


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЯКУТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИГДС СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИГДС СО РАН
д.т.н.


С.М. Ткач
« 19 » 10 20 20 г.

ПРОГРАММА

**вступительного испытания по специальной дисциплине
25.00.13 - Обогащение полезных ископаемых**

направление подготовки - 21.06.01 Геология, разведка
и разработка полезных ископаемых

Якутск 2020

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине 25.00.13 - Обогащение полезных ископаемых по направлению подготовки 21.06.01 – Геология, разведка и разработка полезных ископаемых сформирована в соответствии с федеральными образовательными стандартами высшего образования и ориентирована на уровень знаний специалиста или магистра. Основная цель вступительного испытания по специальной дисциплине - установить уровень знаний поступающего в аспирантуру в рамках выбранного им направления подготовки, а также оценить его подготовленность к успешному освоению этой программы.

Структура вступительного испытания

1. Письменный ответ на 3 вопроса из перечня вопросов вступительного испытания.
2. Ответы на дополнительные вопросы.
3. Письменные ответы сдаются экзаменационной комиссии, заверяются председателем и членами экзаменационной комиссии.

Введение

Роль обогащения полезных ископаемых в горном деле. Развитие технологии обогащения полезных ископаемых. Этапы развития обогащения полезных ископаемых. Российские ученые, внесшие значительный вклад в развитие науки об обогащении полезных ископаемых. Научные технологические школы и направления их работ.

1. Подготовительные процессы

1.1. Грохочение

Основные понятия и назначение операции грохочения. Шкала грохочения. Модуль шкалы классификации. Понятие о крупности. Гранулометрический состав и методы его определения. Ситовый анализ. Уравнения характеристик крупности: Годэна–Андреева, Розина–Раммлера. Виды грохочения. Схемы грохочения при дроблении. Типы просеивающих поверхностей. Эффективность процесса грохочения. Классификация грохотов. Эксплуатация грохотов.

1.2. Дробление

Назначение операций дробления и измельчения. Раскрытие минеральных зерен как основа обогащения. Способы дробления. Законы дробления (Риттингера, Кирпичева-Кика, Ребиндера, Бонда) и их взаимосвязь. Классификация машин, для дробления. Эффективность работы дробильных машин. Классификация щековых, конусных, валковых и молотковые дробилок, принцип их действия и область применения. Достоинства и недостатки, обозначение. Эксплуатация дробилок.

1.3. Измельчение

Сущность процесса измельчения и его место в процессах рудоподготовки. Общие сведения о мельницах, их классификация, принцип действия и область применения. Шаровые мельницы с центральной разгрузкой и разгрузкой через решетку. Стержневые мельницы. Галечные мельницы. Мельницы самоизмельчения и полусамоизмельчения (типа «Каскад» и «Аэрофол»). Футеровка для мельниц. Производительность барабанных мельниц. Единицы измерения производительности мельниц. Факторы, влияющие на производительность барабанных мельниц.

1.4. Гидравлическая классификация

Свободное падение тел. Силы вязкостного и динамического сопротивления, причины их возникновения. Равнопадаемость, коэффициент равнопадаемости. Стесненное падение. Основные формулы для расчета конечных скоростей стесненного падения. Седиментационный анализ. Распределение зерен по крупности в аппаратах гидравлической классификации. Классификаторы гравитационные, их конструкция, принцип действия и регулирование. Классификация в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны, их конструкция и регулирование.

2. Гравитационные процессы обогащения полезных ископаемых

2.2. Теоретические основы разделения по плотности

Фракционный анализ. Расчет и построение кривых обогатимости, их анализ и использование. Методы оценки обогатимости. Правило максимального выхода суммарного концентрата (теорема Рейнгардта). Выбор оптимальных плотностей разделения. Расчет теоретического баланса продуктов обогащения.

2.3. Оценка эффективности работы аппаратов гравитационного обогащения.

Методы расчета нормативов потерь полезных компонентов при обогащении. Построение кривых разделения Тромпа. Графическое и аналитическое определение величины среднего вероятного отклонения и погрешности разделения.

