

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Директор института высоких технологий

 Е.А. Анциферов

 2026 г.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 В.В. Смирнов

« 16 » января 2026 г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания

по специальной дисциплине

**для поступающих на обучение по образовательным программам
высшего образования – программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ИРНИТУ**

Научная специальность:

2.6.2. Metallurgy of black, colored and rare metals

Раздел № 1. Теория металлургических процессов

Тема 1. Теория пирометаллургических процессов

Жидкое состояние как промежуточное между твердым и газообразным. Теории строения шлаков. Химические и физические свойства шлаков. Общее понятие о твердофазных процессах и их роли в металлургических технологиях. Основы теории спекания. Основные механизмы твердофазного спекания.

Структура и свойства оксидов черных, цветных и редких металлов. Термодинамика восстановления оксидов. Особенности восстановления монооксидом углерода, водородом и твердым углеродом.

Вязкость жидких металлов и сплавов.

Очистка металлов ректификацией. Кристаллизационные методы очистки металлов.

Основные типы диаграмм в бинарных системах. Простейшие типы диаграмм тройных систем.

Физико-химические свойства расплавленных солей.

Тема 2 Теория гидрометаллургических процессов

Оценка термодинамической вероятности протекания процессов выщелачивания.

Кинетика и механизм процессов выщелачивания.

Общая характеристика процессов ионного обмена.

Классификация методов осаждения. Факторы, влияющие на растворимость труднорастворимых соединений.

Области применения кристаллизации в гидрометаллургии.

Понятие о выделении металлов цементацией.

Термодинамические, кинетические процессы и механизм цементации. Побочные процессы при цементации.

Тема 3 Теория электрометаллургических процессов

Теория строения двойного электрического слоя. Классификация электродов. Электродные потенциалы, ряд напряжений металлов. Кинетика электродных процессов.

Катодные и анодные процессы, основные законы электролиза.

Растворимость в расплавленных солях металлов и газов. Катодный выход по току и потери металла. Выход по току при совместном разряде ионов на катоде. Анодный эффект, сущность и механизм возникновения.

Основная литература

1. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов: учебное пособие для вузов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 464 с.

2. Теория металлургических процессов: учебник для вузов / Г.Г. Минеев [и др.]. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. – 524 с.
3. Жучков И.А. Основы теории электрометаллургических процессов: учеб. пособие. – Иркутск: ИрГТУ, 2000. – 107 с.
4. Леонов С.Б., Минеев Г.Г., Жучков И.А. Гидрометаллургия: учебник. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 1998. – ч. I. – 703 с. – ч. II. – 491 с.

Дополнительная литература

5. Кузьмина М.Ю. Электрохимия расплавленных солей : учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 84 с.
6. Немыкина О.В. Основы теоретической электрохимии : учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 144 с.
7. Клёц В.Э., Немчинова Н.В., Кокорин В.С. Основы пирометаллургических производств: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. 144 с.
8. Белоусова О.В. Основы гидрометаллургических производств: курс лекций [электронный ресурс]. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008.

Раздел № 2. Технология металлов

Тема 1. Металлургия тяжелых цветных металлов

Общие принципы извлечения меди, никеля, свинца, цинка из руд и концентратов.

Плавка на штейн. Виды плавок.

Автогенные процессы в металлургии меди.

Конвертирование штейнов.

Огневое и электролитическое рафинирование меди.

Способы подготовки окисленных никелевых руд к плавке в шахтных печах. Конвертирование никелевых штейнов.

Особенности конвертирования медно-никелевых штейнов.

Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов. Восстановительная плавка свинцового агломерата. Рафинирование черного свинца и переработка полупродуктов.

Сравнение эффективности пиро- и гидрометаллургического методов получения цинка. Обжиг цинковых концентратов.

Гидрометаллургия цинка. Выщелачивание цинковых огарков и очистка растворов от примесей. Теоретические основы этих процессов. Электроосаждение цинка.

Тема 2 Металлургия легких металлов

Теория и технология получения безводного хлористого магния и бишофита. Конструкция электролизеров. Техничко-экономические показатели электролиза.

Переработка бокситов гидрохимическим способом. Основная реакция Байера. Строение алюминатных растворов. Принципиальная технологическая схема способа Байера.

