

Принято на заседании
Ученого совета ГИ
протокол № 6-25 от 25.09.2025 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
22.04.02 Металлургия**

Москва 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка	4
2. АННОТАЦИЯ	4
3.Содержание разделов	5-12

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель вступительного испытания «Геометаллургия и обогащение полезных ископаемых» – Оценка уровня освоения поступающим компетенций, необходимых для обучения по направлению 22.04.02 «Металлургия»

Форма, продолжительность проведения вступительного испытания. Критерии оценивания.

Вступительное испытание по направлению подготовки проводится в письменной форме. Продолжительность письменного экзамена – 120 минут. Экзаменационный билет содержит 5 вопросов. В случае правильного и полного ответа на каждый из вопросов, поступающий получает соответствующее количество баллов, при неполном ответе или при наличии ошибок, балл снижается. Результатом оценивания работы является сумма баллов, полученных за правильные ответы на соответствующие вопросы письменной работы.

Система оценивания письменного вступительного испытания:

- 1 вопрос – 10 баллов;
- 2 вопрос – 10 баллов;
- 3 вопрос – 20 баллов;
- 4 вопрос – 25 баллов;
- 5 вопрос – 35 баллов.

Результаты вступительных испытаний оцениваются по 100-балльной шкале.

Минимальный проходной балл, подтверждающий успешное прохождение вступительных испытаний, составляет 40.

Перечень принадлежностей, которые поступающий имеет право пронести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: ручка.

АННОТАЦИЯ

Программа вступительного испытания по направлению 22.04.02 «Металлургия», базируется на комплексе дисциплин «Обогащение полезных ископаемых», «Технологическая минералогия», «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению», «Исследование обогатимости полезных ископаемых», «Магнитные, электрические и специальные методы обогащения», «Флотационное обогащение полезных ископаемых», «Гравитационные методы обогащения», «Вспомогательные процессы», «Контроль технологических процессов обогащения», «Технологии обогащения полезных ископаемых», «Проектирование обогатительных фабрик», «Окускование и металлургия» и «Управление минеральными ресурсами», «Геология», которые являются важной составляющей программ обучения специалистов и бакалавров.

Дисциплины имеют как теоретическую, так и практическую направленность в области методов, процессов, аппаратов и технологий обогащения и комплексной глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ.

1. Свойства и характеристики полезных ископаемых и их месторождений.

Основные термины и определения: минерал, горная порода, полезное ископаемое, минеральное сырье, руда, месторождение полезных ископаемых. Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых.

Методы и технические средства изучения свойств и характеристик полезных ископаемых, современные методы представления геологической информации, в том числе в виде цифровых моделей, неоднородность (изменчивость) содержания полезного компонента в рудах.

Кондиционные требования к минеральному сырью различного вида. Качественные характеристики руд черных, цветных, благородных, редких и редкоземельных металлов, углей, химического сырья и других видов полезных ископаемых.

Минералогический состав руд: основные рудные минералы, их состав и характеристики железа, никеля, меди, цинка, свинца, ртути, лития и других металлов. Нахождение в природе золота, серебра, платиноидов. Распространенность химических элементов в земной коре, понятие «кларк».

2. Вещественный состав и обогатимость полезных ископаемых.

Химический, минералогический 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.

Текстурно-структурные характеристики, 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.

Физические, физико-химические и химические свойства (разделительные признаки) минералов. 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.

3. Методы, процессы и технологические показатели обогащения полезных ископаемых.

Классификация методов и 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.

4. Процессы разделения сырья по крупности.

Классификация процессов разделения полезных ископаемых по крупности. Теоретические основы процесса грохочения, основные закономерности. Виды грохочения по назначению и крупности. Просеивающие поверхности. Эффективность грохочения и производительность грохотов. Факторы, влияющие на процесс грохочения. Конструкции, принцип действия и области применения неподвижных и механических грохотов.

Гидравлическая и пневматическая классификация. Закономерности свободного и стесненного падения частиц Основные принципы классификации и ее разновидности. Область применения и конструкции аппаратов для классификации в восходящем, горизонтальном потоках и в центробежном поле, в водной и воздушной средах. Технологические показатели работы классифицирующих устройств.

Дезинтеграция и промывка. Сущность процессов и условия их применения при обогащении. Характеристика и область применения процессов дезинтеграции и промывки в аппаратах и устройствах с плоской просеивавшей поверхностью, барабанного, корытного и башенного типов. Вибрационные и акустические промывочные машины. Технологические показатели их работы.

5. Процессы раскрытия полезных ископаемых.

Принципы избирательного раскрытия минералов. Классификация процессов дробления и измельчения и их технологическое назначение. Степень и стадийность дробления и измельчения. Теоретические основы дробления и измельчения. Способы дробления. Законы дробления и измельчения.