2.4. Обогащение в тяжелых средах

Тяжелые жидкости. Установки для обогащения в тяжелых жидкостях. Регенерация жидкостей. Минеральные суспензии. Утяжелители для приготовления суспензий, их свойства. Устойчивость суспензий. Влияние крупности минеральных зерен, при разделении в суспензиях в поле действия гравитационных и центробежных сил. Аппараты для обогащения в тяжелых суспензиях. Установки для обогащения углей в суспензиях в зависимости от крупности.

2.5. Отсадка

Теоретические основы. Циклы отсадки. Естественная и искусственная постель. Материалы для искусственной постели. Разрыхление постели в процессе пульсаций. Методы измерения разрыхленности постели. Динамика распределения зерен по высоте постели. Общая характеристика и классификация отсадочных машин. Диафрагмовые отсадочные машины, элементы конструкций. Технологии обогащения с применением отсадки.

2.6. Обогащение в потоке воды, текущей по наклонной плоскости

Теоретические основы разделения и принцип действия. Движение зерен в безнапорном потоке. Распределение (эпюры) скоростей движения частиц и жидкости по высоте потока. Шлюзы глубокого и мелкого наполнения. Взвешивающая способность потоков. Регулировка процесса обогащения на шлюзах. Суживающиеся желоба и конусные концентраторы. Концентрационные столы и их разновидности.

2.7. Обогащение в криволинейных потоках и центробежном поле

Винтовые сепараторы и шлюзы. Теоретические основы процесса и принцип действия аппаратов. Утяжеление среды и частиц в криволинейных потоках. Особенности устройства. Факторы, влияющие на работу. Технологии обогащения.

2.8. Обогащение в аэросуспензиях

Принципы и особенности разделения минералов в аэросуспензиях. Конструкции аэросуспензионных сепараторов. Пневматическая отсадка. Конструкции машин. Основные параметры и регулирование процесса. Пневматическая концентрация. Конструкции пневматических сепараторов. Основные параметры и регулирование процесса.

3. Флотационный метод обогащения полезных ископаемых

3.1. Физико-химические основы флотации

Возникновение и история развития флотации. Масляная, пленочная и пенная флотация. Место флотации при обогащении полезных ископаемых. Фазы при флотации и их характеристика: газообразная, жидкая и твердая. Энергетическая характеристика поверхности раздела фаз. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение и его количественная характеристика. Влияние природы сил, действующих при флотации. Явление смачивания. Флотационная сила. Угол формы. Флотационное равновесие. Гистерезис смачивания и его значение при флотации.

3.2. Пенная флотация

Термодинамические основы вероятности прилипания частиц минерала к пузырьку при их столкновении. Электростатическая гипотеза прилипания. Уравнение Фрумкина-Кабанова. Уравнение Уорка. Свойства тонких слоев жидкости, находящихся на границе раздела двух фаз. Механизм образования аномальных слоев жидкости на границе двух фаз. Кинетика процесса прилипания минеральных частиц к пузырькам газа. Оценка прочности закрепления частиц на пузырьке воздуха.

3.3. Флотационные реагенты

Назначение реагентов. Основные формы взаимодействия реагентов с минералами. Реагенты собиратели, их классификация. Сульфгидрильные и оксигидрильные собиратели. Катионные собиратели. Методы оценки флотоактивности гетерополярных собирателей. Аполярные реагенты и механизм их действия. Реагенты депрессоры, механизм их действия. Депрессоры, применяемые на практике. Реагенты активаторы и регуляторы среды. Свойства флотационных пен. Пенообразователи, применяемые на практике.

3.4. Флотационные машины

Классификация флотационных машин. Механические машины: МС, Фаренволда, Механобр, ФМР, Гипрококкс-52, ФМ-2,5, Денвер-М. Пневмомеханические флотационные машины: ФПР, Денвер-П, Бус. Пневматические машины: Келлоу, Макинтош, Форрестер. Вспомогательное оборудование флотационных отделений.

3.5. Технология и практика флотации

Оптимальные условия флотации и влияние отдельных факторов на эти условия. Аэрация пульпы и ее перемешивание. Скорость флотации. Классификация минералов по флотируемости. Флотация аполярных минералов. Флотация сульфидных руд.

