

Федеральное агентство научных организаций  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем комплексного освоения недр  
Российской академии наук



**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**  
кандидатского экзамена по общенаучной дисциплине  
**«Обогащение полезных ископаемых»**

Направление подготовки  
21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых

Направленность подготовки  
Обогащение полезных ископаемых

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **очная**

Вид промежуточного контроля: \_\_\_\_\_ экзамен \_\_\_\_\_

Москва 2015

## Введение

Настоящая программа основана на следующих дисциплинах: «Дробление, грохочение и измельчение», «Классификация и гравитационные процессы обогащения», «Флотация», «Магнитная и электрическая сепарация» и специальных методах обогащения, а также технологических схемах обогащения руд и углей и возможности применения комбинированных процессов обогащения в сочетании с другими методами переработки сложных руд. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по проблемам разработки твердых ископаемых.

## 1. Вещественный состав и обогатимость полезных ископаемых

### 1.1. Основные характеристики вещественного состава полезных ископаемых.

Химический состав полезных ископаемых. Характеристика качества руд по содержанию основных и сопутствующих ценных компонентов, полезных и вредных примесей. Характеристика качества углей по элементному составу с учетом влажности, зольности и общего содержания серы. Классификация углей на промышленные марки.

Минералогический состав и методы его определения. Характеристика качества руд, горно-химического сырья, углей по минералогическому составу, по характеру крупности вкрапленности минеральных выделений. Влияние текстурно-структурных особенностей строения полезных ископаемых на их обогатимость.

Гранулометрический состав и методы его определения. Суммарная характеристика крупности и ее использование для качественной оценки соотношения сортов или марок возможной продукции при переработке и обогащении углей и строительных горных пород. Требования к рудам черных металлов по кусковатости и крупности.

Характеристика полезных ископаемых по механической прочности, абразивности и крепости.

### 1.2. Технологические свойства минералов и минерального сырья

Характеристика минералов и органической массы угля по плотности, форме и упругости кристаллов, магнитным, электрическим, спектроскопическим, радиоспектроскопическим, физико-химическим, химическим, биохимическим, термохимическим и механическим свойствам, определяющим возможность раскрытия сростков минералов и их разделения при переработке и обогащении полезных ископаемых. Оценка контрастности свойств и обогатимости минеральных комплексов по результатам фракционного, магнитного, флотационного и других видов анализа.

## 2. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых

### 2.1. Общая характеристика процессов и технологических показателей обогащения полезных ископаемых

Классификация процессов обогащения. Технологическое назначение подготовительных, основных, вспомогательных процессов и процессов производственного обслуживания.

Технологические схемы: качественные, количественные, водно-шламовые, качественно-количественные, комбинированные и схемы цепи аппаратов. Операции, циклы, стадии. Стадиальность обогащения.

Показатели обогащения: извлечение ценных компонентов в концентраты, выход и качество продуктов обогащения. Оценка эффективности процессов обогащения и уровня комплексности использования сырья.

### 2.2. Подготовительные процессы

Усреднение минерального сырья. Сущность, технологическое назначение и экономическая эффективность процессов усреднения полезных ископаемых и продуктов их переработки. Способы и технологические схемы усреднения. Механизмы и аппараты для усреднения полезных ископаемых и продуктов их переработки.

*Селективная дезинтеграция полезных ископаемых.* Классификация и технологическое назначение процессов. Принципы избирательного раскрытия минералов.

*Дробление.* Основные принципы и теоретические основы процессов дробления. Основные конструкции машин и характеристика процессов дробления в щековых, конусных, валковых, молотковых, роторных и электрогидравлических дробилках. Область применения дробилок.

*Измельчение.* Теоретические основы и кинетика процессов измельчения. Основные конструкции машин и характеристика процессов измельчения в барабанных, вибрационных, центробежных и струйных мельницах. Область применения мельниц.

*Классификация полезных ископаемых по крупности.* Классификация процессов, их сущность и технологическое назначение. Грохочение. Основные закономерности и эффективность грохочения. Основные конструкции, характеристика работы и область применения неподвижных и механических грохотов.