Дробление. Основные конструкции аппаратов, характеристика и область применения процессов дробления в щековых, конусных, валковых, молотковых, роторных, инерционных и электрогидравлических дробилках.

Измельчение. Основные конструкции, характеристика и область применения процессов измельчения в барабанных, вибрационных, центробежных и струйных мельницах. Оценка эффективности процессов дробления и измельчения.

6. Процессы гравитационного обогащения.

Сущность и технологическое назначение и классификация процессов гравитационного обогащения. Теоретические основы процессов разделения частиц по плотности в вертикальных потоках, потоках на плоскости и в центробежном поле. Область применения.

Отсадка. Сущность процесса, принцип работы и характеристики отсадочных машин. Область применения отсадки и технологические показатели работы отсадочных машин.

Обогащение в тяжелых средах. Виды, состав и свойства тяжелых сред. Характеристика процессов разделения в тяжелых средах. Основные типы, принцип работы и область применения тяжелосредных сепараторов, технологические показатели их работы.

Характеристика процессов обогащения в крутонаклонных, шнековых сепараторах, короткоконусных гидроциклонах, обезвоживающих желобах, на концентрационных столах и орбитальных шлюзах. Область применения. Процессы и аппараты для обогащения углей в воздушной среде.

7. Процессы флотационного обогащения.

Разновидности флотационных процессов. Закономерности межфазовых взаимодействий. Теоретические основы процессов минерализации пузырьков при пенной флотации. Кинетика флотации. Назначение флотационных реагентов и механизмы их действия. Характеристика технологических режимов флотационного обогащения при комплексном использовании сырья. Конструкция флотационных аппаратов и область применения. Схемы и режимы флотации минерального сырья - углей, руд цветных, редких, черных, благородных металлов, горно-химического сырья, неметаллических полезных ископаемых. Коллективная и селективная флотация.

8. Процессы магнитного и электрического обогащения.

Магнитная сепарация. Теоретические основы процесса, закономерности разделения минералов по их магнитной восприимчивости. Характеристика процессов обогащения в магнитных и электромагнитных сепараторах со слабым и сильным полями. Основные конструкции аппаратов, принцип действия и область применения, магнитных сепараторов. Магнитогидростатические и магнитогидродинамические процессы обогащения. Теоретические основы и перспективы их применения.

Электрическая сепарация. Физические основы и характеристика процессов разделения минералов по их проводимости и диэлектрической проницаемости. Основные конструкции, принцип действия аппаратов и область применения электрической сепарации.

9. Специальные методы обогащения.

Сущность и технологическое назначение процессов. Теоретические основы радиометрических и фотометрических процессов обогащения минерального сырья. Признак разделения, показатель контрастности и эффективность признака разделения. Поточный, порционный и покусковый режимы сепарации.

Основные конструкции аппаратов и характеристика авторадиметрических методов сепарации. Физические процессы обогащения, основанные на использовании различий в прочности, упругости, форме, коэффициенте трения, цвете, блеске. Избирательное дробление. Область применения, конструкции, принцип действия аппаратов. технологические показатели обогащения.

10. Физико-химические процессы обогащения.

Теоретические основы и закономерности процессов химического и бактериального выщелачивания металлов из руд. Механизм выщелачивания, кинетика и параметры процессов. Аппаратурное оформление, область применения и технико-экономические показатели чанового, автоклавного, перколяционного, кучного выщелачивания.

11. Процессы обезвоживания, пылеулавливания, очистки воды и воздуха.

Теоретические основы и закономерности процессов обезвоживания сгущением, дренированием, центрифугированием, фильтрацией, сушкой. Используемое оборудование и область его применения

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. Процессы и оборудование для очистки шахтных, сточных вод и кондиционирования оборотных вод. Процессы и оборудование для пылеулавливания и очистки воздуха.

12. Технологии обогащения полезных ископаемых.

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.

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. Взаимоувязка технологии переработки и обогащения углей с технологией и комплексной механизацией их разработки при селективной и валовой выемке. Экономическая эффективность обогащения и комплексного использования углей.

Качественная характеристика и технологическая классификация углей. Технологические схемы и режимы обогащения коксующихся и энергетических углей с учетом особенностей вещественного состава, обогатимости и требований к качеству продукции. Безотходные технологии.

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, с учетом особенностей их вещественного состава и требований к качеству продукции. Роль комбинированных схем при безотходной переработке руд цветных металлов, экономическая эффективность комплексного их использования.

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, титан-циркониевых, литиевых, бериллиевых, тантал-ниобиевых, молибденовых, вольфрамовых и редкоземельных руд и россыпей. Экономическая эффективность переработки, обогащения и комплексного использования руд и россыпей редких 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.

