

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

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«МЕТАЛЛУРГИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 16.05.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 16.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Металлургия тяжелых цветных металлов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-5 Способность осуществлять, анализировать и корректировать технологические процессы получения металлов	ПКС-5.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-5.6	Демонстрирует способность осуществлять и корректировать технологические процессы переработки руд тяжелых цветных металлов (содержащих медь, никель, свинец, цинк)	Знать основные параметры, оказывающих влияние на эффективность металлургических процессов (переработки руд тяжелых цветных металлов) и диапазоны их оптимальных значений; основные причины нарушений работы технологических процессов в металлургии; способы регулирования осуществлением металлургическим процессом; Уметь применять полученные знания об условиях протекания технологических процессов переработки руд тяжелых цветных металлов для обеспечения правильного ведения технологического процесса; Владеть навыками корректировки технологических процессов получения тяжелых цветных металлов в случаях нарушения технологии производства

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Металлургия тяжелых цветных металлов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия», «Математика», «Аналитическая и физическая химия», «Металлургическая теплотехника», «Теория пирометаллургических процессов», «Теория гидрометаллургических процессов», «Теория электрометаллургических процессов», «Металлургические технологии», «Обогащение руд цветных металлов», «Оборудование металлургического производства и защита металлов от коррозии», «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик:
«Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 6 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 4	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины	216	36	180
Аудиторные занятия, в том числе:	26	2	24
лекции	8	2	6
лабораторные работы	8	0	8
практические/семинарские занятия	10	0	10
Контактная работа, в том числе	0	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	186	34	152
Трудоемкость промежуточной аттестации	4	0	4
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Зачет с оценкой		Зачет с оценкой

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Общие вопросы металлургии тяжелых цветных металлов	1	2					1, 2	34	Контрольн ая работа
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Металлургия меди и никеля	1, 2	4	1	2	1, 2	6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	86	Тест
2	Металлургия свинца и цинка	3	2	2, 3	6	3, 4	4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	66	Отчет по лаборатор ной работе
	Промежуточная аттестация								4	Зачет с оценкой
	Всего		6		8		10		156	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие вопросы металлургии тяжелых цветных металлов	К тяжелым цветным металлам относятся металлы с плотностью 7-11 г/см ³ – свинец, цинк, медь, никель, олово. Они являются наиболее массовыми по объемам производства металлами в мире. Сырьем для получения меди служат руды, продукты их обогащения – концентраты, а также амортизационный лом и отходы (вторичное сырье). Медные руды всегда полиметаллические. Ценными спутниками являются около 30 элементов. Никелевые заводы перерабатывают два типа руд: окисленные никелевые (ОНР) и сульфидные медно-никелевые. Вторичное сырье. Топливо (в металлургии стремятся использовать качественное топливо с высокой теплотворной способностью и низким содержанием золы: природный газ, мазут, кокс), огнеупорные материалы (классифицируют по огнеупорности, химико-минералогическому составу, химической стойкости), флюсы (используют, как правило, кварц, известняк, железную руду). Тяжелые цветные металлы получают пиро- и гидрометаллургическими способами.

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Металлургия меди и никеля	Разделы: Принципы и методы получения тяжелых цветных металлов. Физические и химические свойства меди и никеля. Области применения меди и никеля. Пирометаллургия сульфидных медных, медно-никелевых руд и концентратов, окисленных никелевых руд. Конвертирование медных, никелевых и медно-никелевых штейнов.

		Переработка никелевых и медно-никелевых фальштейнов. Рафинирование меди. Гидрометаллургия меди и никеля Медь - элемент I группы Периодической системы элементов; порядковый номер 29; атомная масса - 63,546; плотность - 8,92 г/см³; tпл = 1083°C; tкип = 2595°C. Медь обладает высокой тепло- и электропроводностью и легко подвергается пластической обработке. Никель – металл подгруппы железа. Устойчивая его валентность равна 2. Обладает высокой прочностью и пластичностью.. В химическом отношении малоактивен. tпл = 1455°C, tкип = 2900°C. Для всех медных и никелевых предприятий характерны многоступенчатые технологические схемы. В каждой из последовательно проводимых технологических операций постепенно повышают концентрацию меди в основном металлсодержащем продукте за счет отделения пустой породы и сопутствующих элементов, главным образом железа и серы. В гидрометаллургии никеля наибольшее применение имеют автоклавы и другие аппараты с интенсивным массообменом. Наиболее распространенный и дешевый реагент для выщелачивания медных руд – растворы серной кислоты.
2	Металлургия свинца и цинка	Разделы: Свойства, сырьевая база, производство и применение цинка. Пирометаллургические способы получения цинка. Обжиг цинковых концентратов. Выщелачивание цинкового огарка и очистка раствора от примесей. Электролиз раствора сульфата цинка. Свойства, сырьевая база, производство и применение свинца. Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов. Способы получения свинца. Рафинирование чернового свинца. Цинк – элемент II группы, атомный номер 30, атомная масса 65,38, валентность - 2. плотность Zn = 7,14 г/см³; tпл = 419,4°C, tкип = 906°C. Цинк – сильно летучий металл. Стандартный электродный потенциал цинка = - 0,763 В. Различают сульфидные и окисленные цинксодержащие руды. Zn получают пиро- и гидрометаллургическими способами (последний основной, заключающийся в обжиге сульфидных цинковых концентратов, выщелачивании огарка серной кислотой и выделением катодного цинка из очищенного от примесей раствора сульфата цинка). Свинец – элемент IV группы, атомный номер 82, атомная масса 207,19, валентность 2 или 4. tпл свинца

