

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II»**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
(СОБЕСЕДОВАНИЕ)**

по специальности специализированного высшего образования

Материаловедение и технологии материалов

**2024**

## **Основные положения программы**

Программа вступительного испытания утверждена на заседании кафедр Материаловедения и технологии художественных изделий и Металлургии (протоколы № 17 от 18.06.2024 г. и № 27 от 17.06.2024 г.).

### **I. Содержание, структура и форма проведения вступительного испытания**

Профильное отборочное испытание при приеме на обучение по специальности специализированного высшего образования «Материаловедение и технологии материалов» проводится очно в формате собеседования.

Профильное отборочное испытание (собеседование) проводится на русском языке по программам, сформированным по уровню подготовки бакалавриат. Продолжительность профильного отборочного испытания (собеседование) – 1 час.

### **II. Разделы дисциплины и темы рассматриваемые в ходе вступительного испытания**

#### **Раздел 1. Материаловедение и технологии материалов**

*1.1. Машиностроительные материалы.* Металлические и неметаллические машиностроительные материалы, классификация. Классификация легирующих элементов. Классификация сталей. Маркировка сталей. Металлургическое качество статей. Фазы в легированных сталях. Конструкционные строительные стали. Стали обыкновенного качества. Низколегированные стали. Упрочнение ферритно-перлитных сталей при легировании. Стали повышенной прочности.

Конструкционные машиностроительные стали. Качественные и высококачественные стали. Фазовые превращения в легированных сталях при их нагреве и охлаждении. Отпуск закаленной легированной стали. Цементуемые стали. Азотируемые стали. Стали для поверхностной закалки. Стали пониженной прокаливаемости. Подшипниковые стали. Пружинные стали. Конструкционные стали специального назначения. Нержавеющие (коррозионностойкие) стали. Износостойкие стали. Криогенные стали. Немагнитные стали повышенной прочности. Стали повышенной

обрабатываемости. Радиационностойкие стали. Конструкционные стали и сплавы, работающие при повышенных температурах. Теплоустойчивые стали. Жаропрочные и жаростойкие стали. Жаропрочные сплавы на основе никеля и кобальта.

Инструментальные стали и сплавы, их классификация. Стали для режущего инструмента. Штамповые стали. Стали для измерительных инструментов. Твердосплавные материалы. Порошковые стали и сплавы.

Чугуны, их классификация. Серый чугун. Белый чугун. Ковкий чугун. Высокопрочный чугун. Структурные особенности. Марки, назначение и области применения.

Алюминий и его сплавы. Структурные особенности. Особенности легирования и упрочения. Марки, назначение и области применения. Порошковые алюминиевые сплавы, Назначение и области применения.

Медь и ее сплавы. Особенности легирования. Структурные особенности. Марки, назначение, области применения. Порошковые медные сплавы. Назначение. Области применения.

Магний и его сплавы. Структурные особенности. Особенности легирования. Марки, назначение, области применения.

Титан и его сплавы. Классификация. Структурные особенности. Особенности легирования. Марки, назначение, области применения.

Бериллий и сплавы на его основе. Легкоплавкие металлы и их сплавы. Баббиты. Тугоплавкие металлы и сплавы. Структурные особенности. Марки. Области применения.

Аморфные металлы и сплавы. Способы получения. Механические и физические свойства. Магнитные и коррозионностойкие материалы. Керамические материалы. Промышленные полимеры. Общие сведения. Классификации, Основные преимущества и недостатки, полимерных и керамических материалов. Области применения.

**1.2. Методы исследования материалов и процессов.** Выбор метода исследования материалов и изделий и в зависимости от задач физического

металловедения. Стандартные и нестандартные методы физико-механических испытаний и определения электрических, магнитных, оптических и других свойств материалов и покрытий на различных стадиях процессов их получения, обработки и переработки, установки и приборы для испытаний.

Масштабные уровни структуры. Основные методы структурного анализа материалов и процессов: оптическая микроскопия, рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия, рентгеновский микроанализ, фазовый физико-химический анализ.

Анализ металла в процессе производства и обработки. Анализ структурных превращений в металле в процессе термической обработки оптической и электронной микроскопии. Применение рентгеноструктурного анализа для определения количества остаточного аустенита, содержания углерода в мартенсите. Анализ химического состава продуктов металлургического производства методами химического и физико-химического анализа, методами.

Контроль макроструктуры методом оптического макроанализа, микроструктуры - методами оптической металлографии и рентгеновского анализа. Применение методов фазового анализа для исследования природы, структуры и состава выделяющихся фаз.

Применение рентгеноструктурного анализа для определения фазового состава металлических и керамических покрытий. Определение распределения легирующих элементов между различными фазами методом рентгеновского микроанализа. Эффективность полученных результатов в зависимости от выбора метода исследования материалов при решении конкретной задачи научного исследования или контроля материалов в процессе производства, обработки или эксплуатации.

**1.3. Механические и физические свойства материалов.** Общая характеристика механических свойств и испытаний. Методы механических испытаний и оборудование для испытаний. Основы электронной теории

твердых тел. Электрические свойства. Теплопроводность. Теплоемкость и энтальпия. Магнитные свойства. Объемные свойства.

**1.4. Технология материалов и покрытий.** Механические способы подготовки поверхности перед нанесением покрытия. Понятие о крацевании. Особенности крацевания стали и чугуна цветных металлов. Шлифование подготовительная операция перед нанесением покрытия. Абразивы для шлифования. Войлочные шлифовальные круги. Ленточное шлифование. Голтование. Режимы голтования. Достоинства и недостатки голтования. Понятия о полировании. Особенности технологии полирования. Пескоструйная отделка. Выбор абразивного материала. Дробеструйная обработка. Фактура поверхности после пескоструйной обработки. Преимущества дробеструйной обработки.

Понятия о декоративных покрытиях. Анодные покрытия. Катодные покрытия. Плакирование. Сусальное золочение. Получение сусального золота прокаткой. Технология получения сусальных покрытий. Особенности лужения, кадмирования, цинкования. Условия получения горячих покрытий.

Понятие о металлизации. Газовая металлизация. Электрическая металлизация. Нанесение покрытий трехфазным металлизатором. Недостатки металлизации. Декоративные свойства металлизированных поверхностей. Технология металлизации. Особенности подготовки поверхности перед металлизацией. Металлизация алюминием. Металлизация медью, бронзой, латунью. Металлизация никелем и нержавеющей сталью. Особенности металлизации изделий из неметаллов.

Понятие об оксидировании и патинировании. Применение оксидирования и патинирования в художественной промышленности. Технология оксидирования. Естественное и искусственное патинирование. "Дикая" патина. Искусственная и естественная патина. Патинирование в серной печени. Понятие о гальваностегии. Сущность электрохимического осаждения металлов из растворов. Механическая обработка поверхности изделия под покрытие. Химическая обработка. Приготовление отбела. Обезжиривание поверхности. Электрохимическая обработка. Электрополирование. Электролиты для полирования и травления.