Качественная и технологическая характеристика основных типов руд черных металлов. Типы руд по основным бассейнам. Кондиции на руды и концентраты черных металлов. Технологические схемы и режимы рудоподготовки и обогащения железных, марганцевых и хромовых руд с учетом особенностей их вещественного состава и требований к качеству продукции. Комбинированная и обжиг-магнитная технология переработки окисленных кварцитов. Экономическая эффективность обогащения и комплексность использования руд черных металлов.

Качественная характеристика горно-химического сырья. Классификация сырья по вещественному составу. Технологии и режимы переработки, обогащения и комплексного использования горно-химического сырья (апатитовых, фосфоритовых, серных, калийных и борных руд), с учетом особенностей вещественного состава и требований к качеству продукции.

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. Техничко-экономические показатели.

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

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.

Техничко-экономические показатели обогащения минерального сырья.

13. 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.

Контроль работы аппаратов и технологических процессов. Автоматизация опробования и контроля. Моделирование и управление процессами переработки и обогащения. АСУТП обогатительной фабрики и ее экономическая эффективность.

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.

14. Окускование и металлургия.

Агломерация руд и концентратов. Назначение, теоретические основы процесса. Промышленная практика. Оборудование. Показатели, область применения.

Окомкование концентратов. Назначение. Теоретические основы. Основные стадии и операции. Офлюсованные окатыши. Металлизированные окатыши. Безобжиговые методы получения окатышей. Промышленная практика, оборудование, схемы, показатели, область применения процессов. Производство окатышей из тонкоизмельченных материалов. Оценка их качества.

Брикетиrowание полезных ископаемых. Брикетиrowание руд и концентратов. Назначение, теоретические основы процессов брикетиrowания со связующими и без них. Виды связующих материалов. Основные технологические операции, промышленная практика,

оборудование, схемы, показатели, физико-механические свойства рудных брикетов. Область применения.

Основы металлургии. Металлургия – наука и отрасль промышленности. Исторические аспекты и современное значение и состояние. Металлы и их классификация. Современные технологические процессы и операции черной и цветной металлургии. Строение и свойства металлов. Сырые материалы металлургического производства и способы извлечения металлов из руд и концентратов. Требования к качеству сырья. Пиро- и гидрометаллургия. Подготовка руды и концентратов к металлургической переработке.

Производство чугуна. Общие сведения о железе, чугуне и стали. Сырые материалы для производства чугуна. Доменный процесс. Общие положения. Горение кокса. Восстановление оксидов. Шлакообразование. Оборудование доменного цеха. Основные ТЭП работы доменных печей. Практика доменного производства.

Производство стали. Основные реакции сталеплавильных процессов. Назначение и классификация сталеплавильных процессов. Выплавка стали в конвертерах. Назначение и разновидности конвертерных процессов. Кислородно-конвертерный процесс. Выплавка стали в дуговых электропечах. Выплавка стали в индукционных электропечах. Технологические особенности. Показатели, область применения. Разливка стали. Разливка в изложницы. Непрерывная разливка. Структура слитков. Оборудование, область применения. Техно-экономические показатели. Методы внепечного рафинирования стали шлаком и вакуумом. Раскисление легирование стали. Процессы прямого получения металла. Производство ферросплавов.

Металлургия меди. Характеристика металла и область его применения. Медные руды и способы их переработки. Основные металлургические процессы. Выплавка медных штейнов из руд и концентратов. Производство черновой меди. Рафинирование меди. Гидрометаллургия меди. Оборудование, показатели и область применения.

Металлургия никеля и кобальта. Характеристика металлов и область применения. Сырье для получения никеля и кобальта. Основные металлургические процессы. Металлургическая переработка сульфидных медно-никелевых руд и окисленных никелевых руд. Медно-никелевый штейн. Файнштейн. Получение черного никеля. Электролитическое рафинирование никеля. Извлечение кобальта. Оборудование. Показатели. область применения.

Металлургия свинца. Характеристика металла и область его применения. Сырье. Способы получения черного свинца. Основные металлургические операции. Рафинирование черного свинца. Производство висмута.

Металлургия цинка. Характеристика металла и область его применения. Сырье. Основные металлургические процессы извлечения цинка – пиро- и гидрометаллургия. Рафинирование цинка. Оборудование, область применения показатели.

Металлургия олова. Характеристика металла и область его применения. Сырье и способы получения олова. Рафинирование черного олова. Оборудование, показатели.

Металлургия алюминия. Характеристика металла и область его применения. Сырье. Основные металлургические процессы производства глинозема и криолита. Электрометаллургическое получение алюминия. Оборудование. Показатели.

