



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМК  
С.А. Упоров  
«    »    2023 г.

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

**ПРОГРАММА**

*вступительного испытания для поступления в аспирантуру  
по специальной дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»  
Научная специальность  
2.8.9 - «Обогащение полезных ископаемых»*

Екатеринбург – 2022

## Содержание документа

1. Назначение и область применения.....	3
2. Нормативные документы.....	3
3. Термины, определения, сокращения.....	3
4. Общие положения.....	3
5. Содержание программы.....	4
5.1. Процессы дробления, измельчения и грохочения .....	4
5.2. Гравитационные процессы.....	5
5.3. Флотация.....	6
5.4. Магнитное обогащение.....	6
5.5 Электрические методы обогащения.....	7
5.6 Специальные методы обогащения.....	7
5.7 Опробование и контроль процессов обогащения.....	7
5.8 Вспомогательные процессы.....	7
5.9 Технология обогащения руд.....	8
6. Вопросы к вступительному экзамену.....	8
7. Критерии оценки знаний.....	9
8. Литература.....	10
9. Заключительные положения.....	11

## **1. Назначение и область применения**

Настоящий документ содержит программу вступительного испытания для поступления в аспирантуру ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» по специальной дисциплине «Обогащение полезных ископаемых» по научной специальности «Обогащение полезных ископаемых», включающую вопросы к вступительному экзамену, критерии оценки знаний и литературу, необходимую для подготовки к вступительным испытаниям.

## **2. Нормативные документы**

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине разработана в соответствии со следующими нормативными документами:

- ФГОС ВО по научной специальности 2.8.9. «Обогащение полезных ископаемых»;

- Приказ Министерства образования и науки России от 12.01.2017 г. № 13 «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре».

## **3. Термины, определения, сокращения**

ФГБОУ ВО «УГГУ» – Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет».

ФГОС ВО – Федеральный образовательный стандарт высшего образования.

ВАК РФ – высшая аттестационная комиссия России.

## **4. Общие положения**

Целью подготовки по научной специальности 2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых» является обеспечение сегмента обогащения полезных ископаемых научными и научно-педагогическими кадрами, а также высококвалифицированными специалистами-практиками, владеющими современными научными методами.

На вступительном экзамене по специальной дисциплине «Обогащение полезных ископаемых» аспирант должен продемонстрировать владение знаниями основных, подготовительных и вспомогательных процессов обогащения.

## **5. Содержание программы**

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине «Обо-

гащение полезных ископаемых» состоит из следующих разделов:

*Раздел 1 «Процессы дробления, измельчения и грохочения»*

*Раздел 2 «Гравитационные процессы»*

*Раздел 3 «Флотация»*

*Раздел 4 «Магнитное обогащение»*

*Раздел 5 «Электрические методы обогащения»*

*Раздел 6 «Специальные методы обогащения»*

*Раздел 7 «Опробование и контроль процессов обогащения»*

*Раздел 8 «Вспомогательные процессы»*

*Раздел 9 «Технология обогащения руд»*

Экзамен проводится в письменной форме путём ответов на вопросы.

### **5.1. Процессы дробления, измельчения и грохочения**

Механические свойства минералов и горных пород и их сопротивление различным видам деформации.

Основные принципы и теоретические основы процессов дробления. Крупное, среднее, мелкое дробление, допустимая степень дробления, классификация дробильных машин и принцип их действия. Методы борьбы с пылеобразованием.

Характеристика процессов измельчения. Кинетика процессов измельчения. Принцип работы шаровых, стержневых и рудно-галечных мельниц.

Скоростные режимы работы мельниц. Критическая скорость вращения мельниц. Определение оптимальных условий работы шаровых мельниц. Коэффициент заполнения шарами. Измельчение при сверхкритических скоростях. Конструктивные особенности мельниц, открытый и замкнутый циклы измельчения.

Характеристика процесса грохочения и его назначение. Факторы, влияющие на процесс грохочения. Принцип действия и области применения различных грохотов.

Оценка эффективности процессов дробления, измельчения грохочения.

### **5.2. Гравитационные процессы**

Движение твердого тела в среде. Виды сопротивления среды. Диаграмма Релея. Турбулентный и ламинарный режимы движения. Основные законы движения частиц. Методы определения конечной скорости падения частиц. Равнопадаемость тел в различных средах и коэффициенты равнопадаемости.