Источники тока при электролитическом нанесении покрытий. Гальванические ванны для электролита. Обогрев ванн для электролита. Перемешивание электролита. Выбор электролитических покрытий. Нанесение медных покрытий. Никелирование. Хромирование. Серебрение. Золочение. Гальваническая отделка алюминия. Анодирование алюминия. Понятие о гальванопластике. Изготовление форм для гальванопластики. Нанесение электропроводного слоя при гальванопластике.

**1.5. Оборудование и автоматизация процессов тепловой обработки материалов.** Оборудование термических подразделений. Классификация и индексация печей. Общие сведения о печах-ваннах. Печи непрерывного действия. Оборудование для обработки холодом. Средства и системы автоматизации технологических процессов термической обработки деталей машин и инструмента. Задачи автоматизации. Технологии автоматизации производства. Проектирование технологии термической обработки. Классификация термических подразделений. Исходные данные для проектирования. Контроль качества. Выбор и расчет оборудования. Условные обозначения на технологических планировках.

**1.6. Физико-химические основы нанотехнологий.** Основные понятия нанотехнологий. Основные сферы применения нанотехнологий в современном мире. Углеродные наноструктуры. Алмаз, графит. Карбин. Кластеры. Фуллерены. Углеродные нанотрубки. Общая характеристика и классификация композиционных материалов. Дисперсноупрочненные композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы. Слоистые композиты. Композиционные наноматериалы. Электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Метод постоянного тока. Метод постоянной высоты. Метод отображения работы выхода. Сканирующая зондовая микроскопия. Контактные методики. Динамические контактные методы. «Полуконтактные» методы. Бесконтактные методы. Многопроходные методы.

**1.7. Наноструктурные композиционные материалы.** Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых

наночастиц. Химические методы. Физические методы. Механические методы. Консолидация объемных конструкционных нанокристаллически материалов. Наноструктурирование при кристаллизации аморфных сплавов. Наноструктурирование полимеров.

Физические свойства. Механические свойства. Примеры свойств отдельных объемных нанокompозитов. Стали. Титан и его сплавы. Алюминиевые сплавы. Твердые сплавы. Керамика. Полимеры. Использование нанокompозитных материалов в транспортном машиностроении. Использование нанокompозитов для военной техники. Использование нанокompозитов в космической технике. Использование композиционных наноматериалов в энергетическом машиностроении.

## **Раздел 2. Технология художественной обработки материалов**

***2.1. Вопросы исторического развития, изобразительного и декоративно-прикладного искусства. Теоретические аспекты создания произведений искусства.*** Теоретические основы мирового художественного процесса. Вопросы теории изобразительного, декоративно-прикладного искусства и архитектуры. Закономерности эволюционных процессов в области изобразительного искусства и архитектуры. Основные этапы развития мирового искусства.

Основные принципы стилеобразования. Виды, жанры и стили изобразительного искусства. Большие исторические стили в историко-культурном контексте. Творческие биографии ярчайших представителей изобразительного и декоративно-прикладного искусства и архитектуры.

Художественно-выразительные средства разных видов изобразительного искусства и архитектуры. Основные памятники искусства. Понятийно-терминологический аппарат в области изобразительного искусства, декоративно-прикладного искусства и архитектуры.

**2.2. Декоративно-прикладное искусство.** Теоретические основы декоративно-прикладного искусства. Виды декоративно-прикладного искусства.

Искусство и ремесло. Вопросы взаимодействия. Стилеобразование в декоративно-прикладном искусстве. Формообразование в декоративно-прикладном искусстве. Функциональные характеристики произведений декоративно-прикладного искусства. Роль материала и технологии изготовления в формировании образа произведения декоративно-прикладного искусства.

**2.3. Основы материаловедения. Материалы художественных изделий.** Основные положения кристаллографии. Дефекты кристаллического строения. Кристаллизация и деформация металлов и сплавов. Диаграмма состояния системы «железо-углерод». Углеродистые стали и чугуны. Термическая обработка сталей и цветных сплавов. Суть процессов отжига, закалки, отпуска и старения. Легирование сталей и сплавов. Металлы и сплавы для художественных изделий.

Металлы и сплавы для художественных изделий. Благородные металлы и сплавы. Металлы и сплавы платиновой группы. Золото и сплавы на его основе. Серебро и сплавы на его основе. Медь и сплавы на основе меди. Другие цветные металлы и сплавы. Железо и его сплавы как материалы для художественных изделий.

Ювелирные, поделочные и облицовочные камни. Классификация самоцветных камней. Самоцветные камни неорганического происхождения. Самоцветные камни органического происхождения.

Неметаллические материалы. Материалы на основе полимеров. Древесина. Стекло и стеклокристаллические материалы. Керамика. Классификация керамики. Строение и свойства керамики. Технология изготовления керамических изделий. Декорирование керамики. Особенности изготовления технической керамики.



#### **2.4. Технологические процессы изготовления художественных изделий.**

Технология изготовления художественных изделий обработкой давлением. Ковка. Основные виды пластической деформации.

Технология художественного литья. Свойства сплавов для художественного литья. Формовочные материалы. Основы литейной технологии. Литье в землю. Литье по выплавляемым моделям. Ювелирное литье. Специальные виды литья. Отделка литья.

Физические и механические основы обработки материалов резанием.

Основы обработки стекла и камня.

Физико-химические методы формообразования поверхностей.

Слесарно-сборочные (монтажные) работы для декоративных изделий.

Технология декоративных покрытий. Технологии нанесения покрытий. Неметаллические защитные покрытия. Декоративная отделка художественных изделий из меди, алюминия, железа и сплавов на их основе.

Технология соединения материалов. Электродуговая сварка. Пайка. Клеевые соединения.

**2.5. Технологические процессы эмалирования.** Историческое развитие техники эмалирования. Классификация художественных эмалей.

Горячие и холодные эмали. Химический состав, способ нанесения, техника исполнения, вид основы.

Металлы для эмалирования. Сырье и оборудование для производства. Оборудование и инструменты. Основные технологические операции.

Виды брака эмалевых покрытий. Техника безопасности.

**2.6. Декоративные камни.** Понятие декоративного камня. Классификация самоцветных камней, их свойства, оптические эффекты.

Ювелирные, ювелирно-поделочные, поделочные камни неорганического происхождения, синтез декоративных камней. Химический состав, основные свойства, месторождения. Морфологические, физические, механические, эстетические свойства декоративных камней.

Основные способы обработки декоративного камня, методы облагораживания. Огранка ювелирных камней. Типовые формы огранки. Резьба по камню. Мозаика.

### Раздел 3. Metallургия

*3.1. Metallургии чёрных цветных и редких металлов.* Теория металлургических процессов. Классификация металлургических процессов, основные приемы, процессы и реакции при выделении цветных металлов из полиметаллических руд и их глубокой очистке от примесей. Значение пиропроцессов в развитии металлургии цветных. Место термодинамики и кинетики процессов в гомогенных и гетерогенных системах как основных приемов анализа металлургических процессов.

Состав и свойства газовой фазы. Характеристика газовой фазы. Термодинамика взаимодействия газовых реагентов с кислородом. Оценка состояния равновесия. Взаимодействие  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  с кислородом. Равновесный состав как функция давления. Кинетика и механизм реакций горения водорода и окиси углерода. Пределы самовоспламенения смесей. Механизм и кинетика взаимодействия компонентов водяного газа.

Процессы взаимодействия углерода с газовой фазой. Окисление и газификация углерода. Термодинамический анализ горения углерода с кислородом и водяным паром. Разновидности углерода. Оценка состояния равновесия. Направление процесса. Кинетика и механизм горения твердого углерода. Схема гетерогенного процесса. Особенности протекания процесса в кинетических и диффузионных областях.

Теория образования и диссоциации химических соединений. Диссоциация соединений переменного состава при постоянной температуре. Диссоциация соединений с образованием конденсированных фаз постоянного состава. Влияние агрегатных превращений на процессы диссоциации соединений металлов. Диссоциация соединений, образующих растворы. Механизм и кинетика диссоциации соединений.

Процессы окисления металлов. Термодинамика, кинетика и механизм окисления твердых металлов. Структура окалина на металлах. Окисление расплавленных металлов.

Процессы восстановления соединений металлов. Газовое восстановление оксидов нелетучих металлов. Восстановление оксидов летучих металлов. Восстановление хлоридов металлов. Восстановление оксидов из расплавов. Раскисление металлов. Алюмотермия и силикотермия. Восстановление в условиях плазменных температур. Роль вакуума при восстановлении летучих металлов.

**3.2. Теория электрометаллургических процессов.** Основные электрохимические и электрометаллургические производства. Двойной электрический слой на границе электрод – электролит. Скачок потенциала на границе электрод – электролит. Ток обмена. Двойной электрический слой (Д.Э.С.). Модель Гельмгольца, теория Гуи-Чампена, теория Штерна. Плотная и диффузионная часть Д.Э.С., их потенциалы. Специфическая адсорбция на заряженной поверхности электрода. Электрокапиллярные явления. Электрометры, электрокапиллярные кривые. Нулевая точка металла. Сорбция и десорбция поверхностно-активных веществ. Емкость Д.Э.С., методы ее измерения и использования для определения потенциалов нулевого заряда, расчета адсорбции поверхностно-активных ионов и величины поверхности электродов.

Электродные потенциалы и электродвижущие силы. Равновесные электродные потенциалы. Стандартный потенциал. Формула Нэрнста. Использование стандартных потенциалов для описания химического равновесия в растворе. Классификация электродов. Электроды первого рода, второго рода. Электроды сравнения. Стекланный электрод, мембранные электроды. Измерение рН. Амальгамные электроды. Элемент Вестона. Окислительно-восстановительные или редокс-потенциалы. Методы и аппаратура для измерения электродвижущих сил. Концентрационные элементы

с переносом и без переноса. Диффузионный потенциал. Электролитические ключи.

Электролиз водных растворов. Основные закономерности. Прохождение электрического тока через электрохимическую систему. Катодные и анодные процессы, активные и пассивные электроды. Законы электролиза. Электрохимический эквивалент. Понятие о гальваностегии и гальванопластике. Электроанализ и кулонометрия. Электропроводность электролитов. Измерение и расчет электропроводности. Подвижность ионов. Числа переноса и методика их определения. Принцип кондуктометрии. Напряжение разложения. Расчет по термодинамическим данным и практическое определение. Обратная электродвижущая сила. Удельный расход энергии при электролизе, выход по энергии.

Электродные процессы при осаждении металлов из растворов. Качество осадков и порошков. Характеристика катодных отложений и требования к осадкам. Закономерности образования отдельных кристаллов и поликристаллических осадков. Поляризация при выделении кристаллической фазы на катоде. Факторы, влияющие на структуру осадка. Условия и особенности образования компактных и порошкообразных катодных осадков. Катодные процессы в растворах комплексных солей металлов. Получение сплавов. Особенности ртути как катодного материала. Амальгамы. Деполяризация при разряде ионов металла на ртути. Перенапряжение выделения водорода на ртути. Амальгамная металлургия. Ртутный электрод в промышленности. Анодные процессы. Анодное растворение металлов с образованием хорошо растворимых соединений. Пассивация металлов. Нерастворимые аноды. Реакции анодного окисления. Выбор материала анодов.

Электролиз расплавленных солей. Электродное равновесие в расплавах. Сложность измерения электродных потенциалов и электродвижущих сил в расплавленных солях. Электрохимические ряды металлов в расплавах. Напряжение разложения расплавленных солей. Особенности поляризации в расплавах. Выход по току и удельный расход энергии. Взаимодействие

электродных продуктов между собой и с расплавом электролита. Влияние температуры. Влияние физико-химических свойств электролита (плотности, вязкости, поверхностного натяжения, давления пара и др.) на процесс электролиза. Основы получения алюминия, магния и натрия электролизом расплавов.

**3.3. Теория гидрометаллургических процессов.** Основные процессы гидрометаллургии. Задачи теории гидрометаллургических процессов. Понятие о технологических схемах. Химизм и термодинамика процессов выщелачивания. Простое растворение. Реакции нейтрализации. Обменные реакции, сопровождающиеся образованием малорастворимых соединений или газообразных веществ. Химизм окислительно-восстановительных процессов выщелачивания. Технологические аспекты выщелачивания. Методы выщелачивания. Термодинамика простого растворения. Характеристика воды как растворителя. Методы расчета констант равновесия. Влияние температуры и давления на равновесный состав систем. Окислительно-восстановительное равновесие воды и водных растворов.  $E_h - pH$  – диаграммы (диаграммы Пурбе), их построение и анализ. Влияние комплексообразования на потенциалы систем.

Основы теории процессов ионного обмена и экстракции. Общие сведения о сорбентах и ионообменных материалах. Неорганические ионообменники, активированные угли, синтетические смолы и их характеристика. Равновесие ионного обмена. Селективность ионного обмена. Изотермы сорбции. Влияние состава и  $pH$  раствора на коэффициенты распределения и разделения. Кинетика ионного обмена. Элюирование и хроматография. Электродиализ и его использование для опреснения воды, регенерации реагентов и получения чистых веществ. Общие сведения о методах жидкостной экстракции. Типы экстрагентов и их характеристика. Растворители и их влияние на процесс экстракции. Требования к качеству экстрагентов и растворителей, связанные с техникой безопасности и защитой окружающей среды.

