контрольных работ

Вариант № 1

1. Дать определение понятий *полезное ископаемое, обогащение полезных ископаемых, ценный компонент, вредные примеси*.

2. Описать конструкции шаровых и стержневых мельниц.

3. Привести классификацию флотационных реагентов.

4. Рассчитать основные технологические показатели работы обогатительной фабрики по переработке апатитовой руды исходя из следующих условий: $\alpha = 12,4 \% \text{P}_2\text{O}_5$;

$\beta = 39,4 \% \text{P}_2\text{O}_5$; $\theta = 1,2 \% \text{P}_2\text{O}_5$; $Q = 1\,500 \text{ т/ч}$.

Вариант № 2

1. Перечислить и охарактеризовать методы и процессы обогащения полезных ископаемых.
2. Охарактеризовать разновидности схем измельчения и раскрыть смысл понятия *циркуляционная нагрузка*.
3. Привести классификацию флотационных машин и дать краткую характеристику их типов.
4. Определить граничную крупность материала, поступающего на гравитационное обогащение, если основной полезный минерал представлен касситеритом, плотность которого составляет $7\,500\text{ кг/м}^3$, а основной породообразующий минерал – кварц, плотность которого $2\,650\text{ кг/м}^3$. Крупность исходного питания обогатительного передела составляет 125 мм.

Вариант № 3

1. Охарактеризовать технологические показатели обогащения и связи между ними.
2. Сформулировать закономерности падения тел в различных средах.
3. Перечислить и раскрыть значение факторов, определяющих течение флотационного процесса.
4. Построить гранулометрические характеристики продуктов обогащения по результатам ситового анализа, используя данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты гранулометрического анализа продукта обогащения

Класс крупности, мм	Выход		Суммарный выход «по плюсу», %	Суммарный выход «по минусу», %
	гр.	%		
-1,0 + 0,63	20,0			
-0,63 + 0,40	30,0			
-0,40 + 0,315	50,0			
-0,315 + 0,20	45,0			
-0,20 + 0,10	15,0			
-0,10 + 0,0	40,0			
Итого:	200,0			

Вариант № 4

1. Грохочение. Описать сущность процесса и принцип действия аппаратов для его реализации.

2. Раскрыть смысл понятия *равнопадаемость*. Охарактеризовать коэффициент равнопадаемости для условий свободного и стесненного падения.

3. Магнитная сепарация. Описать назначение и физические основы процесса.

4. Рассчитать основные технологические показатели работы обогатительной фабрики по переработке медно-никелевой руды исходя из следующих условий:

$$\alpha = 0,75 \% \text{ Ni}; \beta = 7,5 \% \text{ Ni}; \theta = 0,15 \% \text{ Ni}; Q = 1\,250 \text{ т/ч.}$$

Вариант № 5

1. Эффективность грохочения. Охарактеризовать влияние различных факторов на процесс грохочения.

2. Гравитационное обогащение. Описать назначение и сущность процесса, принцип действия аппаратов для его реализации.

3. Электрическое обогащение. Описать назначение и сущность процесса.

4. Определить конечные скорости свободного падения частиц магнетита крупностью 5,0 мм; 1,6 мм; 0,05 мм. Плотность магнетита принять равной $5\,500\text{ кг/м}^3$.

Вариант № 6

1. Привести классификацию грохотов, описать их конструкции и принцип действия.

2. Перечислить специальные методы обогащения и дать их характеристику.

3. Описать назначение и физические основы процесса отсадки. Охарактеризовать циклы отсадки.

4. Рассчитать эффективность вибрационного грохота, работающего с ситом крупностью 2 мм, если по результатам опробования получены следующие данные: содержание класса –2 мм в исходном питании составляет 43 %, содержание класса –2 мм в надрешетном продукте составляет 10 %, содержание класса –2 мм в подрешетном продукте – 95 %.

Вариант № 7

1. Гранулометрический состав продукта обогащения. Перечислить и охарактеризовать виды гранулометрического анализа.

2. Привести классификацию отсадочных машин, описать их конструкции и принцип действия.

3. Сгущение продуктов обогащения. Описать назначение и сущность процесса, принцип действия аппаратов для его реализации.

4. Определить эффективность грохочения, если содержание нижнего класса в надрешетном продукте составляет 10 %, выход подрешетного продукта – 40 %.

Вариант № 8

1. Дробление. Описать сущность процесса, сформулировать основные законы дробления.

2. Обогащение в тяжелых средах. Привести общие сведения о процессе.

3. Фильтрация. Описать назначение и сущность процесса, принцип действия аппаратов для его реализации.