Определение скорости стесненного падения частиц.

Принципы действия гидравлических классификаторов.

Классификация в поле действия центробежной силы. Гидроциклоны как классифицирующие аппараты. Принцип действия. Области применения.

Процесс обогащения в тяжелых суспензиях и жидкостях, область применения. Плотность, вязкость и устойчивость суспензий.

Процессы отсадки полезных ископаемых. Обогащение в вертикальной струе и область его применения. Физические основы и гидродинамические закономерности отсадки. Отсадка в восходящей и нисходящей струе. Непрерывная и пульсирующая струя.

Свойства постели и взвешенного слоя. Механизм разрыхления постели. Типы отсадочных машин и области их применения.

Обогащение на концентрационных столах и шлюзах.

Теоретические основы расслоения минеральных частиц на столах. Действие сил инерции и гидродинамических сил потока на минеральные зерна. Роль нарифлений. Влияние крупности, плотности и формы минеральных зерен на эффективность обогащения на столах. Песковые и шламовые столы.

Особенности обогащения руд на подвижных и неподвижных шлюзах.

Обогащение на винтовых сепараторах и винтовых шлюзах. Принцип их работы и области применения.

Обогащение на струйных желобах и конусных концентраторах. Типы аппаратов, их достоинства, недостатки и области применения.

Обогащение на центробежных концентраторах. Типы аппаратов, их достоинства, недостатки, принцип действия и области применения.

### 5.3. Флотация

Основы теории минерализации пузырьков при флотации. Элементарный акт флотации. Механизм соударения частиц и пузырьков при различных гидродинамических режимах. Гистерезис и его значение при флотации.

Закрепление пузырька на минеральной поверхности. Уравнение Фрумкина - Кабанова и Эйгелеса. Необходимый размер пузырьков. Влияние крупности частиц.

Поверхностная энергия на границе вода - газ и минерал - жидкость. Энергетическая неоднородность минеральной поверхности и влияние кристаллохимического строения минералов на их смачиваемость. Двойной электрический слой у поверхности минералов.

Поверхностная энергия при адсорбции реагентов на поверхности раздела водный раствор - воздух. Уравнения Гиббса, Лангмюра, Шишковского. Формы закрепления реагентов на минеральной поверхности. Хемосорбция на полупроводниках и условие образование новой фазы.

Флотационные реагенты и собиратели. Механизм действия и области применения анионных сульфидрильных собирателей. Механизм действия ок-

сигидрильных и катионных собирателей при флотации. О роли химической и физической форм сорбции собирателей при флотации.

Назначение и требования, предъявляемые к реагентам - активаторам. Примеры механизма действия активаторов. Взаимоактивация минералов и пути ее предотвращения.

Назначение и требования, предъявляемые к реагентам - депрессорам. Механизмы депрессии и условия, влияющие на действие депрессоров.

Закономерности депрессирующего действия сульфидных, сульфидоксидных, цианидных и других ионов.

Функции регуляторов среды и их назначение. Перечень основных реагентов - регуляторов и флокулянтов, применяемых на практике, и сущность их воздействия на флотацию. Методы очистки сточных вод от цианидов и других токсичных реагентов и ионов тяжелых металлов.

Типы современных флотационных машин, применяемых для обогащения руд, и их конструктивные особенности. Области применения механических, пневмомеханических и других типов флотационных машин.

#### **5.4. Магнитное обогащение.**

Магнитные свойства минералов и их связь с электронно-ядерной структурой вещества. Элементарные носители магнетизма в веществе и эффекты, вызываемые внешним магнитным полем. Классификация минералов по магнитным свойствам.

Основные параметры, влияющие на напряженность и градиент напряженности магнитного поля. Пути получения мощных и сверхмощных магнитных полей. Магнитная сила, действующая на частицы в магнитном поле. Основные параметры открытых и замкнутых магнитных систем. Достоинства и недостатки постоянных магнитов и перспективы их использования.

Магнитные сепараторы.

#### **5.5 Электрические методы обогащения.**

Электрические свойства минералов, классификация материалов по проводимости. Методы сообщения частицам электрического заряда. Теоретические основы работы электростатических, коронных и коронно-электростатических сепараторов, сравнение принципов их работы. Трибоэлектрическая сепарация. Диэлектрическая сепарация.