Осаждение металлов из растворов. Восстановление металлов водородом. Механизм и кинетика процессов восстановления меди в сернистом и

аммиачном растворах. Теоретические основы осаждения водородом электроотрицательных металлов – никеля и кобальта. Применение других газообразных восстановителей – CO и SO<sub>2</sub>. Избирательное осаждение золота в хлоридных и палладия в сульфатных растворах солями Fe(II). Осаждение благородных металлов формиатом натрия. Цементация металлов как процесс внутреннего электролиза. Теоретический и реальный пределы цементации. Механизм и кинетика процесса. Закономерности осаждения труднорастворимых соединений и кристаллизации солей. Методы кристаллизации солей. Изотермическая и изогидрическая кристаллизация. Тройные системы. Изображение изотермических сечений тройных систем с помощью треугольника Гиббса и диаграммы Шрейнемакера. Явление изоморфизма при осаждении труднорастворимых соединений. Закон Хлопина. Процессы промывки, репульпации и переосаждения.

**3.4. Metallurgy of heavy non-ferrous metals.** Штейновые плавки медных руд и концентратов. Разновидности автогенных плавок: шахтные, во взвешенном состоянии, в жидкой ванне. Штейны и шлаки при переработке медных руд и концентратов. Техничко-экономические и экологические показатели плавок.

Производство черновой меди и ее огневое рафинирование. Сущность и общая характеристика конвертирования медных штейнов в горизонтальных конвертерах. Электрохимическое рафинирование и основы гидрометаллургии меди. Общие вопросы теории электролиза меди. Конструкция электролизной ванны. Техничко-экономические показатели процесса.

Введение в металлургию никеля. Главные свойства никеля, соединений и минералов. Методы подготовки никелевых руд и концентратов к металлургической переработке. Альтернативные технологии переработки окисленных никелевых руд. Электроплавка медно-никелевых шихт на штейн. Автогенные технологии переработки медно-никелевых руд и концентратов на штейн.

Электрохимическое рафинирование черного никеля. Общая характеристика технологической схемы электрохимического рафинирования никеля. Очистка электролита от примесей. Конструкция и обслуживание основного оборудования. Техничко-экономические показатели процесса.

Введение в металлургию цинка. Физико-химические свойства цинка и его соединений. Применение, масштабы производства и потребления цинка. Цинковые минералы, руды и концентраты. Вторичное цинксодержащее сырье. Краткая характеристика методов переработки цинксодержащего сырья. Обжиг цинковых концентратов. Оборудование, применяемое для обжига цинковых концентратов. Техничко-экономические показатели обжига цинковых концентратов. Использование вторичного тепла. Утилизация газов для производства серной кислоты. Управление процессом обжига.

Пирометаллургия цинка. Общая характеристика пирометаллургического (дистилляционного) метода получения цинка. Теоретические основы. Теоретические основы конденсации паров цинка. Практика получения цинка пирометаллургическим способом. Техничко-экономические показатели процесса. Теоретические основы и практика рафинирования цинка ликвацией и ректификацией. Химические способы рафинирования цинка. Техничко-экономические показатели рафинирования черного цинка. Управление процессами получения цинка пирометаллургическим способом.

Гидроэлектрометаллургия цинка. Общая характеристика гидроэлектрометаллургического метода получения цинка. Технологические схемы получения цинка гидрометаллургическим методом. Теоретические основы выщелачивания цинкового огарка. Термодинамика и кинетика процесса выщелачивания. Аппаратура, применяемая для классификации и выщелачивания огарка, очистки растворов от примесей, разделения жидкого и твердого. Технологические схемы выщелачивания цинкового огарка. Техничко-экономические показатели электролиза раствора сульфата цинка. Переплавка катодного цинка. Автоклавное выщелачивание цинковых концентратов. Управление процессами производства цинка гидрометаллургическим методом.

Введение в металлургию свинца. Физико-химические свойства свинца и его соединений. Применение, масштабы производства и потребления свинца. Свинцовые минералы, руды и концентраты. Вторичное свинецсодержащее сырье. Краткая характеристика промышленных методов переработки свинецсодержащего сырья.

Выплавка свинца из свинцовых концентратов. Теоретические основы реакционной плавки. Практика и технико-экономические показатели получения свинца реакционным способом в горнах, короткобарабанных печах и в электропечи. Двухступенчатый (универсальный) метод переработки свинцовых концентратов. Общее описание восстановительной плавки свинцового агломерата в шахтной печи. Основные процессы и температурные зоны печи. Поведение отдельных компонентов шихты при плавке. Реакции, протекающие в слое шихты по высоте печи. Горение углеродистого топлива. Характеристика продуктов плавки свинцового агломерата. Конструкция шахтных печей для восстановительной плавки свинцового агломерата и практика их обслуживания. Загрузка печи. Выпуск жидких продуктов плавки. Пуск и остановка печи. Технико-экономические показатели процесса.

Рафинирование черного свинца. Общая технологическая схема рафинирования свинца огневым способом. Теоретические основы и практика предварительного обезмеживания свинца. Теоретические основы и практика тонкого обезмеживания свинца. Переработка медных съёмов (шликеров). Очистка свинца от теллура. Теоретические основы и практика рафинирования свинца от мышьяка, сурьмы, олова окислительным и щелочным методами. Переработка щелочных пластов. Теоретические основы и практика обессеребривания свинца вмешиванием в расплав цинка. Переработка серебристой пены. Теоретические основы и практика рафинирования свинца от цинка окислительным, щелочным, хлорным и вакуумным способами. Теоретические основы и практика обезвисмучивания свинца пирометаллургическим способом.



**3.5. *Металлургия благородных металлов.*** Оборудование и схемы дробления и измельчения руд благородных металлов. Рудные и россыпные месторождения золота. Важнейшие минералы золота. Состав и крупность самородного золота. Классификация золотосодержащих руд по вещественному составу и технологическим свойствам. Основные типы руд и месторождений серебра. Важнейшие минералы серебра. География добычи и производства благородных металлов в России и за рубежом. Схемы дробления и измельчения, применяемые на золотоизвлекательных фабриках. Оборудование для дробления и измельчения. Гравитационные аппараты для извлечения свободного золота. Схемы золотоизвлекательных фабрик, применяющих гравитационный метод.

Цианирование руд и концентратов. Термодинамика цианистого процесса. Кинетика и механизм растворения золота и серебра в цианистых растворах. Факторы, влияющие на скорость цианирования в заводских условиях. Гидролиз цианистых растворов и защитная щелочь. Цианирование просачиванием. Кучное выщелачивание. Подземное выщелачивание. Цианирование перемешиванием. Агитаторы с механическим, пневматическим и пневмомеханическим перемешиванием. Сгущение и фильтрование выщелоченных пульп. Особенности цианирования концентратов. Термодинамика цементации благородных металлов из цианистых растворов. Электрохимический механизм процесса. Факторы, определяющие полноту и скорость цементации. Практика и аппаратное оформление процесса осаждения золота и серебра цинковой пылью. Переработка золотоцинковых осадков с получением чернового металла.

Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп. Сущность сорбционного выщелачивания. Особенности сорбции золота из цианистых растворов и пульп. Поведение примесей. Изотерма сорбции. Факторы, влияющие на емкость ионита по золоту. Селективность ионитов. Устройство пачуков для сорбции из пульп. Регенерация ионита. Динамика элюирования. Десорбция золота, серебра и

примесей. Практика и аппаратное оформление регенерации ионита. Электроэкстракция золота и серебра из тиомочевинных растворов. Устройство электролизера с катодами из волокнистых углеродных материалов. Технико-экономические показатели сорбционного процесса. Сорбционное выщелачивание с применением активных углей. Техника безопасности на золотоизвлекательных предприятиях. Очистка сточных вод от цианидов.

Вторичная металлургия благородных металлов. Характеристика вторичного сырья, его опробование. Методы переработки вторичного золото- и серебросодержащего сырья. Извлечение золота и серебра из анодных шламов электролиза меди. Аффинаж золота и серебра. Основные виды сырья, поступающие на аффинаж.

Переработка платиновых шламов. Сульфидные медно-никелевые руды как сырьевой источник платиновых металлов. Форма нахождения платины, палладия и редких платиноидов в сульфидных рудах. Поведение платиновых металлов при обогащении. Причины и основные каналы потерь платиноидов в процессах металлургической переработки сульфидных концентратов. Переработка платиносодержащих шламов. Химический и вещественный состав шламов. Химическое обогащение шламов методов сульфатизации и методом сульфатизирующего обжига с последующим электролитическим растворением вторичных анодов.

**3.6. Металлургия редких металлов.** Распространенность элементов в земной коре. Понятие о редких элементах. Техническая классификация редких элементов. Масштабы производства и потребления.

Тугоплавкие редкие металлы. Общая характеристика группы. Место тугоплавких металлов в периодической системе Д.И.Менделеева. Характеристика свойств тугоплавких металлов, определивших основные области их применения. Тугоплавкие редкие металлы IV группы периодической системы (титан, цирконий, гафний). Производство, потребление, применение, цены. Перспективы развития производства. Химические и физические свойства элементов и их соединений, используемые

в технологии их производства. Распространенность в природе. Минералы и руды. Обогащение руд. Характеристика концентратов титана и циркония. Metallургия титана. Общие контуры технологии. Теоретические основы процесса хлорирования. Подготовка рудных концентратов к хлорированию. Методы удаления железа из ильменитовых концентратов и их сравнительная оценка. Хлорирование титановых шлаков и рутиловых концентратов в шахтных хлораторах. Хлорирование в расплавах. Состав продуктов хлорирования, улавливание газообразных продуктов. Сопоставление методов хлорирования. Очистка тетрахлорида титана. Теоретические основы металлотермии титана. Выбор восстановителей. Технология и аппаратура магние- и натриетермических методов. Вакуумтермическая сепарация и гидрометаллургическое удаление хлоридов и избытка восстановителя. Сравнительная характеристика методов. Контуры методов переработки титановой губки. Техника безопасности при использовании методов хлорной металлургии и металлотермии. Metallургия циркония и гафния (обзор). Методы переработки циркониевых концентратов. Гидрометаллургические способы. Метод хлорирования. Перспективы использования плазмы для вскрытия цирконовых концентратов. Методы разделения циркония и гафния. Получение металлических циркония и гафния из их соединений. Методы металлотермии и электролиза расплавленных сред. Контуры технологических схем получения циркония и гафния. Тугоплавкие редкие металлы V группы периодической системы (ванадий, тантал, ниобий) Особенности геохимии ванадия. Минералы и руды. Ванадий как сопутствующий элемент комплексного сырья. Минералы, руды и концентраты тантала и ниобия. Metallургия ванадия (обзор). Поведение при переработке титаномагнетитов. Теоретические основы и технология извлечения ванадия из руд и конвертерных шлаков. Методы получения диванадийпентоксида, феррованадия и металлического ванадия. Metallургия тантала и ниобия (обзор). Теоретические основы и технология получения чистых соединений тантала и ниобия. Выбор метода в зависимости от состава перерабатываемого сырья. Методы разделения

тантала и ниобия. Методы получения металлов. Тугоплавкие металлы VI группы периодической системы (вольфрам и молибден). Исходное сырье. Особенности геохимии вольфрама и молибдена. Минералы и руды. Методы обогащения руд. Кондиционные и некондиционные концентраты. Методы получения легирующих добавок. Производство ферросплавов и молибдата кальция. Получение чистых триоксидов молибдена и вольфрама. Переработка кондиционных молибденовых концентратов методом возгонки. Обжиговоаммиачный метод. Азотнокислый метод. Теоретические основы и технология вскрытия вольфрамовых концентратов. Методы спекания и автоклавного выщелачивания. Метод кислого выщелачивания шеелитовых концентратов. Выбор метода в зависимости от состава сырья. Методы разделения вольфрама и молибдена. Получение ПВА и триоксида вольфрама. Получение металлических порошков молибдена и вольфрама из их триоксидов восстановлением водородом. Техника безопасности при работе с водородом.

Основы порошковой металлургии Получение прессованных изделий из порошков и методы термической и механической обработки заготовок. Производство проволоки и ленты. Перспективы развития порошковой металлургии. Плавка тугоплавких металлов. Электродуговая плавка с нерасходуемым и расходуемым электродом. Электронно-лучевая плавка. Поведение примесей в процессе высокотемпературных вакуумных плавки. Качество получаемых металлов.

Редкие рассеянные элементы. Общая характеристика группы. Место РРЭ в периодической системе элементов. Сравнительная характеристика свойств РРЭ, определяющая их склонность к рассеянию в природе и при переработке рудного сырья. Комплексное использование сырья – общий принцип получения РРЭ. РРЭ III группы периодической системы (галлий, индий, таллий). Распространенность в природе. Особенности геохимии галлия, индия, таллия. Поведение при обогащении и металлургическом переделе различных видов сырья. Металлургия галлия. Попутное извлечение галлия из алюминиевого сырья. Особенности нефелинов. Теоретические основы и выделение галлия из