Получение глинозема способом спекания из бокситов и нефелинов.

Производство фтористых солей и электродов. Производство криолита кислотным способом. Производство электродов: исходные материалы, прессование, обжиг «зеленых» электродов, графитирование.

Теория электролиза криолитоглиноземных расплавов. Свойства и строение электролитов и термодинамика основных реакций на электродах. Механизм катодного процесса, катодный выход по току. Анодный процесс.

Технология электролитического получения алюминия. Описание конструкции электролизеров и сравнение их технических данных.

Технология производства анодной массы и обожженных анодов. Электролитическое рафинирование алюминия. Новые направления в получении алюминия. Металлургия вторичного алюминия.

Тема 3 Металлургия благородных металлов

Современное состояние и основные этапы развития производства золота, серебра и металлов платиновой группы. Теоретические основы и технология процесса цианирования. Термодинамика и кинетика процесса осаждения золота и серебра из цианистых растворов цинком и алюминием. Виды сорбентов.

Аффинаж золота, серебра и металлов платиновой группы.

Тема 4 Металлургия редких металлов

Вольфрам и молибден. Схемы комплексной переработки вольфрам-молибденовых концентратов.

Тантал и ниобий. Обзор и сопоставление способов разложения рудных концентратов различного типа (танталит-колумбит, лопарит, пирохлор).

Титан, цирконий и гафний. Основы современной технологии производства четыреххлористого титана. Обзор и сопоставление способов получения искусственного рутила из ильменитовых концентратов.

Физико-химические основы способов вскрытия циркониевых концентратов.

Электролитическое рафинирование титана. Основы йодидного способа рафинирования титана и циркония.

Общая характеристика рассеянных редких металлов, источников их получения.

Основы процессов получения редкоземельных металлов высокой чистоты.

Основы и аппаратура процессов выщелачивания урана из рудного сырья для их осуществления.

Бериллий. Физико-химические основы технологии переработки бериллиевых концентратов по сульфатной и фторидной схемам.

Литий. Основы технологии производства соединений лития из литиевых концентратов (сподумена, лепидолита).

Основная литература

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: учебник для вузов по направлению «Металлургия». – М.: Академкнига, 2005.

– 764 С.

2. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич и др. – Екатеринбург: УПИ, 1997. – 655 с.

3. Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка: учеб. пособие. – М.: Металлургия, 1985. – 263 с.

4. Электрометаллургия алюминия / И.С. Гринберг, В.Г. Терентьев, В.И. Чалых [и др.]. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 350 с.

5. Москвитин В.И., Николаев И.В., Фомин Б.А. Металлургия легких металлов: учебник для вузов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 413 с.

6. Гринберг И.С. Технология самообжигающихся анодов алюминиевых электролизеров: учеб. пособие. – Иркутск: ИрГТУ, 1996. – 107 с.

7. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991. – 342-391 с.

8. Жучков И.А. Извлечение золота из упорных золотосодержащих руд: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 88 с.

9. Жучков И.А. Основы производства и обработки металлов: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 147 с.

10. Седых В.И., Жучков И.А. Металлургия серебра в России: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. 149 с.

Дополнительная литература

1. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Оборудование промышленных предприятий. – М.: Теплотехник, 2010. Т.1. «Развитие цветной металлургии», «Тяжелые цветные металлы». – 720 С.

2. Рафинирование меди: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Под ред. проф. В.П. Жукова. – Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 368 с.

3. Леонов С.Б., Минеев Г.Г., Жучков И.А. Гидрометаллургия: учебник. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 1998. – ч. I. – 703 с. – ч. II. – 491 с.

4. Самохвалов В.Г. Металлургические электропечи: учеб. пособие. М.: Теплотехник, 2009. – 304 с.

5. Анфилогова Л.А., Бельский С.С. Металлургия редких металлов: конспект лекций [электронный ресурс]. Иркутск, 2010.

6. Седых В.И., Белоусова О.В. Металлургия легких металлов: курс лекций [электронный ресурс]. Иркутск, 2008.

8. Анфилогова Л.А. Химия редкоземельных элементов: конспект лекций. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. 40 с.

9. Минеев Г.Г. Биотехнология цветных металлов: конспект лекций [электронный вариант]. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008.

Составитель:

Немчинова Н.В., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов