

**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

«ТЕОРИЯ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Минеева Татьяна
Султановна
Дата подписания: 08.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 08.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Теория гидрометаллургических процессов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Готовность использовать основные понятия термодинамики, химической кинетики, электрохимии, а также о строении вещества в области электролитического получения алюминия	ПКС-1.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.3	Использует основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса массы применительно к гидрометаллургическим процессам цветной металлургии	Знать Знать физико-химические закономерности процессов выщелачивания и выделения металлов из растворов и пульп, направления их совершенствования на основе основных понятий, законов и моделей термодинамики и химической кинетики. Уметь Уметь использовать основные понятия, законы и модели термодинамики и химической кинетики для оценки термодинамической вероятности, понимания закономерностей кинетики гидрометаллургических процессов и выполнения физико-химических расчетов Владеть Владеть научным пониманием сущности и принципов анализа физико-химических закономерностей процессов, протекающих в гидрометаллургических системах, на основе основных понятий, законов и моделей термодинамики и химической кинетики; навыками термодинамического анализа и расчёта количественных физико-химических параметров процессов, протекающих в гидрометаллургических системах на основе основных понятий, законов и моделей термодинамики и химической кинетики; современными методами

		исследования кинетики гидрометаллургических процессов; представлениями теоретической металлургии применительно к гидрометаллургическим системам
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Теория гидрометаллургических процессов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика», «Химия», «Металлургические технологии», «Аналитическая и физическая химия»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Металлургия благородных металлов», «Металлургия вторичных металлов», «Металлургия легких металлов», «Металлургия редких металлов», «Металлургия тяжелых цветных металлов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 2 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	30	30
лекции	20	20
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	10	10
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	42	42
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
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 № 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	Теория гидрометаллургич еских процессов –	1	2							

	научная основа гидрометаллургического производства									
2	Термодинамика процессов выщелачивания	2	2			1	2	3, 5	21	Контрольная работа
3	Теоретические основы кинетики выщелачивания	3	6			2, 3	4	1	5	Тест
4	Физико-химические основы экстракционных процессов	4	2			4, 5	2	4	10	
5	Теоретические основы сорбционных процессов извлечения металлов из пульп и растворов	5	2			6	2			
6	Физико-химические основы процессов выделения металлов в виде малорастворимых соединений	6	2							
7	Теоретические основы цементации	7	2							
8	Основы процессов кристаллизация солей металлов из растворов	8	2					2	6	
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		20				10		42	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Теория гидрометаллургических процессов – научная основа гидрометаллургического производства	Гидрометаллургические процессы заключаются в извлечении металлов из руд, концентратов и других минеральных продуктов путём обработки их водными растворами химических реагентов с последующим выделением из раствора металла или его химического соединения. Эти процессы широко используются в производстве цинка, золота, меди, никеля, вольфрама, урана, молибдена, тантала, ниобия и др. металлов. При таком многообразии схем весьма важно знание общих теоретических основ производства металлов. Опираясь на общие закономерности и

		принципы, можно легко разобраться в частной технологической схеме производства любого металла. Теория любого процесса включает рассмотрение: термодинамических характеристик процесса, позволяющих определить условия, при которых возможно его осуществление, кинетики и механизма процесса. Как известно, термодинамическая возможность протекания реакции – необходимое, но недостаточное условие для её использования в технологии. Другое условие – приемлемая для практики скорость процесса, поэтому важнейшее значение приобретают кинетические его характеристики, механизм, лимитирующие скорость стадии. По совокупности термодинамических и кинетических данных можно определить научно обоснованные режимы проведения технологических операций, правильно выбрать типы аппаратов и провести их расчёт.
2	Термодинамика процессов выщелачивания	Процессы выщелачивания подразделяются на простое растворение и выщелачивание с химической реакцией. Для оценки термодинамической вероятности простого растворения необходимо знание величин энергии гидратации и энергии кристаллической решетки. Если энергия кристаллической решетки минерала невелика, для ее разрушения достаточно энергии гидратации ионов – подобное соединение растворяется в воде; в противном случае энергии гидратации не хватает для разрыва прочной электростатической связи внутри кристалла – необходимо осуществлять химические реакции. Термодинамическая вероятность протекания процессов выщелачивания, сопровождающихся химическими реакциями, определяется знаком и величиной энергии Гиббса. Если энергия Гиббса меньше 0, то реакция идет в прямом направлении, и чем больше убыль энергии Гиббса, тем полнее равновесие сдвинуто в сторону образования продуктов. Энергия Гиббса связана с константой равновесия реакции, поэтому при самопроизвольном протекании процесса $K_p > 1$. K_p можно определить расчётным путём по трем вариантам: 1) по известным значениям стандартных термодинамических функций участников реакции; 2) по величинам произведений растворимости исходного твердого вещества и малорастворимого продукта реакции; 3) по значениям электрохимических потенциалов.
3	Теоретические основы кинетики	Процесс выщелачивания включает три основные стадии: транспорт растворителя из раствора к