4. Вспомогательные процессы. Обезвоживание полезных ископаемых

4.1. Основы обезвоживания продуктов обогащения

Классификация видов влаги. Показатели, характеризующие процесс обезвоживания. Определение эффективности процесса обезвоживания. Максимальная молекулярная влагоемкость. Классификация методов

обезвоживания продуктов обогащения и осветления воды. Факторы, влияющие на эффективность обезвоживания.

4.2. Дренаживание

Виды дренаживания. Факторы, влияющие на эффективность дренаживания. Обезвоживание в бункерах и на дренажных складах. Основные показатели работы. Обезвоживание на грохотах подвижных и неподвижных. Обезвоживание в ковшевых элеваторах. Назначение, устройство, принцип действия, преимущества и недостатки, основные показатели работы.

4.3. Коагуляция и флокуляция суспензий

Механизм агрегации суспензий: коагуляция, флокуляция. Виды коагулянтов, применяемые при сгущении. Виды флокулянтов, применяемые при сгущении. Классификация флокулянтов. Факторы, влияющие на эффективность действия флокулянтов. Приготовление растворов флокулянтов.

4.4. Сгущение водоугольных суспензий

Устойчивость суспензий. Факторы, влияющие на процесс сгущения. Показатели эффективности процесса сгущения. Влияние шламов на процессы обогащения. Анализ сил, действующих на частицы в суспензии. Сгущение в пирамидальных отстойниках, сгустительных воронках, цилиндрических сгустителях. Сгущение в гидроциклонах. Обезвоживание в механических классификаторах отстойного типа. Осветление шламовых вод в наружных отстойниках.

4.5. Центрифугирование

Теоретические основы процесса центрифугирования. Обезвоживание в фильтрующих центрифугах. Классификация фильтрующих центрифуг. Фактор разделения. Виды влаги, удаляемые при центрифугировании. Конструктивные и технологические факторы, влияющие на работу центрифуг. Обезвоживание в центрифугах осадительного типа. Осадительно-фильтрующие центрифуги. Основные показатели работы.

4.6. Фильтрование

Теоретические основы процесса фильтрования. Показатели, определяющие эффективность процесса. Конструктивные особенности вакуум-фильтров. Конструктивные и технологические факторы, влияющие на показатели работы вакуум-фильтров. Схемы отвода фильтрата. Фильтры избыточного давления. Пресс-фильтры, гипербарфильтры. Конструктивные особенности, технологические показатели работы.

4.7. Сушка продуктов обогащения

Теоретические основы процесса сушки. Свойства сушильных агентов. Факторы, влияющие на процесс сушки. Классификация сушильных установок. Газовые барабанные сушилки. Газовые трубы-сушилки. Сушилки кипящего слоя. Термодиск. Факторы, влияющие на производительность и эффективность работы сушилок и обеспечение безопасности работы сушилок. Классификация систем пылеулавливания. Показатели работы пылеулавливающих аппаратов.

5. Опробование и контроль технологических процессов обогащения

5.1. Основы опробования и контроля на ОФ

Основы теории опробования полезных ископаемых. Развитие теории опробования. Классификация проб. Статистическая обработка опытных данных. Точность и параметры опробования. Методы контроля точности опробования: контроль точности опробования методом многократного отбора проб; методом дубликатного отбора проб.

5.2. Отбор и подготовка технологических проб

Опробование неподвижно лежащих сыпучих материалов. Опробование движущихся масс. Метод продольных и поперечных сечений. Механизация процессов опробования. Схемы подготовки проб к технологическим испытаниям, минералогическому, химическому и другим методам анализов. Методы перемешивания и сокращения проб. Баланс металлов. 5.3. Контроль и управление технологическими процессами обогащения

Средства измерения и контроля параметров технологического процесса. Управление процессами дробления, грохочения, измельчения, процесса флотации, гравитационными методами обогащения, сгущения шламов. Организация технологического контроля, системы управления качеством продукции, усреднение исходного сырья, техники безопасности.

6. Технология обогащения углей

6.1. Приём, усреднение и подготовка угля к обогащению

Углеприемные устройства, складирование рядовых углей, усреднение с помощью аккумулирующих бункеров. Предварительное грохочение и дробление крупного угля. Подготовительная классификация и обесшламливание угля для получения машинных классов.