Электрические сепараторы.

#### **5.6 Специальные методы обогащения.**

Радиометрические методы обогащения. Сущность методов. Радиометрическая сортировка и сепарация руд. Основные эмиссионные (фотометрические, люминесцентные, фотонейтронные) методы. Радиорезонансный метод. Режимы радиометрической сепарации. Новые возможности обогащения, открываемые этими методами. Область применения. Аппараты и принцип их действия. Технико-экономические показатели, перспективы развития.

Прочие специальные методы обогащения. Обогащение полезных ископаемых по форме, трению, крупности и твердости, тепловым свойствам, обогащение на жировых поверхностях. Сущность методов и практическая их значимость.

### **5.7 Опробование и контроль процессов обогащения.**

Методы отбора представительных проб. Минимальная масса пробы. Периодические и непрерывные методы получения информации. Средства и методы контроля основных параметров обогатительных процессов.

Технологический и товарный балансы.

### **5.8 Вспомогательные процессы.**

Обезвоживание и пылеулавливание. Процессы и аппараты.

### **5.9 Технология обогащения руд.**

Общие принципы построения схем гравитационного обогащения. Области их применения. Условия подготовки руды для гравитационного обогащения коренных руд и россыпей. Схемы первичного гравитационного обогащения руд и россыпей, Содержащих минералы титана, олова, вольфрама, золота, тантала, ниобия, циркония и др Типичные схемы доводки коллективных черновых гравитационных концентраторов с применением магнитной и электрической сепарации, флотации и других методов. Применение комбинированных схем обогащения и химико-металлургических процессов переработки сложных руд и промпродуктов.

Схемы и реагентные режимы флотации руд цветных и редких металлов Коллективные и селективные схемы флотации медных, медно-цинковых, свинцово-цинковых и других полиметаллических сульфидных руд. Принципиальное отличие технологических схем флотации в зависимости от применяемых реагентов анионных и катионных с применением сульфидизации и без нее. Применение комбинированных схем флотации в сочетании с другими процессами (гравитации, гидрометаллургии, бактериального выщелачивания и др.) с целью полного и комплексного извлечения всех ценных составляющих руду компонентов.

Схемы и режимы магнитного и электрического обогащения.

## **6. Вопросы к вступительному экзамену**

1. Вещественный состав полезных ископаемых. Текстуры и структуры руд. Как эти свойства используются при переработке руд?
2. Назначение и виды грохочения. Просеивающие поверхности.
3. Щековые дробилки с простым и сложным качанием щеки. Достоинства и недостатки по сравнению с другими конструкциями.

4. Гипотезы дробления. Способы и стадии дробления. Степень дробления.
5. Конусные дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления. Особенности и различия в конструкциях.
6. Конструкция, область применения, показатели работы грохотов.
7. Отсадка полезных ископаемых. Основные типы отсадочных машин и технологические факторы процесса отсадки.
8. Теоретические основы и область применения процессов обогащения в тяжелых средах. Свойства сред.
9. Машины и аппараты для пневматического обогащения полезных ископаемых. Область применения каждого типа машин.
10. Опишите перспективные направления предварительной концентрации руд.
11. Характеристика фаз, участвующих во флотационных процессах. Гистерезис смачивания и его значение при флотации.
12. Реагенты. Назначение и механизм их действия при флотации. Основные активаторы, применяемые при флотации.
13. Пневмомеханические машины. Устройство, работа, преимущества и недостатки.
14. Магнитные сепараторы со слабым полем (при сухом и мокром обогащении).
15. Практика магнитного обогащения. Типовые схемы магнитного обогащения.
16. Фотометрические методы обогащения. Сепараторы, схемы и примеры применения.
17. Выщелачивание, химическое и бактериальное. Примеры применения.
18. Сгущение. Сущность процесса сгущения. Факторы, влияющие на процесс сгущения.
19. Брикетирование - основы, технология, оборудование, оценка качества брикетов.
20. Агломерация - общие сведения, примерная технологическая схема, оценка качества агломерата.
21. Технологический и товарный балансы.
22. Формулы для определения минимальной массы пробы.
23. Погрешность результата опробования. Полная формула и ее анализ.
24. Способы, правила и техника отбора проб от неподвижных масс.
25. Характеристика и выбор схем дробления.
26. Выбор принципиальных схем флотации. Построение схем флотации в отдельных стадиях и циклах.
27. Методы и порядок расчета качественно количественных схем обогащения.
28. Особенности технологии переработки полиметаллических руд.
29. Обогащение руд черных металлов.