*Гидравлическая и пневматическая классификация.* Характеристика процессов и основные конструктивные особенности аппаратов для классификации в восходящем, горизонтальном потоках и центробежном поле в водной и воздушной средах. Область применения классифицирующих устройств, технологические показатели их работы.

*Промывка.* Классификация полезных ископаемых по промывистости. Теоретические основы процессов. Характеристика процессов дезинтеграции и промывки в аппаратах и устройствах с плоской просеивающей поверхностью, барабанного, корытного и башенного типов. Вибрационные и акустические промывочные машины. Технологические показатели их работы.

### 2.3. Основные обогатительные процессы

*Процессы радиометрического обогащения.* Сущность и технологическое назначение процессов. Признак разделения, показатель контрастности и эффективность признака разделения. Поточный, порционный и покусковый режимы сепарации. Основные конструкции аппаратов и характеристика авторадиметрических методов сепарации.

*Процессы гравитационного обогащения.* Теоретические основы, сущность и технологическое назначение процессов.

*Обогащение в тяжелых средах.* Виды сред и их технологические свойства. Основные конструкции аппаратов и характеристика процессов разделения в тяжелых средах. Область применения, технологические показатели их работы.

*Обогащение в потоках постоянного и переменного направления.* Теоретические основы разделения минералов. Основные конструкции аппаратов и характеристика процессов обогащения в отсадочных машинах, в крутонаклонных сепараторах КНС, в шнековых сепараторах, в центробежных концентраторах. Область применения аппаратов, технологические показатели их работы.

*Обогащение в потоках воды на наклонной плоскости.* Теоретические основы разделения минералов в тонких потоках. Основные конструкции и характеристика процессов обогащения на стационарных и подвижных механизированных шлюзах, на струйных желобах и концентраторах, на винтовых сепараторах и шлюзах, на песковых и шламовых концентрационных столах, на орбитальных шлюзах и концентраторах. Область применения аппаратов, технологические показатели их работы.

*Процессы магнитного обогащения.* Физические основы магнитных методов обогащения. Открытые и замкнутые магнитные системы. Полиградиентная среда. Режимы удерживания и извлечения. Прямоточный, протivotочный и полупротивоточный режимы сепарации. Закономерности и селективность магнитной сепарации.

*Классификация и общая характеристика магнитных сепараторов.* Основные конструкции аппаратов и характеристика процессов сухой и мокрой магнитной сепарации сильно- и слабомагнитных руд и минералов. Область применения. Технологические показатели их работы.

*Процессы электрического обогащения.* Физические основы и характеристика процесса. Основные конструкции аппаратов и характеристика процессов разделения минералов по электропроводности.

Основные конструкции аппаратов и характеристика процессов разделения минералов трибоэлектрической, пироэлектрической и диэлектрической сепарацией.

Область применения. Технологические показатели их работы. Техника безопасности при работе сепараторов.

*Процессы флотационного обогащения.* Физическая сущность и разновидности флотационного процесса. Основы теории минерализации пузырьков при флотации. Флотационные реагенты, их классификация и назначение. Механизм действия собирателей, активаторов, депрессоров, регуляторов и пенообразователей.

Основные конструкции и характеристика флотационных машин механического, пневмомеханического и пневматического типов.

Область их применения и технологические показатели флотационного обогащения.

Схемы коллективной и селективной флотации при обогащении углей, руд цветных, редких, черных, благородных металлов, горно-химического сырья, неметаллических полезных ископаемых. Охрана труда и окружающей среды.

*Специальные и комбинированные процессы.* Характеристика специальных процессов и аппаратов, основанных на использовании различий в прочности, упругости, форме, коэффициенте трения. Область применения и технологические показатели обогащения.

*Процессы химического обогащения руд.* Теоретические основы растворения и избирательного выщелачивания минералов. Механизмы стадийных процессов. Вторичные процессы. Ионный обмен. Осаждение химических концентратов. Экстракция. Сорбция. Область применения. Технологические показатели.