	выщелачивания	поверхности реакции; химическую реакцию; транспорт растворимых продуктов реакции от поверхности в объём раствора. Каждая из этих стадий может состоять из нескольких ступеней. Если сопротивление одной из стадий значительно больше, чем у остальных, она определяет скорость всего процесса и называется лимитирующей. В зависимости от лимитирующей стадии выщелачивание может протекать во внешнедиффузионной, внутридиффузионной и кинетической областях, каждая из которых характеризуется совокупностью «признаков» (зависимостей скорости от наиболее значимых параметров процесса, выявленных на основе анализа уравнения потока данной стадии). Наиболее совершенным методом экспериментального исследования кинетики растворения является метод вращающегося диска. Знание лимитирующей стадии процесса позволяет обосновать правильный выбор направления его интенсификации. Так, в случае внешнедиффузионной области устранение торможения достигается использованием аппаратов с интенсивным перемешиванием пульпы. Для кинетической области целесообразно использование температурного фактора (вплоть до автоклавного варианта) или повышение энергетического состояния путем механохимического активирования.
4	Физико-химические основы экстракционных процессов	Экстракция – это процесс извлечения соединений металлов из водного раствора в органическую фазу, не смешивающуюся с водой. Используемые в качестве экстрагентов органические соединения подразделяют на нейтральные экстрагенты, образующие координационные связи с извлекаемым ионом, более прочные, чем связи молекул воды с этим ионом, и жидкие ионообменники, способные при контакте с водным раствором к обмену неорганического катиона или аниона, входящих в состав экстрагента, на одноимённый ион из раствора. Нейтральные экстрагенты содержат активные атомы, обладающие электронно-донорной способностью. По типу активного атома различают кислородсодержащие (спирты, эфиры, кетоны, фосфорорганика-ТБФ); азотсодержащие(амины) и серусодержащие (органические сульфиды) экстрагенты. Анионообменные экстрагенты – четвертичные аммониевые основания и их соли-производные иона аммония (например, ТАБАХ). Жидкие катионообменники – органические

		кислоты жирного ряда, а также хелатообразующие реагенты. Нейтральная экстракция может протекать по оксониевому, сольватному и гидратно- сольватному механизмам. При использовании смеси двух экстрагентов может наблюдаться синергизм – положительные отклонения от аддитивности экстракции.
5	Теоретические основы сорбционных процессов извлечения металлов из пульп и растворов	В гидрометаллургии применяются три модификации сорбционной технологии с использованием ионитов и активированных углей: извлечение металлов из растворов, извлечение металлов из пульп и сорбционное выщелачивание. Иониты (синтетические ионообменные смолы) представляют собой полимерные сетки, несущие ионогенные (функциональные) группы, способные поглощать из растворов положительно или отрицательно заряженные ионы в обмен на эквивалентное количество одноименно заряженных ионов из фазы ионита. Активированные угли характеризуются более низкой стоимостью, более высокой селективностью, но уступают смолам по механической прочности. Качество активированного угля определяется характером его пористой структуры. Сырьем для их получения являются природные материалы органического происхождения: древесина, торф, ископаемые угли и др. Получение углеродистых сорбентов включает три основные стадии: гранулирование со связующим; карбонизацию и активацию. Критерием эффективности сорбентов является их обменная емкость (ПОЕ, ДОЕ, РОЕ) и коэффициент распределения иона. О селективности сорбции судят по изотермам. Процесс ионного обмена характеризуется либо пленочной, либо гелевой кинетикой.
6	Физико-химические основы процессов выделения металлов в виде малорастворимых соединений	Выделение металлов из растворов в виде гидроксидов, сульфидов и основных солей основано на том, что эти соединения тяжелых цветных и редких металлов являются труднорастворимыми. Основной термодинамической характеристикой равновесия между малорастворимым соединением и раствором является его произведение растворимости. Растворимость соединений зависит от ряда факторов: pH и ионной силы раствора, гидролиза аниона и катиона, комплексообразования с осаждающим анионом. Каждый гидроксид образуется при определенном значении pH раствора, зависящем от произведения растворимости гидроксида, активности металла в