		327,4°С, ткип - 1745°С, плотность свинца - 11,336 г/см ³ . В химическом отношении свинец достаточно инертен. Основной способ получения свинца – пирометаллургический (агломерирующий обжиг и восстановительная плавка) с получением чернового свинца, который затем рафинируют с получением ценных промпродуктов и очищенного металла.
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Окислительный обжиг сульфидных медных концентратов	2
2	Электролитическое осаждение цинка из сернокислых растворов	2
3	Восстановительная плавка свинцового агломерата	4

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Материальный баланс плавки сульфидного медного концентрата на подогретом воздушном дутье	4
2	Расчет теплового баланса обжига никелевого фэйнштейна	2
3	Расчет рационального состава сульфидного свинцового концентрата	2
4	Выбор типа шлака и расчёт количества флюсов при агломерирующем обжиге свинцовых концентратов	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	10
2	Проработка разделов теоретического материала	24

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
---	---------	----------------------------

1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
2	Подготовка к зачёту	9
3	Подготовка к практическим занятиям	10
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	8
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	4
6	Проработка разделов теоретического материала	99
7	Решение специальных задач	4
8	Тест (СРС)	6
9	Тестирование по разделам дисциплин	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: тренинг

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Металлургия тяжелых цветных металлов: метод. указания к практическим занятиям /сост. Н.В. Немчинова, С.С. Бельский. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 52 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Металлургия тяжелых цветных металлов : метод. указания по выполнению лабор. работ. /сост. Н.В. Немчинова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. – 49 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Металлургия тяжелых цветных металлов : метод. указания по самостоятельной работе студентов / сост. Н.В. Немчинова, А.В. Аксенов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. – 16 с.
Металлургия тяжелых цветных металлов : метод. указания по самостоятельной работе студентов заочной формы обучения / сост. Н.В. Немчинова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 15 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 учебный год 4 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Обучающиеся самостоятельно выполняют контрольную работу, которую сдают в начале сессии на 5-ом курсе.

Контрольная работа состоит из 2-х частей (по вариантам согласно порядковому номеру в списке группы):

1 часть – 2 теоретических вопроса .

2 часть - решение 2-х задач.

Ниже приведены теоретические вопросы по двум разделам дисциплины (согласно варианту, соответствующему порядковому номеру в списке группы).

Теоретические вопросы

1. По разделу «Металлургия меди и никеля»:

- 1 Области применения меди, наиболее распространенные сплавы меди. Типы медных руд.
- 2 Цель окислительного обжига медных концентратов. Типы печей для обжига.
- 3 Характеристика отражательной плавки медных концентратов.
- 4 Характеристика автогенных процессов для плавки медных и никелевых концентратов.
- 5 Разновидности шахтной плавки медных и никелевых руд.
- 6 Цели процесса конвертирования медных и никелевых штейнов.
- 7 Принципы огневого рафинирования меди. Электролитическое рафинирование меди.
- 8 Наиболее распространенные сплавы с никелем, их свойства. Составы окисленных никелевых и сульфидных медно-никелевых руд.
- 9 Гидрометаллургические схемы переработки различных никелевых руд.
- 10 Особенности электролитического рафинирования никеля.

2. По разделу «Металлургия свинца и цинка»:

- 1 Химизм процесса агломерирующего обжига и требования к агломерату.
- 2 Основные свойства свинца и области его применения. Типы свинцовых руд.
- 3 Конструктивные особенности агломерационных машин (с прососом, с дутьем).
- 4 Назначение процесса восстановительной плавки свинцового агломерата. Устройство шахтной печи.
- 5 Принципиальная технологическая схема пирометаллургического рафинирования чернового свинца.
- 6 Основные физико-химические свойства цинка и его соединений. Применение цинка.
- 7 Цель обжига цинковых концентратов для пиро- и гидрометаллургических способов производства цинка.
- 8 Выщелачивание цинкового огарка, аппаратное оформление процесса.
- 9 Очистка раствора сульфата цинка от примесей.
- 10 Электроосаждение цинка, анодный и катодный процессы. Материалы анода и катода.

3. Решение задачи по разделу "Металлургия меди и никеля" - по вариантам.

4. Решение задачи по разделу "Металлургия свинца и цинка" - по вариантам.

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия теоретических вопросов. Правильность решения задач. Оформление в соответствии с СТО.005-2020

6.1.2 учебный год 5 | Тест

Описание процедуры.

При подготовке к тестированию по подразделу «Рафинирование меди» самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и прочитать конспект лекционного материала.

Критерии оценивания.

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50%.

6.1.3 учебный год 5 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.

1. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.
2. К началу занятий должна быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо необходимые расчётные формулы, подготовить таблицы для наблюдений.
3. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Допускается оформление одного отчета на подгруппу обучающихся, выполнявших лабораторную работу. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ и требованиями СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».

Критерии оценивания.

Критерии оценки:

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой лабораторной работе в методических указаниях, и вопросов методики, связанной с выполнением работы

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-5.6	Демонстрирует способность осуществлять и корректировать технологические процессы переработки руд тяжелых цветных металлов (содержащих медь, никель,	Тестирование и устное собеседование по вопросам к дифференцирован

	свинец, цинк) на основе знаний основных принципов получения тяжелых цветных металлов, параметров технологических процессов и производственных показателей	ному зачету
--	---	-------------

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет по курсу состоит из 2-х частей.

1 часть - подраздел «Рафинирование меди» обучающийся сдает в виде теста.

2 часть – устное собеседование по одному из теоретических вопросов, вынесенных на зачет с оценкой.

Пример задания:

Пример теста :

Вариант

1. Найти неточность при описании процесса огневого рафинирования меди:

А) В результате огневого рафинирования содержание меди в анодах повышается до 99,96-99,98 %.

Б) Огневому рафинированию подвергают расплавленную медь.

В) Процессы окисления меди ведут при 1150-1170°C.

Г) Для огневого рафинирования черновой меди в основном применяют стационарные отражательные печи, наклоняющиеся печи конвертерного типа и вращающиеся печи барабанного типа.

2. Какова продолжительность огневого рафинирования меди:

А) 1-2 ч; Б) от 12 до 32 ч; В) 1,5-2 сут; Г) 9-10 ч.

3. Выберите материал, который не используют в качестве восстановителя Cu_2O при осуществлении дразнения на ковкость:

А) водород; Б) твердый углерод; В) каменный уголь; Г) угарный газ.

4. Правильно выберите слово (из предлагаемых в скобках) в следующей фразе: «В ряду элементов, входящих в состав черновой меди, сродство к кислороду при температурах процесса ... (убывает/возрастает) в направлении от алюминия к золоту».

5. Назовите продукт, в который при электролитическом рафинировании меди переходят примеси золота и серебра ...

А) шлам; Б) электролит; В) катодный металл.

6. Найдите лишний материал, из которого изготавливают тонкие катодные основы для электролитического рафинирования Cu :

А) электролитная медь; Б) титан; В) нержавеющая сталь; Г) свинец.

7. Какой из элементов, являясь более электроотрицательным элементом по сравнению с медью, при рафинировании не переходит в электролит, а осаждается в шлам:

А) железо; Б) цинк; В) никель.

2. Перечень вопросов к дифференцированному зачету:

1. Способы получения меди из сульфидных руд: показатели процесса, обосновать выбор той или иной технологической схемы.
2. Способы получения никеля из сульфидных медно-никелевых руд: показатели процесса, обосновать выбор технологической схемы.
3. Способы получения никеля из окисленных никелевых руд: показатели процесса, обосновать выбор технологической схемы.
4. Какие свойства меди и никеля обусловили их применение в соответствующих отраслях промышленности.
5. Какие свойства обусловили его применение в различных областях промышленности.
6. Сущность плавки сульфидных медных концентратов: отражательной, шахтной, руднотермической. Показатели процесса.
7. Автогенные процесса: виды, показатели
8. Пиритная, полупиритная, медно-серная плавки медного сырья: показатели процесса, обосновать выбор той или иной технологии
9. Процесс конвертирования медных, медно-никелевых и никелевых штейнов: в чем основные отличия этих технологий
10. Огневое и электролитическое рафинирование меди: сущность процессов.
11. Сущность восстановительно-сульфидирующей плавки окисленных никелевых руд; основные технологические параметры, показатели процесса.
12. Производство ферроникеля из окисленных никелевых руд; основные технологические параметры, показатели процесса.
13. Назвать типы свинецсодержащих руд, основные минералы: принцип выбора той или иной технологии переработки
14. Виды обжига, применяемого в металлургии свинца: обосновать цель и назначение каждого.
15. Виды агломерационных машин, их достоинства и недостатки, показатели
16. Практика шахтной плавки. Продукты плавки, их состав. Показатели процесса.
17. Способы получения металлического цинка: теоретические основы технологий.
18. Обжиг цинковых концентратов в печах «кипящего слоя»: обосновать выбор основного оборудования.
19. Назвать две стадии основной технологической схемы гидрометаллургической переработки цинкового огарка: обосновать назначение каждой.
20. Выщелачивание цинкового огарка серной кислотой, химизм процесса: требования к электролиту для электролитического получения цинка.
21. Анодный и катодный процессы, практика электроосаждения цинка: показатели процесса.
22. Что используется в качестве флюса при переплавке катодного цинка? Назначение флюса.