### **3. Вспомогательные процессы.**

#### *3.1. Процессы и аппараты для обезвоживания, окускования и пылеулавливания*

Назначение обезвоживания и пылеулавливания. Теоретические основы, характеристика процессов обезвоживания дренированием, сгущением, центрифугированием, фильтрацией, сушкой. Используемое оборудование. Область применения и технологические показатели. Процессы и оборудование для пылеулавливания и очистки воздуха.

*3.2. Процессы и аппараты для очистки сточных и кондиционирования оборотных вод.*

Требования к составу воды водоемов. Характеристика сточных вод обогатительных фабрик. Анализ сточных вод. Процессы и аппараты для очистки и кондиционирования оборотных вод. Принципиальные схемы оборотного водоснабжения.

#### *3.3. Исследование состава и обогатимости полезных ископаемых*

Исследование вещественного состава сырья и продуктов обогащения. Исследование поверхностных явлений на границе раздела фаз. Лабораторное оборудование. Методы моделирования обогатительных процессов и прогнозирования экспериментов и испытания полезных ископаемых на обогатимость. Методы обработки и представления результатов исследований.

### **4. Технология комплексной переработки и обогащения полезных ископаемых**

#### *4.1. Подготовка полезных ископаемых к переработке и обогащению.*

Значение управления качеством полезных ископаемых при их разработке и обогащении. Роль и задачи технологического картирования. Операции и средства усреднения и предконцентрации добываемого сырья и продуктов обогащения. Системы управления качеством сырья, поступающего на переработку и обогащение. Схемы дробления и измельчения.

*4.2. Технология переработки и обогащения строительных горных пород и материалов.*

Требования к качеству гравия, щебня, песка, цементного сырья, извести, гипса и других строительных материалов. ГОСТы, общие требования и методы испытания. Качественная характеристика строительных горных пород, материалов Технологические схемы переработки и обогащения Экономическая эффективность переработки строительных горных пород.

#### *4.3. Технология переработки и обогащения индустриального сырья.*

Характеристика основных типов сырья и требования к качеству концентратов. Технологические схемы и режимы Переработки, обогащения сырья и получения асбестовых, тальковых, слюдовых, вемикулитовых, графитовых, флюоритовых, баритовых, каолиновых, кварцевых и полевошпатовых концентратов. Комплексность использования сырья и технико-экономические показатели его переработки и обогащения.

#### *4.4. Технология переработки и обогащения горно-химического сырья.*

Характеристика основных типов горно-химического сырья. Кондиции на руды и требования к качеству концентратов. Технологические схемы и режимы переработки и обогащения апатитовых, фосфоритовых, серных, калийных и борных руд. Комплексность использования и экономическая эффективность переработки и обогащения горно-химического сырья.

#### *4.5. Технология переработки и обогащения алмазосодержащих руд и россыпей.*

Характеристика основных типов алмазосодержащих руд, россыпей и алмазов. Технологические схемы и режимы извлечения алмазов из руд, россыпей и черновых концентратов. Сортировка алмазов. Комплексность использования сырья. Технико-экономические показатели.

#### *4.6. Технология переработки и обогащения руд черных металлов.*

Качественная и технологическая характеристика основных типов руд черных металлов. Кондиции на руды и концентраты черных металлов. Технологические схемы и режимы рудоподготовки и обогащения железных, марганцевых и хромовых руд. Комбинированная и обжигомагнитная технология переработки окисленных кварцитов. Экономическая эффективность обогащения и комплексность использования руд черных металлов.

#### *4.7. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов.*

Качественная и технологическая характеристика основных типов руд цветных металлов. Требования к качеству концентратов и комплексности использования сырья. Кондиции на руды и концентраты. Технологические схемы и режимы рудоподготовки и обогащения медных, медно-цинковых, полиметаллических и медно-никелевых руд. Роль комбинированных схем при безотходной переработке руд цветных металлов, экономическая эффективность комплексного их использования.