		растворе и заряда иона металла. рН выделения труднорастворимых сульфидов кроме того зависит от активности сульфидной серы и произведения растворимости его гидроксида. Различие в рН выделения гидроксидов, сульфидов и основных солей позволяют осуществить селективное выделение металлов и очистку растворов от примесей.
7	Теоретические основы цементации	Цементация – это процессы вытеснения металлов из растворов, основанные на электрохимической реакции между металлом-цементатором и ионом вытесняемого металла. Термодинамическая вероятность протекания цементации определяется соотношением величин электродных потенциалов вытесняющего и вытесняемого металлов. Поскольку по мере выделения металла изменяется его концентрация, а следовательно, и значение потенциала, процесс протекает до установления равновесия. Процесс цементации состоит из следующих стадий: 1) доставки ионов к катодной поверхности и отвода ионов от анодной поверхности; 2) электрохимического превращения (разряда ионов на катодных участках, ионизации – на анодных участках); 3) электрокристаллизации (образования и роста кристаллов на поверхности катода). Контролирующая стадия процесса зависит от величины и характера электродной поляризации. О кинетике электродного процесса можно судят по поляризационным кривым, выражающим зависимость между смещением потенциала электрода и величиной протекающего через электрод тока. Скорость цементации и лимитирующая п стадия могут изменяться во времени вследствие уменьшения концентрации вытесняемого металла, увеличения толщины слоя осаждённого металла, изменения поверхности катодных и анодных участков.
8	Основы процессов кристаллизация солей металлов из растворов	Кристаллизация из растворов – процесс выделения из них твердой фазы, включающий четыре стадии: 1) достижение пересыщения раствора; 2) образование зародышей кристаллов (центров кристаллизации); 3) рост кристаллов; 4) перекристаллизацию. По способу получения пересыщенных растворов различают изотермическую (выпаривание растворителя), изогидрическую (охлаждением насыщенного раствора) кристаллизацию и высаливание. При гомогенном зародышеобразовании энергия, необходимая для образования критического зародыша, появляется в микрообъеме пересыщенного раствора в результате флуктуации.

		Гетерогенное образование центров кристаллизации происходит при введении затравки кристаллизующей соли в виде мельчайших частиц, являющихся готовыми центрами кристаллизации. Дальнейший рост зародышей определяется сочетанием диффузии растворённых частиц к поверхности кристалла и введения их в структуру решетки кристалла (он включает адсорбцию частиц, их миграцию по поверхности кристалла и встраивание в кристаллическую решетку (теории адсорбционного слоя и дислокационная)).
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Термодинамика процессов выщелачивания	2
2	Обобщенное уравнение потока выщелачивания	2
3	Расчет количественных параметров кинетики выщелачивания	2
4	Расчет числа ступеней экстракции	1
5	Примеры механизмов экстракционных процессов из гидрометаллургической практики	1
6	Количественные характеристики ионитов	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	5
2	Подготовка к зачёту	6
3	Подготовка к контрольным работам	5
4	Подготовка к практическим занятиям	10
5	Проработка разделов теоретического материала	16

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: разбор конкретных ситуаций, исследовательский метод

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

Теория гидрометаллургических процессов: Методические указания по проведению практических занятий /сост.Минеева Т.С. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 44с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Теория гидрометаллургических процессов: Методические указания по выполнению самостоятельной работы [электронный ресурс] /сост. Минеева Т.С. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013.– 15с.