Металлургия вольфрама. Характеристика металла и область его применения. Сырье. Обогащение руд и получение оксида вольфрама (VI), основные стадии. Производство порошка

вольфрама. Получение компактного вольфрама. Выплавка ферровольфрама. Оборудование. Показатели, область применения.

Металлургия титана. Характеристика металла и область его применения. Сырье. Основные металлургические процессы. Производство четыреххлористого титана, способы производства титана. Производство компактного титана, выплавка ферротитана. Схемы, оборудование, показатели.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература:

1. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: МГГУ. – 2008. – Т. 1. Обогащительные процессы. – 417 с.
2. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: МГГУ. – 2008. – Т. 2. Технологии обогащения полезных ископаемых. – 310 с.
3. Бочаров В.А., Игнаткина В.А. «Технология обогащения полезных ископаемых» в 2 т. – М.: «Руда и металлы» - 2007 – Т1 - 472 с., Т2 – 480 с.
4. Юшина Т.И. Лабораторный практикум по дисциплине «Основы обогащения полезных ископаемых». – М.: МГГУ. – 2007. – 118 с.
5. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. – М.: МГГУ. – 2008. – 710 с.
6. Авдохин В.М. Обогащение углей: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: Изд-во «Горная книга». – 2012. – Т. 1. Процессы и машины. – 424 с.
7. Авдохин В.М. Обогащение углей: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: Изд-во «Горная книга». – 2012. – Т. 2. Технологии. – 448 с.
8. Козин В.З. Опробование минерального сырья. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ. – 2011. – 316 с.
9. Бочаров В.А., Игнаткина В.А., Юшина Т.И. Флотационное обогащение полезных ископаемых: Учебник. – М.: Изд-во «Горная книга». – 2017. – 840 с.
10. Кармазин В.И., Кармазин В.В. Магнитные и электрические методы обогащения. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
11. К.А. Разумов, В.А. Перов. Проектирование обогатительных фабрик, М., Недра, 1982 г.
12. Воскобойников В. Г., Кудрин В. А., Якушев А. М. Общая металлургия: учебник для студ. вузов напр. 'Металлургия'. М.: Академкнига, 2005.
13. Масленицкий И. Н., Чугаев Л. В., Борбат В. Ф., др., Чугаев Л. В. Металлургия благородных металлов: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1987.
14. Котляр Ю. А., Меретуков М. А., Стрижко Л. С. Металлургия благородных металлов. В 2-х кн. Кн.1: учебник для студ. вузов напр. 'Металлургия'. М.: Руда и металлы, 2005.

б) дополнительная литература:

1. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. – М.: Изд-во МГГУ, 2001. – 472 с.
2. Абрамов А.А. Технология обогащения окисленных и смешанных руд цветных металлов. – М.: Недра, 1986. – 302 с.
3. Абрамов А.А., Леонов С.Б. Обогащение руд цветных металлов: Учебник для вузов. – М.: Недра. – 1991. – 407 с.
4. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1980. – 415 с.
5. Бедрань Н.Г. Обогащение углей. – М.: Недра, 1988. – 203 с.
6. Леонов С.Б. Гидрометаллургия. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ. – 2000. – Ч. II. – 492 с.
7. Митрофанов С.И., Мещанинова В.И., Курочкина А.В. Комбинированные процессы переработки руд цветных металлов. – М.: Недра. – 1984. – 216 с.
8. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра,

1985. – 285 с.

9. Справочник по обогащению руд. Основные процессы. – М.: Недра, 1983. – 387 с.
10. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. – М.: Недра, 1982. – 366 с.
11. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы. – М.: Недра, 1983. – 376 с.
12. Чантурия Е.Л. Исследование обогатимости полезных ископаемых: Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2002. – Ч. I. – 166 с.
13. Чантурия Е.Л. Исследование обогатимости полезных ископаемых: Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2002. – Ч. II. – 165 с.
14. Черняк А.С. Химическое обогащение руд. – М.: Недра. – 1987. – 224 с.
15. Чуянов Г.Г. Вспомогательные процессы обогащения. – Екатеринбург. – 2006. – 203 с.
16. Шохин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1994. – 350 с.

в) электронные образовательные ресурсы и Интернет-ресурсы:

1. Официальный каталог стандартов и нормативно-правовых актов, действующих на территории РФ. <http://www.gostbaza.ru/>;
2. Горная энциклопедия Аа-лава – Яшма: <http://www.mining-enc.ru/>;
3. Геологическая энциклопедия: http://enc-dic.com/enc_geolog/;
4. Российский геологический портал: <http://rosgeoportal.ru/>;
5. Портал геология. <http://earth.jssc.ru/russia/>;
6. Российская государственная библиотека www.rsl.ru;
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.rsl.ru/>;