алюминатных растворов. Осаждение галлиевых концентратов карбонизацией, цементация на галлах, электролиз с жидким и твердым катодом. Перспективы использования других видов сырья. Методы рафинирования галлия, получение металла высокой чистоты. Metallургия индия и таллия (обзор). Попутное извлечение индия и таллия при переработке пылей и возгонов свинцово-цинковых заводов. Методы концентрирования индия и таллия из сульфатных растворов: гидролиз, цементация, экстракция и др. методы. Приемы амальгамной металлургии. Получение технических индия и таллия и методы их рафинирования. Перспективы использования других видов сырья. РРЭ IV группы периодической системы. Metallургия германия. Исходное сырье. Распространенность в природе. Особенности геохимии германия. Поведение германия при переработке различных видов сырья. Теоретические основы концентрирования германия пиро- и гидрометаллургическими методами. Переработка богатых германиевых руд. Переработка возгонов металлургических заводов, отходов ТЭЦ и коксохимического производства. Переработка германиевых концентратов. Получение и очистка тетрахлорида и диоксида германия. Восстановление диоксида германия. Производство полупроводниковых монокристаллов германия. РРЭ VI группы периодической системы (селен и теллур). Особенности геохимии селена и теллура. Минералы. Рассеянные формы. Поведение при переработке сульфидного сырья при обогащении, на металлургических и химических предприятиях. Основные продукты – концентраты. Технология производства. Методы извлечения из электролитных шламов. Теоретические основы и технология методов сульфатизации, обжигоселенидного и др. Методы извлечения из сернокислотных шламов и полупродуктов свинцово-цинкового производства. Получение чистых селена и теллура. РРЭ VII группы периодической системы. Metallургия рения. Источники сырья. Особенности геохимии рения. Поведение при обогащении и металлургической переработке сульфидного сырья. Технология производства рения. Методы концентрирования рения из

растворов: сорбция, экстракция, осаждение малорастворимых соединений. Извлечение рения из промывной серной кислоты и полупродуктов молибденового производства. Восстановление перрената аммония водородом. Переработка вторичного сырья. 6.4. Легкие редкие металлы. Легкие редкие металлы (литий, рубидий, цезий, бериллий). Общая характеристика группы. Место легких редких металлов в периодической системе. Сравнительная характеристика их основных свойств. Области применения. Объемы производства. Легкие редкие металлы I группы периодической системы (литий, рубидий, цезий). Исходное сырье. Распространенность в земной коре. Особенности геохимии лития, рубидия и цезия. Минералы и руды. Обогащение литиевых руд. Обогащение рубидиевых и цезиевых руд. Комплексное сырье, содержащее щелочные редкие металлы. Поведение этих металлов при переработке комплексного сырья и продукты их концентрирования. Рапа озер и морей, минеральные воды, морская вода – крупнейший источник редких щелочных металлов. Металлургия лития. Вскрытие литиевых руд и концентратов. Методы спекания со щелочными реагентами и сульфатами, кислотного разложения, хлорирования. Очистка растворов от примесей. Методы выделения лития из растворов. Осаждение малорастворимых соединений, экстракция. Примеры технологических схем производства лития. Производство металлического лития. Методы металлотермии и электролиза расплавленных солей. Прямое получение лития из сподуменовых концентратов. Рафинирование черного лития. Металлургия рубидия и цезия. Переработка поллуцитовых концентратов. Очистка растворов от примесей. Методы выделения цезия. Попутное извлечение цезия из сложного комплексного сырья. Извлечение рубидия и цезия при переработке лепидолита и других алюмосиликатов. Попутное концентрирование рубидия при переработке нефелиновых концентратов. Перспективы извлечения этих элементов из рапы. Производство металлических рубидия и цезия. Электролитические методы. Прямое получение цезия из поллуцитовых концентратов. Металлургия бериллия. Исходное сырье, распространенность в земной коре, особенности

геохимии бериллия. Минералы и руды. Обогащение руд. Переработка бериллиевых руд и концентратов. Методы вскрытия концентратов: спекание, термическая декриптация с последующей сульфатизацией, прямая сульфатизация берtrandитовых руд, методы хлорирования и получения фторбериллатов. Очистка растворов от примесей. Методы выделения бериллия из растворов. Очистка гидроксида бериллия. Получение металлического бериллия методами металлотермии и электролиза расплавленных сред. Рафинирование бериллия. Техника безопасности при работе с легкими редкими металлами и их соединениями.

Радиоактивные и редкоземельные редкие металлы. Радиоактивные и редкоземельные редкие металлы (уран, радий, торий, лантан и лантаноиды, иттрий и скандий). Общая характеристика группы. Место этих элементов в периодической системе. Общность сырья и технологии производства. Металлургия урана и радия. Исходное сырье, распространенность в земной коре. Основные черты геохимии урана и радия. Минералы и руды. Технология производства урана и радия. Методы вскрытия урановых руд. Выбор растворителя, роль окислителя. Кислотное и карбонатное выщелачивание. Поведение радия при выщелачивании урановых руд. Методы извлечения урана из пульп и растворов: сорбция, экстракция, осаждение малорастворимых соединений. Перспектива извлечения урана из морской воды. Методы очистки соединений урана. Производство металлического урана. Извлечение радия из отходов уранового производства. Металлургия тория и редкоземельных элементов. Исходное сырье. Распространенность в земной коре. Основные черты геохимии тория и РЗЭ. Минералы, руды и их обогащение. Технология производства. Методы вскрытия концентратов: сульфатизация, хлорирование, спекание со щелочами. Групповое выделение РЗЭ из растворов и их отделение от тория. Принципы методов разделения РЗЭ: изменение степени окисления, экстракция, хроматография. Получение мишметалла и индивидуальных редких земель. Технология производства тория. Контуры технологии иттрия и скандия. Техника безопасности при работе с радиоактивными элементами.

Физиологическое действие облучения. Внешнее и внутреннее облучение. Характеристика излучений природных радиоактивных элементов. Методы защиты от радиоактивных излучений.

Основы критического анализа технологических схем. Понятие о научной классификации технологических задач. Тройная неопределенность технологических задач и методы ее раскрытия. Анализ технологических задач первого и высших диапазонов. Абсолютные критерии оценки технологических схем и их применение при анализе существующих и создании моделей идеальных технологических схем. Расчет числа минимальных стадий. Понятие об эксергии. Расчет минимальных энергетических затрат. Экологический критерий – минимальная диссипация энергии и вещества. Разработка методов предупреждения техногенного рассеяния микрокомпонентов – редких элементов и благородных металлов – в рамках действующих технологических схем за счет изыскания внутренних ресурсов (“технологии без технологии”). Примеры. Принципы разработки моделей идеальных технологических схем на примере технологии производства тугоплавких редких металлов.