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 семестр 5 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Обучающимся выдается вариант индивидуального задания, содержащий необходимые для расчетов исходные данные. При подготовке к выполнению контрольной работы необходимо проработать материал лекций и практических занятий по тематике работы.

Критерии оценивания.

Оценить термодинамическую вероятность процесса цианирования серебра ($t^{\circ}=25^{\circ}\text{C}$). Расчет провести по двум вариантам.

Оценивается правильность решения.

6.1.2 семестр 5 | Тест

Описание процедуры.

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и проработать конспект лекционного материала.

Критерии оценивания.

Пример теста:

1. Вывести уравнение потока выщелачивания необратимой реакции $\text{FeWO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{WO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_2$.
2. От каких из перечисленных факторов зависит толщина эффективного диффузионного слоя:
 - толщина диска;
 - концентрация реагента;
 - скорость вращения диска;
 - материал диска.
3. Перечислить характерные признаки протекания процесса выщелачивания во внутридиффузионной области.
4. Как определить с помощью графика порядок необратимой химической реакции? $T = \text{const}$.
5. Процесс выщелачивания при 35°C протекает в промежуточной области. Какая стадия станет лимитирующей при 85°C ?

6. Процесс выщелачивания при концентрации реагента 0,5 моль/л протекает в промежуточной области. Химическая реакция имеет нулевой порядок по реагенту. В какой области будет протекать процесс при повышении концентрации в 10 раз?
7. Как зависит скорость выщелачивания от поверхности для частиц сферической формы?
8. Какие из перечисленных факторов соответствуют протеканию процесса выщелачивания во внешнедиффузионной области
- поток не зависит от времени;
 - энергия активации 40 кДж/моль;
 - порядок по реагенту равен 1;
 - поток зависит от интенсивности перемешивания.

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 75%.

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-1.3	Способен использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса массы и химической кинетики для понимания теоретических основ процессов, протекающих в гидрометаллургических системах	Устное собеседование по вопросам к 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 проводится в виде собеседования по контрольным вопросам. Для успешной сдачи зачета обучающемуся заранее выдаются контрольные вопросы.

Пример задания:

Вопросы к зачету

1. Термодинамика простого растворения. Вода как растворитель.
2. Оценка термодинамической вероятности процессов выщелачивания, сопровождающихся химической реакцией.
3. Кинетика выщелачивания. Обобщенное уравнение потока выщелачивания (вывод).
4. Кинетика выщелачивания. Понятие лимитирующей стадии. Области протекания

процесса выщелачивания.

5. Особенности кинетики выщелачивания с участием газообразных реагентов.
6. Перенос массы. Закономерности внешней диффузии. Понятие эффективной толщины диффузионного слоя.
7. Перенос массы. Закономерности внутренней диффузии. Виды внутريدиффузионного сопротивления. Критерий Пиллинга - Бедвордса.
8. Закономерности протекания процесса в кинетической области. Формально-кинетическое уравнение скорости. Зависимость скорости реакции от температуры. Энергия активации.
9. Признаки протекания процесса выщелачивания во внешнедиффузионной, внутريدиффузионной и кинетической областях.
10. Методика экспериментального исследования кинетики выщелачивания (выявление зависимости скорости от гидродинамического режима, продолжительности, определение энергии активации и порядка по реагенту).
11. Графический и аналитический методы расчета числа теоретических ступеней экстракции.
12. Кинетика ионного обмена. Ионный обмен в колоннах и из пульп.
13. Физико-химические основы цементации: термодинамика, перенос массы, кинетика, основные стадии, виды поляризации, скорость процесса.
14. Физико-химические основы кристаллизации из растворов: основные стадии процесса, виды кристаллизации (гомогенная, гетерогенная). Скорость массовой кристаллизации.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Способен использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса массы и химической кинетики для понимания теоретических основ процессов, протекающих в гидрометаллургических системах	Способен использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса массы и химической кинетики для понимания теоретических основ процессов, протекающих в гидрометаллургических системах, но допускает небольшие неточности в ответах	Способен использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса массы и химической кинетики для понимания теоретических основ процессов, протекающих в гидрометаллургических системах, но допускает неточности в ответах	Не способен использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса массы и химической кинетики для понимания теоретических основ процессов, протекающих в гидрометаллургических системах