6.2. Флотация угольных шламов

Роль и задачи флотации угольных шламов в схемах углеобогащения. Факторы, влияющие на флотацию угля. Подготовка пульпы перед флотацией, реагентный режим, флотационные машины. Подготовка пульпы перед флотацией методом масляной аэроагломерации.

6.3. Масляная агломерация угольных шламов

Теоретические основы процесса. Реагенты и оборудование для агломерации. Технологические схемы масляной агломерации угля. Области применения процесса.

6.4. Водно-шламовые схемы углеобогатительных фабрик

Классификация водно-шламовых схем. Использование оборотной и осветленной воды на фабрике. Использование флокулянтов для интенсификации процессов обезвоживания угольных шламов и продуктов их разделения. Приготовление рабочих растворов флокулянтов. Оборудование и технологические схемы обезвоживания отходов флотации.

6.5. Обогащение энергетических, бурых углей и сланцев

Схемы обогащения и аппаратурное оснащение. Обогащение углей в противоточных водных сепараторах.

Основная литература

1. **Абрамов, А. А.** Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Технология обогащения полезных ископаемых : учебник для вузов : [для студентов вузов, обучающихся по направлению «Горное дело» по специальности «Обогащение полезных ископаемых»] / А. А. Абрамов. – Москва : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2004. – Т. II. – 510 с. – ISBN 5-7418-0242-7. Текст : непосредственный.

2. **Авдохин, В. М.** Основы обогащения полезных ископаемых : учебник для вузов [по направлению подготовки дипломированных специалистов «Горное дело»]. Изд. 2-е, стереотипное : в 2 томах / В. М. Авдохин. – Москва : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, изд-во «Горная книга», 2008. – Т. 1 : Обогащительные процессы. – 417 с. – ISBN 978-5-98672-091-3. – Текст : непосредственный.

3. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования : каталог-справочник / составители : Г. С. Головин, А. С. Малолетнев ; под общей редакцией В. М. Щадова. – Москва : Трек, 2007. – 292 с. – Текст : непосредственный.

4. Современная техника и технологии обогащения российских углей : каталог-справочник / Л. А. Антипенко [и др.] ; под редакцией В. М. Щадова. – Кемерово : Кузбассполиграфиздат, 2008. – 310 с. – Текст : непосредственный.

5. **Абрамов, А. А.** Флотация. Физико-химическое моделирование процессов : учебное пособие [для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело»] / А. А. Абрамов. – Москва : «Горная книга», 2010. – 607с. – Текст : непосредственный.

6. **Верхотуров, М. В.** Гравитационные методы обогащения : учебник для вузов / М. В. Верхотуров. – Москва : МАКС Пресс, 2006. – 352 с. – Текст : непосредственный.

7. **Абрамов, А. А.** Флотационные методы обогащения : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – 3-е издание, переработанное и дополненное / А. А. Абрамов. – Москва : Изд-во Моск. гос. ун-та, Изд-во «Горная книга», «Мир горной книги», 2008. – 710 с. – Текст : непосредственный.

8. **Самыгин, В. Д.** Основы обогащения руд / В. Д. Самыгин, Л. О. Филиппов, Д. В. Шехирев. – Москва : Альтекс, 2003. – 304 с. – Текст : непосредственный.