-

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует способность осуществлять и корректировать технологические процессы	Демонстрирует (не в полной мере) способность осуществлять и корректировать технологические процессы	Демонстрирует слабую способность осуществлять и корректировать технологические процессы	Не демонстрирует способность осуществлять и корректировать технологические процессы переработки

переработки руд тяжелых цветных металлов (содержащих медь, никель, свинец, цинк) на основе знаний основных принципов получения тяжелых цветных металлов, параметров технологических процессов и производственных показателей	процессы переработки руд тяжелых цветных металлов (содержащих медь, никель, свинец, цинк) на основе знаний основных принципов получения тяжелых цветных металлов, параметров технологических процессов и производственных показателей	переработки руд тяжелых цветных металлов (содержащих медь, никель, свинец, цинк) на основе недостаточно глубоких знаний основных принципов получения тяжелых цветных металлов, параметров технологических процессов и производственных показателей	руд тяжелых цветных металлов (содержащих медь, никель, свинец, цинк) на основе знаний основных принципов получения тяжелых цветных металлов, параметров технологических процессов и производственных показателей
--	---	--	--

7 Основная учебная литература

1. Зайцев Владимир Яковлевич. Металлургия свинца и цинка : учеб. пособие по спец. "Металлургия цв. металлов" / Владимир Яковлевич Зайцев, Е.В. Маргулис, 1985. - 263.
2. Процессы и аппараты цветной металлургии : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия цв. металлов" / Под ред. С. С. Набойченко, 1997. - 655.
3. Воскобойников В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев, 2005. - 764.
4. Клёц В. Э. Основы пирометаллургических производств : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия" / В. Э. Клёц; В. Э. Клец, Н. В. Немчинова, В. С. Кокорин, 2009. - 143.
5. Лоскутов Ф. М. Металлургия свинца : учеб. пособие для металлург. специальностей вузов / Ф. М. Лоскутов, 1965. - 528.
6. Металлургия меди, никеля и кобальта. (Альтернативный курс) : учеб. пособие для металлург. вузов и фак.: в 2 ч. / В. И. Смирнов [и др.]. Ч. 1 : Металлургия меди, 1964. - 462.
7. Металлургия меди, никеля и кобальта. (Альтернативный курс) : учеб. пособие для металлург. вузов и фак.: в 2 ч. / В. И. Смирнов [и др.]. Ч. 2 : Металлургия никеля и кобальта, 1966. - 405.
8. Лисиенко. Оборудование промышленных предприятий : справочное издание: в 6 т. Т. 1 : Развитие цветной металлургии. Тяжелые цветные металлы, 2010. - 720.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Лоскутов Ф. М. Металлургия свинца и цинка : учебник для металлургических вузов / Ф. М. Лоскутов, 1956. - 478.

2. Цейдлер А. А. Металлургия меди и никеля : учебник для горно-металлургических вузов / А. А. Цейдлер, 1958. - 391.
3. Автогенные процессы в цветной металлургии / В.П. Быстров, А.В. Тарасов, В.В. Мечев, 1991. - 412.
4. Лоскутов Ф. М. Расчеты по металлургии тяжелых цветных металлов : учеб. пособие для металлург. вузов и фак. / Ф. М. Лоскутов, А. А. Цейдлер, 1963. - 591.
5. Романтеев Ю. П. Металлургия тяжелых цветных металлов : Свинец. Цинк. Кадмий / Ю. П. Романтеев, В. П. Быстров, 2010. - 574.
6. Рафинирование меди [Электронный ресурс] : учебное пособие / под ред. В. П. Жукова, 2010. - 3.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Professional 8 Russian
2. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Мешалка верхнеприводная RW
3. Весы лабораторные "Веста ВМ 153"
4. Проектор "Epson EB-S18"
5. Муфельная печь ЭКПС 10 (1300*С, 10л, материал камеры-волокно МКРВ)
6. Шахтная вертикальная муфельная печь СНОШ 0,9х2,5\12-2\220.
7. Установка для электролиза (выпрямитель, ячейка, ошиновка, электроды).
8. Установка для титрования.
9. Химический лабораторный автоклав

10. Сушильный шкаф

11. Реагенты, концентраты и т.п. для выполнения лабораторных работ.