## 7. Критерии оценки знаний

1. Знание и понимание важнейших проблем обогащения полезных ископаемых.
2. Знание основных научных школ и трудов ведущих учёных в области проблем обогащения полезных ископаемых.
3. Способность грамотно и чётко излагать свои мысли, формулировать выводы, иметь свою точку зрения по дискуссионным вопросам.
4. Свободное владение терминами, понятиями, фактическим материалом.
5. Демонстрация аналитических способностей, умение находить и обосновывать междисциплинарные подходы к решению проблем обогащения полезных ископаемых.
6. Наличие интереса к специальности «Обогащение полезных ископаемых» (знание публикаций по специальности, участие в научных кружках, конференциях, круглых столах и других научных мероприятиях).

## 8. Литература

1. Андреев С. Е., Зверевич В. В., Перов В. А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. - М.: Недра, 1980-415с.
2. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. - М.: Недра, 1982 - 366с.
3. Справочник по обогащению руд. Основные процессы. - М.: Недра, 1983-518с.
4. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы. - М.: Недра, 1983 -376с.
5. Справочник по обогащению руд. Обогащительные фабрики. - М.: Недра, 1984-358с.
6. Справочник по обогащению углей. - М.: Недра, 1983.
7. Польшкин С. И., Адамов Э. В. Обогащение руд цветных и редких металлов. - М.: Недра, 1975.
8. Польшкин С. М., Адамов Э. В. Обогащение руд цветных металлов. - М.: Недра, 1983 - 400с.
9. Абрамов А. А. Технология обогащения руд цветных металлов. - М.: Недра, 1983 - 359с.
10. Шохин В. Н., Лопатин А. Г. Гравитационные методы обогащения. - М.: Недра, 1993 - 350с.
11. Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения. - М.: Недра, 1993-408с.
12. Кармазин В. В., Кармазин В. И. Магнитные и электрические методы обогащения. - М.: Недра, 1988 - 304с.
13. Кравец Б. Н. Специальные и комбинированные методы обогащения. -

- М.: Недра, 1986 - 304с.
14. Чуянов Г. Г. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды. - М.: Недра, 1987 - 260с.
  15. Митрофанов С. И., Барский Л. А., Самыгин В. Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Недра, 1974-350с.
  16. Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик. - М.: Недра, 1982 -519с.
  17. Комлев С. Г. Основы обогащения полезных ископаемых. – УГГУ, 2014.
  18. Колтунов А. В. Комлев С. .Г. Дробление, измельчение, грохочение. – УГГУ, 2014.
  19. Цыпин Е. Ф. Информационные методы обогащения полезных ископаемых. – УГГУ, 2014.
  20. Меринов Н. Ф. Гравитационные методы обогащения. – УГГУ, 2005.
  21. Пелевин А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения. – УГГУ, 2015.
  22. Морозов Ю. П. Флотационные методы обогащения. – УГГУ, 2011.
  23. Колтунов А. В. Гидрохимические методы обогащения полезных ископаемых. – УГГУ, 2016.
  24. Чуянов Г. Г. Вспомогательные процессы обогащения. Обезвоживание и пылеулавливание. – УГГУ, 2006.
  25. Козин В. З. Контроль технологических процессов обогащения. – УГГУ, 2010.
  26. Козин В. З. Исследование руд на обогатимость. – УГГУ, 2016.
  27. Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 1. – УГГУ, 2009.
  28. Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 2. – УГГУ, 2014.
  29. Козин В. З. Пелевин А. Е. Теория инженерного эксперимента. – УГГУ, 2013.

## **9. Заключительные положения**

9.1. Настоящая Программа вступает в силу с момента ее утверждения ректором университета и действует до ее отмены или принятия новой Программы.

9.2. Настоящая Программа может быть изменена и дополнена. Внесение изменений и дополнений в Программу производится в установленном порядке приказом ректора ФГБОУ ВО «УГГУ».