9. **Козин, В. З.** Опробование минерального сырья : научная монография / В. З. Козин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный горный университет». – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2011. – 316 с. – Основные публ. по теме: с. 309 – 315. – ISBN: 978-5-8019-0268-5. – Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. **Андреев, С. Е.** Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых : учебник для вузов / С. Е. Андреев, В. М. Зверевич, В. А. Перов. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Недра, 1980. – 415 с. – Текст : непосредственный.
2. **Перов, В. А.** Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых : учебное пособие для вузов / В. А. Перов, С. Е. Андреев, Л. Ф. Биленко. – 4-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Недра, 1990. – 301 с. – Текст : непосредственный.
3. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы ; под редакцией О. С. Богданова, В. А. Олевского. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Недра, 1982. – 366 с. – Текст : непосредственный.
4. Горное оборудование : номенклатурный каталог ; Комитет Российской Федерации по машиностроению ЦНИИТЭИтяжмаш. – Москва, 1996. – 94 с. – Текст : непосредственный.
5. **Вайсберг, Л. А.** Просеивающие поверхности грохотов. Конструкции, материалы, опыт применения / Л. А. Вайсберг, А. Н. Картавый, А. Н. Коровников ; научный редактор Л. А. Вайсберг ; рецензенты : В. А. Чантурия, А. Я. Башкарев. – Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. – 252с. – ISBN 5-8198-0074-5. – Текст : непосредственный.
6. **Вайсберг Л. А.** Вибрационные дробилки. Основы расчета, проектирования и технологического применения / Л. А. Вайсберг, Л. П. Зарогатский, В. Я. Туркин ; научный редактор Л. А. Вайсберг ; рецензенты : К. В. Фролов, А. Я. Башкарев. – Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. – 306с. – ISBN 93761-061-X. – Текст : непосредственный.
7. Дробилки. Конструкции, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Музеймек. – Москва : Машиностроение, 1990. – 320 с. – Текст : непосредственный.
8. **Шохин, В. Н.** Гравитационные методы обогащения : учебник для вузов / В. Н. Шохин, А. Г. Лопатин. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Недра, 1993. – 349 с. – Текст : непосредственный.
9. Справочник по обогащению углей ; под редакцией И. С. Благова. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Недра, 1984. – 614 с. – Текст : непосредственный.
10. **Берт, Ричард. О.** Технология гравитационного обогащения /Р. О. Берт при участии К. Миллза ; перевод с английского Е. Д. Бачевой. – Москва : Недра, 1990. – 574 с. – ISBN 5-247-00865-0. – Текст : непосредственный.
11. Практикум по обогащению полезных ископаемых : учебное пособие для вузов ; под редакцией Н. Г. Бедраня. – Москва : Недра, 1991. – 525 с. – Текст : непосредственный.
12. **Артюшин, С. П.** Проектирование углеобогатительных фабрик: учебное пособие для вузов / С. П. Артюхин. – Москва : Недра, 1974. – 203 с. – Текст : непосредственный.

13. **Федотов, К. В.** Проектирование обогатительных фабрик : учебник для вузов / К. В. Федотов, Н. И. Никольская. – Москва : Горная книга, 2012. – 536 с. – Текст : непосредственный.
14. **Егоров, П. В.** Основы горного дела : учебник для вузов / П. В. Егоров, Е. А. Бобер, Ю. И. Кузнецов [и др.]. – Москва : МГТУ, 2000. – 408 с. – Текст : непосредственный.
15. **Удовицкий, В. И.** Прогнозирование результатов разделения каменных углей в гравитационных аппаратах : учебное пособие / В. И. Удовицкий ; Кузбасский государственный технический университет. – Кемерово, 1997. – 167 с. – Текст : непосредственный.
16. **Глембоцкий, В. А.** Флотационные методы обогащения : учебник для вузов / В. А. Глембоцкий, В. И. Классен. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Недра, 1981. – 304 с. – Текст : непосредственный.
17. **Мещеряков, Н. Ф.** Флотационные машины и аппараты. – 2-е издание, переработанное и дополненное / Н. Ф. Мещеряков. – Москва : Недра, 1982. – 300 с. – Текст : непосредственный.
18. **Козин, В. З.** Опробование и контроль и автоматизация обогатительных процессов : учебник для вузов / В. З. Козин, О. Н. Тихонов. – Москва : Недра, 1990. – 343 с. – Текст : непосредственный.
19. Терминологический словарь по обогащению руд. – Изд. 2-е / Идея чл.-корр. РАН В. И. Ревнивцева ; составитель Л. М. Кутузова. – Москва : Издат. дом «Руда и металлы», 2013. – 192 с. – Текст : непосредственный.
20. Горная техника : каталог – справочник. – Москва, 2016. – Вып. 1 (16). – 136 с. – Текст : непосредственный.
21. **Городниченко, В. И.** Основы горного дела : учебник для студентов вузов [по направлению подготовки «Горное дело» (квалификация - бакалавр техники и технологии) и по специальности «Физические процессы горного производства»] / В. И. Городниченко, А. П. Дмитриев. – Москва : Изд-во «Горная книга», Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2008. – 464 с. – ISBN 978-598672-063-0, 978-5-7418-05509-1. – Текст : непосредственный.