#### *4.8. Технология переработки и обогащения руд и россыпей редких металлов.*

Качественная и технологическая характеристика основных типов руд и россыпей редких металлов. ГОСТы, технические условия, кондиции на руды, россыпи и концентраты. Технологические схемы и режимы переработки и обогащения оловянных, титанциркониевых, литиевых, берилловых, тантале-ниобиевых, молибденовых, вольфрамовых и редкоземельных руд и россыпей. Экономическая эффективность переработки, обогащения и комплексного использования руд и россыпей благородных металлов.

#### *4.9. Технология переработки и обогащения руд и россыпей благородных металлов*

Технологическая типизация руд и россыпей золота, серебра и платиновых металлов. Типы и сорта руд. Особенности вещественного состава, Технологические схемы и режимы переработки и обогащения окисленных и первичных золото-серебряных и других комплексных руд золота и платиновых металлов. Технология переработки россыпей. Требования к качеству концентратов и другой товарной продукции, получаемой при переработке руд и россыпей. Комплексность использования сырья и экономическая эффективность обогащения и переработки руд и россыпей благородных металлов.

#### *4.10. Технология переработки и обогащения углей.*

Качественная характеристика и технологическая классификация углей основных бассейнов. Требования к качеству добываемых углей, продуктов их переработки и обогащения. Стандарты по видам потребления для основных бассейнов и технические условия. Технологические схемы и режимы переработки и обогащения коксующихся, энергетических углей и горючих сланцев. Взаимосвязка технологии переработки и обогащения углей с технологией и комплексной механизацией их разработки при селективной и валовой выемке. Экономическая эффективность обогащения и комплексного использования углей.

## **5. Организация производства, проектирование, управление процессами на обогатительных фабриках и установках**

### *5.1. Предприятия для переработки и обогащения полезных ископаемых.*

Обогатительные фабрики, их классификация по обогащаемому сырью и основному процессу обогащения. Особенности размещения оборудования, зданий, сооружений. Выбор местоположения относительно рудника и потребителей продукции.

### *5.2. Опробование, контроль и управление процессами переработки и обогащения полезных ископаемых.*

Контроль основных параметров, работы аппаратов и технологических процессов. Автоматизация опробования и контроля. Моделирование и управление процессами переработки и обогащения. АСУТП и ее экономическая эффективность.

### *5.3. Организация производства и технико-экономические показатели обогащения.*

Принципы организации, охрана труда и техника безопасности на обогатительных фабриках и установках. Основные технико-экономические показатели обогащения и работы обогатительных фабрик при переработке различных типов полезных ископаемых. Перспективы совершенствования переработки, обогащения и рациональной увязки их с технологией разработки месторождений полезных ископаемых.

*Примечание.* Кроме программы-минимум в кандидатские экзамены включаются вопросы дополнительной программы по профилю выполняемых соискателем (аспирантом) исследований.

Дополнительная программа утверждается специализированным Советом по месту сдачи кандидатского минимума.

## **Литература**

1. С. Е. Андреев, В. А. Перов, В. В. Зверевич. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М., Недра, 1980, 415 с.
2. А. А. Абрамов. Флотационные методы обогащения, Москва, Недра, 1993, 411 с.
3. В. В. Кармазин, В. И. Кармазин. Магнитные и электрические методы обогащения. М., Недра, 1991, 303 с.
4. Б. Н. Кравец. Специальные и комбинированные методы обогащения. М., Недра, 1991, 260 с.
5. В. Н. Шохин, А. Г. Лопатин. Гравитационные методы обогащения. М., Недра, 1991, 350 с.
6. Г. Г. Чуянов. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды. М., Недра, 1987, 260 с.
7. В. З. Козин, О. Н. Тихонов. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов. М., Недра, 1990, 342 с.
8. К. А. Разумов, В. А. Перов. Проектирование обогатительных фабрик, М., Недра, 1982, 515 с.
9. Справочник по обогащению руд. Т.1-3, М., Недра, 1993.
10. Справочник по обогащению углей. М., Недра, 1996.
11. Журналы: Горный журнал; Обогащение руд; Горный информационно-аналитический бюллетень; Уголь, Цветные металлы.