4. Определить коэффициент равнопадаемости для условий свободного и стесненного падения для следующих минералов: гематит, плотность которого составляет $7\,500\text{ кг/м}^3$; кварц, плотность которого $2\,650\text{ кг/м}^3$.

Вариант № 9

1. Перечислить и охарактеризовать способы дробления. Привести классификацию машин для дробления и измельчения.

2. Обогащение в потоке воды, текущей по наклонной плоскости. Привести общие сведения о процессе.

3. Сушка. Описать назначение и сущность процесса, принцип действия аппаратов для его реализации.

4. Определить величины живого сечения и плотности для сита с прямоугольными отверстиями размером $30\times 40\text{ мм}$ при толщине проволоки 5 мм .

Вариант № 10

1. Измельчение. Описать назначение и сущность процесса, перечислить скоростные режимы измельчения.

2. Флотационное обогащение. Раскрыть сущность процесса.

3. Охарактеризовать технологический и товарный балансы.

4. Выбрать набор сит для гранулометрического анализа пробы крупностью 2 мм , модуль шкалы сит принять равным $\sqrt{2}$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ"

1. Понятия *полезное ископаемое, обогащение полезных ископаемых, ценный компонент, вредные примеси*.

2. Методы и процессы обогащения полезных ископаемых.

3. Технологические показатели обогащения.

4. Грохочение, сущность процесса и оборудование для его реализации.
5. Эффективность грохочения, влияние различных факторов на процесс грохочения.
6. Классификация грохотов, конструкции, принцип действия.
7. Гранулометрический состав, виды гранулометрического анализа.
8. Дробление, сущность процесса и основные законы дробления.
9. Способы дробления, классификация машин для дробления и измельчения.
10. Измельчение, сущность процесса, скоростные режимы измельчения.
11. Конструкции шаровых и стержневых мельниц.
12. Схемы измельчения, циркуляционная нагрузка.
13. Закономерности падения тел в различных средах.
14. Равнопадаемость, коэффициент равнопадаемости для условий свободного и стесненного падения.
15. Гравитационное обогащение, аппараты для его реализации.
16. Процесс отсадки, циклы отсадки.
17. Классификация отсадочных машин, принцип действия.
18. Обогащение в тяжелых средах. Общие сведения.
19. Обогащение в потоке воды, текущей по наклонной плоскости.
20. Флотационное обогащение, сущность процесса.
21. Классификация флотационных реагентов.
22. Классификация флотационных машин.
23. Факторы, определяющие течение флотационного процесса.
24. Магнитная сепарация, физические основы процесса.
25. Электрическое обогащение, сущность процесса.
26. Специальные методы обогащения.
27. Сгущение продуктов обогащения, сущность процесса, аппараты.
28. Фильтрация, сущность процесса, аппараты.
29. Сушка, сущность процесса, аппараты.
30. Товарный и технологический балансы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых : учебник для вузов / А.А. Абрамов. В 2 т. Т.1 Обогащительные процессы и аппараты. – М. : МГГУ, 2001. – 471 с.
2. Абрамов, А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. / А.А. Абрамов. В 2 т. Т.2. Технология переработки и обогащения полезных ископаемых : учебник для вузов – М. : МГГУ, 2003. – 520 с.
3. Авдохин, В.М. Основы переработки и обогащения полезных ископаемых : учеб. пособие для вузов / В.М. Авдохин. – М. : МГГУ, 1996. – 387 с.
4. Богданов, О.С. Справочник по обогащению руд. Обогащительные фабрики / О.С. Богданов, О.А. Олевский. – М. : Недра, 1984. – 358 с.
5. Богданов, О.С. Справочник по обогащению руд. Основные процессы / О.С. Богданов, О.А. Олевский. – М. : Недра, 1983. – 381 с.
6. Богданов, О.С. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / О.С. Богданов, О.А. Олевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1982. – 366 с.
7. Богданов, О.С. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы, испытания обогатимости, контроль и автоматика / О.С. Богданов, О.А. Олевский. – М. : Недра, 1983. – 376 с.
8. Технологическая оценка минерального сырья. Нерудное сырье : Справочник. – М. : Недра, 1995. – 507с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
“МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”
Апатитский филиал**

кафедра горного дела

Контрольная работа

По дисциплине _____

Тема _____

Автор: студент гр. _____ / _____ / _____
(шифр) (подпись) (Ф.И.О.)

Оценка: _____

Дата: _____

Проверил

Преподаватель _____ / _____ / _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Апатиты

2006