**3.7. По металлургии лёгких металлов.** Классификация легких металлов. Значение легких металлов в современной технике. Производство глинозема. Сырьевая база алюминиевой промышленности. Основы геохимии алюминия, важнейшие минералы алюминия. Алюминиевые руды, их месторождения в РФ и других странах. Требования к алюминиевому сырью для производства глинозема. Требования к качеству глинозема. Глинозем как исходный материал для электролитического получения алюминия. Требования к химическому составу глинозема и его физическим свойствам. Классификация металлургического глинозема. Неметаллургический глинозем и области его применения. Стандарты на глинозем. Способ Байера. Общая аппаратурно-технологическая схема. Теоретические основы процесса Байера. Алюминатные растворы, их структура и свойства. Система  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ . Технология способа Байера. Подготовка сырья. Выщелачивание различных бокситов. Автоклавная установка непрерывного выщелачивания. Сгущение и промывка



красного шлама. Интенсификация сгущения на основе флокулянтов. Декомпозиция алюминатных растворов. Теория и технология получения крупнозернистого глинозема. Непрерывная батарея декомпозеров. Выпаривание оборотных щелочных растворов. Каустификация промывных вод. Цикл Байера в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ . Кальцинация гидроксида алюминия во вращающихся печах и КС. Основные пути усовершенствования способа Байера. Выщелачивание боксита при высоких температурах, разработка и применение эффективного высокопроизводительного оборудования. Попутное извлечение галлия и ванадия. Проблема комплексного использования красных шламов. Анализ технико-экономических показателей производства глинозема по способу Байера в РФ и за рубежом. Проблемы ресурсосбережения. Способ спекания бокситовых шихт. Физико-химические основы способа. Общая аппаратурно-технологическая схема. Пути усовершенствования процесса спекания на основе использования новых печных агрегатов. Выщелачивание спека в плотном слое (вертикальные аппараты), агитационный и перколяционный методы. Аппаратурно-технологические схемы переработки алюминатных растворов. Физико-химические основы обескремнивания. Технология обескремнивания. Карбонизация алюминатных растворов. Техничко-экономический анализ производства глинозема из высококремнистых бокситов по способу спекания.

Металлургия алюминия. Общая схема производства алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов. Производство фтористых солей. Технологическая схема производства криолита и других фтористых солей кислотным методом. Сухой способ производства фтористых солей по способу Пешине. Техничко-экономические показатели производства фторсолей. Производство электродов. Виды электродных изделий. Производство анодной массы. Технология обожженных анодов, технология «сухой» массы. Производство графитированных электродов. Теоретические основы электролиза алюминия. Физико-химические свойства электролита. Системы: криолит – глинозем, фтористый алюминий – фтористый натрий. Растворимость

глинозема в электролите. Напряжение разложения компонентов электролита. Механизм электролиза. Анодный эффект. Выход по току и по энергии. Влияние различных факторов на выход по току и по энергии. Конструкция алюминиевых электролизеров. Классификация электролизеров по анодному устройству, мощности, подводу тока. Основные конструктивные элементы ванны. Монтаж и демонтаж ванны. Совершенствование конструкции ванн. Технология электролиза алюминия. Баланс напряжения, тепловой баланс алюминиевой ванны. Цех электролиза алюминия. Основные технологические операции и параметры процесса электролиза. АСУТП «Электролиз». Газоочистные системы, проблемы защиты окружающей среды. Техника безопасности при электролизе алюминия. Проблемы ресурсосбережения. Защита окружающей среды. Рафинирование алюминия. Свойства алюминия высокой чистоты и области применения. Принцип рафинирования. Электродные процессы при рафинировании.

Металлургия магния. Свойства магния и его сплавов. Технологические схемы подготовки сырья для получения магния электролизом. Общая характеристика схем. Теоретические основы электролиза магния. Физико-химические свойства электролита магниевой ванны. Напряжение разложения компонента электролита. Катодные процессы. Анодные процессы. Технология электролиза магния. Рафинирование магния. Техничко-экономические показатели производства магния электролизом хлоридов. Техника безопасности.

### **III. Рекомендованный библиографический список**

#### **к разделу 1**

##### ***Основная литература:***

1. Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник. СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. Электронное издание.

2. Борисова Л.Г. Методы исследования материалов и процессов: методические указания для самостоятельной работы. СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2016. 63с.

3. Гуляев А.П. Металловедение / А.П. Гуляев, А.А. Гуляев. – М.: Альянс, 2012.

4. Борисова Л.Г. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей: методические указания для самостоятельной работы. СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. 77 с.

5. Годлевская Е.В., Соловьев Н.М. Материаловедение и технология металлов: учебное пособие в 2-х ч., Челябинск: ЧГАА (ЧГАУ), 2012.

6. Нанотехнологии и специальные материалы: учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев [и др.] ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб.: Химиздат, 2009. - 334с.

*Дополнительная литература:*

7. Материаловедение / под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

8. Лахтин Ю.М. Материаловедение /Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 2009.

9. Пейсахов А.М., Кучер А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник. – Изд. 3-е, СПб.: Изд-во Михайлова В. А., 2005.

10. Солнцев Ю.П. Специальные материалы в машиностроении /Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин, В.Ю. Пирайнен. – СПб.: Химиздат, 2004.

11. Технология конструкционных материалов: учебник для машиностроительных специальностей вузов /А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова и др.; под общ. ред. А. М. Дальского, М.: Машиностроение, 1985.

12. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. / Г.П. Фетисов, М.Г.

Карпман, В.М. Матюнин и др.; под ред. Г.П. Фетисова – Изд. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2005.

## к разделу 2

### ***Основная литература:***

1. Дональд А. Норман. Дизайн привычных вещей. М.: Издательство «Манн, Иванов и Фербер», 2013.

2. Нижибицкий О.Н. Художественная обработка материалов. Учеб. пособие. СПб.: Политехника, 2016. 208 с.

3. Крейн В. Сокольникова Н., История стилей в искусстве: учебное пособие. М.: Гардарики, 2009. 395 с.

4. Пирайнен, В.Ю. Материаловедение художественной обработки: Учеб. для вузов. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. 480 с.

5. Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник. СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». 2014. Электронное издание.

### **Дополнительная литература**

1. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела. 13-е. изд., доп. СПб.: «Соло», 2008. 528 с.

2. Гутов, Л.А. Справочник по художественной обработке металлов /Л.А. Гутов, М.К. Никитин. СПб.: Политехника, 2007. 436с.

3. Ковалева, Л.А. Материалы ювелирной техники: Учеб. для вузов / Л.А. Ковалева, С.Н. Крайнов, В.И. Куманин. М.: Изд-во МГАПИ, 2009. 128 с.

4. Соколова, М.Л. Металлы в дизайне. М.: МИСИС, 2007. 176 с.

5. Урвачев, В.П. Ювелирное и художественное литье по выплавляемым моделям сплавов меди / В.П. Урвачев, В.В. Кочетков, Н.Б. Гарина. Челябинск: Metallurgy, Челябинское отделение, 2009. 168 с.

6. Флеров, А.В. Материаловедение и технология художественной обработки металлов: Учебник. М.: Изд-во В. Шевчук, 2009. 288 с.

7. Мамзурина, О.И. Ювелирное дело: Ювелирные камни [электронный ресурс] : учеб. пособие – электрон. дан. – Москва : МИСИС, 2010. <https://e/lanbook.com/book/2064>.