7 Основная учебная литература

1. Теория металлургических процессов : учебник для вузов по направлению 150100 "Металлургия", специальность 150102 "Металлургия цветных металлов" / Г. Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. Г. Г. Минеева, 2010. - 522.

2. Вольдман Г. М. Теория гидрометаллургических процессов : учеб. пособие для вузов по специальности "Хим. технология ред. металлов и материалов на их основе" / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман, 2003. - 462.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов, 2009. - 611.
2. Минеев Г. Г. Биометаллургия золота / Г. Г. Минеев, 1989. - 159.
3. Леонов С. Б. Гидрометаллургия : учеб. для вузов по специальности 110200 "Металлургия цв. металлов" : [в 2 ч.]. Ч. 1. Рудоподготовка и выщелачивание / С. Б. Леонов, Г. Г. Минеев, И. А. Жучков, 1998. - 702.
4. Леонов С. Б. Гидрометаллургия : учебник для вузов по специальности 110200 "Металлургия цветных металлов": [В 2-х ч.]. Ч. 2. Выделение металлов из растворов и вопросы экологии / С. Б. Леонов, Г. Г. Минеев, И. А. Жучков, 2000. - 491.
5. Зеликман А. Н. Теория гидрометаллургических процессов : учебное пособие для специальности "Металлургия цветных металлов" / А. Н. Зеликман, Г. М. Вольдман, Л. В. Беляевская, 1975. - 504.
6. Хабаши Основы прикладной металлургии: в 2 т. Т. 1 : Теоретические основы, 1975. - 232.
7. Процессы и аппараты цветной металлургии : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия цв. металлов" / Под ред. С. С. Набойченко, 1997. - 655.
8. Каковский Игорь Антонович. Термодинамика и кинетика гидрометаллургических процессов / Игорь Антонович Каковский; АН КазССР, Хим.-металлург. ин-т, 1986. - 267.
9. Набойченко Станислав Степанович. Практикум по гидрометаллургии : учеб. пособие для вузов по спец. "Металлургия цв. металлов"] / Станислав Степанович Набойченко, Владимир Геннадиевич Лобанов, 1992. - 334.
10. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов, 2008. - 375.
11. Набойченко Станислав Степанович. Расчеты гидрометаллургических процессов : учеб. пособие для вузов по направлению "Металлургия" и спец. "Металлургия цв. металлов" / Станислав Степанович Набойченко, Антонин Александрович Юнь, 1995. - 427.
12. Минеев Г. Г. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Г. Минеев, С. Б. Леонов, 2008. - 92.
13. Минеев Г. Г. Растворители золота и серебра в гидрометаллургии / Геннадий Григорьевич Минеев, Адольф Федорович Панченко, 1994. - 241.
14. Вольдман Григорий Маркович. Теория гидрометаллургических процессов : учеб. для вузов по спец. "Физ.-хим. исслед. металлург. процессов" / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман, 1993. - 399.
15. Теория гидрометаллургических процессов : методические указания для самостоятельной работы бакалавров по направлению 22.03.02 "Металлургия" очной и заочной форм обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 17.

16. Теория гидрометаллургических процессов : методические указания по проведению практических занятий для студентов заочной формы обучения / Иркут. гос. техн. ун-т, 2013. - 43.

17. Теория гидрометаллургических процессов [Электронный ресурс] : методические указания по проведению практических занятий / Иркут. гос. техн. ун-т, 2010. - 22.

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 Seven Professional [1x500] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x500])_поставка 2010
2. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Проектор "Epson EB-S18"