8. Мартиосова, Л.В. Художественные эмали : учеб. Пособие. – Екатеринбург : ГОУВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2009. – 146 с.

### к разделу 3

#### *Основная литература:*

1. Орлов А.К. Основы печных технологий. Методич указания. СПб.: СПГГИ, 2007.

2. Процессы и аппараты цветной металлургии, учебник для вузов под редакцией проф. С.С. Набойченко. Екатеринбург, УГТУ, 1998. 26

3. Грейвер Т.Н. Основы методов постановки и решения технологических задач. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 1999.

4. Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Дрошкевич А.П. и др. Процессы и аппараты цветной металлургии. Екатеринбург: УГТУ, 1997. 565 с.

5. Коротич В.И., Набойченко С.С., Сотников А.М. и др. Начала металлургии. Екатеринбург: УГТУ, 2000. 392 с.

6. Набойченко С.С., Шнеерсон Я.М., Чугаев Л.В., Ни Л.П. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов. Екатеринбург: УГТУ, 2002. 939 с.

7. Резник И.Д., Ермаков Г.П., Шнеерсон Я.М. Никель. Т.1,2,3. М., ООО «Наука и технология», 2001.

8. Котляр Ю.А., Меретуков А.М. Металлургия благородных металлов. М.: МИСиС, 2002.

9. Металлургия редких и рассеянных элементов. М.: РАЕН, отделение металлургии. Серия: Фундаментальные проблемы цветной металлургии на пороге XXI века. Т.III, 1999.

10. Процессы и аппараты цветной металлургии. Учебник для вузов. Екатеринбург: УГТУ, 1997.

11. Грейвер Т.Н. Основы методов постановки и решения технологических задач. М: Издательский дом «Руда и металлы», 1999.

12. Сизяков В.М. Современное состояние и проблемы развития алюминиевой промышленности России. СПб., Записки Горного института. Т.165. 2005.

13. Сизяков В.М. Состояние, проблемы и перспективы развития способа комплексной переработки нефелинов. СПб., Записки Горного института. Т.169. 2005.

14. Александровский С.В., Сизяков В.М., Гопиенко В.Г. и др. Получение дисперсных порошков титана, циркония и скандия и синтез их тугоплавких наносоединений металлотермическим восстановлением хлоридов. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006. 243 с.

15. Сизяков В.М., Бричкин В.Н. Процессы массовой кристаллизации из растворов в производстве глинозема. СПб.: СПГГИ, 2005.

16. Сизяков В.М., Бричкин В.Н. Металлургия легких металлов. Производство глинозема. СПб.: СПГГИ, 2003.

17. Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Дорошкевич А.П. и др. Процессы и аппараты цветной металлургии. Екатеринбург, Изд-во УГТУ, 1997, с.656.

***Дополнительная литература:***

1. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Теория пирометаллургических процессов. М.: Металлургия. 1993.

2. Борисоглебский Ю.В. и др. Теория и технология электрометаллургических процессов. Лабораторный практикум. М.: Металлургия, 1994.

3. Левин А.И. Электрохимия цветных металлов. М.: Металлургия, 1982.

4. Левин А.И., Полюсов А.В. Лабораторный практикум по теоретической электрохимии. М.: Металлургия, 1979.

5. Флеров В.Н. Сборник задач по прикладной электрохимии. М.: ВШ, 1987.

6. Процессы и аппараты химической технологии /Основы инженерной химии/. Учебник для вузов под редакцией проф. Н.Н.Смирнова. СПб: Химия, 1996.
7. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексное использование медного и никелевого сырья. М.: Metallurgy, 1989, с.432.
8. Набойченко С.С., Смирнов В.И. Гидрометаллургия меди. М.: Metallurgy, 1974, с.272.
9. Баймаков Ю.В. Журин А.И. Электролиз в гидрометаллургии. М.: Metallurgy, 1980, с.336.
10. Орлов А.К. Конвертирование медных штейнов. Огневое и электролитическое рафинирование меди. Гидрометаллургия меди. Л.: РИО ЛГИ, 1978, с.100.
11. Худяков И.Ф., Тихонов А.И., Деев В.И., Набойченко С.С.. Metallurgy меди, никеля и кобальта М.: Metallurgy, 1977, ч.1, с.266, ч.2, с.264.
12. Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Metallurgy свинца и цинка. Учебное пособие для вузов. М.: Metallurgy, 1985, с.263.
13. Пискунов И.Н., Смирнов Ю.М. Пирометаллургия цинка. Учебное пособие. Л.: РИО ЛГИ, 1978, с.83.
14. Смирнов Ю.М. Гидрометаллургия цинка. Учебное пособие. Л.: РИО ЛГИ, 1978, с.96.
15. Пискунов И.Н., Орлов А.К. Metallurgy свинца. Универсальный процесс. Л.: РИО ЛГИ, 1978, с.94.
16. Пискунов И.Н., Орлов А.К. Выплавка свинца реакционным способом, рафинирование черного свинца и переработка полупродуктов. Л.: РИО ЛГИ, 1979, с.100.
17. Орлов А.К., Смирнов Ю.М. Комплексное использование рудного сырья в металлургии тяжелых металлов. Л.: РИО ЛГИ, 1984, с.70.

18. *Металлургия благородных металлов: Учебник для вузов* – Масленицкий И.Н., Чугаев Л.В., Борбат В.Ф. и др. Под редакцией Чугаева Л.В. –М.: *Металлургия*, 1987. 432 с.

19. Меретуков М.А., Орлов А.М. *Металлургия благородных металлов (зарубежный опыт)*. М.: *Металлургия*, 1991. 416 с.

20. Журналы «Цветные металлы», «Известия вузов», серия «Цветная металлургия», реферативный журнал «Металлургия» за последние 5 лет.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

#### ***Библиотеки:***

1. Библиотека Национального минерально-сырьевого университета «Горный» <http://www.spmi.ru/univer/biblio/resources>.

2. Российская государственная библиотека [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru).

3. Российская национальная библиотека [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru).

4. Библиотека Академии наук [www.ras.ru](http://www.ras.ru).

5. Библиотека по естественным наукам РАН [www.benran.ru](http://www.benran.ru).

6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru).

7. Государственная публичная научно-техническая библиотека [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru).

8. Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета [www.geology.ru/library/](http://www.geology.ru/library/)

9. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).

#### ***Специальные интернет-сайты:***

10. Библиотека стандартов ГОСТ Р [сайт] URL <http://www.gost.ru>.

11. Библиотека изобретений, патентов, товарных знаков РФ [сайт] URL: <http://www.fips.ru>.

12. Полнотекстовые базы данных, библиотека СПГИ URL: <http://kodeks.spmi.edu.ru:3000>.



13. Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана  
<http://www.bmstu.ru/>.

14. Черная металлургия <http://emchezgia.ru>.

15. Металлургический классификатор <http://www.metalweb.ru>.