

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



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

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
доцент В.Н. Бричкин

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ТЕОРИЯ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Уровень высшего образования:	Бакалавриат
Направление подготовки:	22.03.02 Metallургия
Направленность (профиль):	Metallургия цветных металлов
Квалификация выпускника:	бакалавр
Форма обучения:	очная
Составитель:	профессор Петров Г.В.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Теория гидрометаллургических процессов» составлена:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «22.03.02 Metallургия», утвержденного приказом Минобрнауки России № 702 от 02.07.2020 г.;

– на основании учебного плана по направлению подготовки «22.03.02 «Metallургия» профиль «Metallургия цветных металлов».

Составитель _____ д.т.н., проф. Г.В. Петров

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры металлургии от 27.01.2022 г., протокол № 12.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., профессор В.Н. Бричкин

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Дисциплина «Теория гидрометаллургических процессов» посвящена изучению типичных технологических операций, используемых в схемах гидрометаллургического производства цветных металлов с позиции современной физической химии.

Цель изучения дисциплины:

- освоение основ теории гидрометаллургических процессов;
- научно обоснованное управление конкретной операцией, обеспечивающее быстрое и полное завершение процесса в требуемом направлении, чтобы получить продукцию заданного качества.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение теории, технологии и аппаратурного оформления гидрометаллургических процессов, используемых в металлургии цветных металлов – выщелачивания, цементации, осаждения, сорбции, экстракции, кристаллизации;
- овладение методами термодинамического анализа физико-химических систем; методиками определения кинетических характеристик гетерогенных гидрометаллургических процессов;
- формирование: теоретических представлений о физико-химических основах гидрометаллургических процессов; навыков практического применения полученных знаний в данной области; способностей для внедрения новых технологий; мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области металлургии благородных металлов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория гидрометаллургических процессов» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «22.03.02 Металлургия» и изучается в 6 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теория гидрометаллургических процессов» являются: «Химия», «Физическая химия», «Основы обогащения руд», «Основы кристаллографии и минералогии», «Методы исследования физико-химических систем», «Металлургические технологии производства и обработки металлов».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Теория гидрометаллургических процессов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы	ПКС-1	ПКС-1.1. Знает фундаментальные законы термодинамики; законы равновесия жидких и газообразных сред; основные законы движения сплошной среды; законы истечения жидких и газообразных сред; методы термодинамического анализа химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; механизм и кинетику реакций и процессов; сущность тепломассообменных процессов в производстве и обработке металлов ПКС-1.2. Умеет прогнозировать влияние различных

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		<p>факторов на равновесие химической системы; устанавливать границы областей устойчивости и определять составы сосуществующих фаз; составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах; использовать полученные знания для анализа тепловой работы металлургических аппаратов и их конструктивных элементов</p> <p>ПКС-1.3. Владеет методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования технологических процессов.</p>
Способен осуществлять аналитические исследования исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов металлургического производства	ПКС-8	<p>ПКС-8.3. Владеет навыками проведения аналитических исследований; корректировки параметров технологических процессов на основе данных лабораторных анализов, химических, гранулометрических, фазовых и качественных параметров сырьевых, промежуточных и конечных продуктов производства</p>
Способен выбирать, применять и рассчитывать пирометаллургические процессы в производстве цветных металлов	ПКС-9	<p>ПКС-9.2. Умеет определять причины и последствия негативных изменений параметров и показателей процессов производства тяжелых цветных металлов.</p> <p>ПКС-9.3. Выявляет и анализирует причины негативных изменений параметров и показателей процессов производства тяжелых цветных металлов.</p> <p>ПКС-9.4. Принимает решения о вводе регламентируемых корректировок в технологические процессы производства тяжелых цветных металлов на основе рекомендаций подчиненных специалистов.</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		6
Аудиторные занятия, в том числе:	90	90
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	54	54
Подготовка к практическим занятиям	18	18
Подготовка к лабораторным работам	27	27
Подготовка к к/р	9	9
Вид промежуточной аттестации – экзамен	36	36
Общая трудоемкость	180	180
	ак. час	ак. час
	зач. ед.	зач. ед.
	5	5

4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
1.	Введение. Цель и задачи курса.	2	2	-	-	-
2.	Химизм и термодинамика процессов выщелачивания.	29	6	4	8	12
3.	Кинетика процессов выщелачивания.	34	10	4	8	12
4.	Основы теории процессов ионного обмена и экстракции.	32	8	4	8	12
5.	Осаждение металлов из растворов.	21	6	2	4	8
6.	Закономерности осаждения труднорастворимых соединений и кристаллизации солей.	26	4	4	8	10
	Итого:	144	36	18	36	54

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Введение. Цель и задачи курса.	История развития гидрометаллургических процессов и возрастание их роли в связи с повышением требований к комплексному использованию сырья, качеству продукции, защите окружающей среды. Роль гидрометаллургии в современном металлургическом производстве. Основные процессы гидрометаллургии. Задачи теории гидрометаллургических процессов. Понятие о технологических схемах.	2
2.	Химизм и термодинамика процессов выщелачивания.	<p>Химизм процессов выщелачивания, не сопровождающихся изменением степени окисления компонентов. Простое растворение. Реакции нейтрализации. Обменные реакции, сопровождающиеся образованием малорастворимых соединений или газообразных веществ.</p> <p>Химизм окислительно-восстановительных процессов выщелачивания. Выщелачивание, сопровождающееся окислением катиона, аниона или как катиона, так и аниона. Выщелачивание, сопровождающееся восстановлением катиона или аниона. Окислители и восстановители, применяемые в гидрометаллургии.</p> <p>Технологические аспекты выщелачивания. Подготовка сырья к процессам выщелачивания. Методы выщелачивания. Прямоточный и противоточный процессы. Термодинамика простого растворения. Характеристика воды как растворителя. Термодинамика процессов выщелачивания, сопровождающегося обменными химическими реакциями. Методы расчета констант равновесия. Влияние температуры и давления на равновесный состав систем. Понятие о термодинамике дефектных кристаллов. Термодинамика процессов выщелачивания, сопровождающихся окислительно-восстановительными реакциями. Окислительно-восстановительное равновесие воды и водных растворов. Eh–pH –диаграммы (диаграммы Пурбе), их построение и анализ. Влияние комплексообразования на потенциалы систем.</p>	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
3.	Кинетика процессов выщелачивания.	<p>Общая характеристика выщелачивания как гетерогенного процесса, протекающего с участием двух и более фаз. Общее уравнение кинетики процесса выщелачивания и его анализ. Особенности процесса выщелачивания при участии газовой фазы.</p> <p>Закономерности внешней и внутренней диффузии. Правило Пиллинга – Бедвордса. Закономерности протекания процесса в области химической кинетики. Определение природы лимитирующей стадии.</p> <p>Выщелачивание дисперсного материала. Влияние формы зерен на изменение величины поверхности в процессе выщелачивания и скорость процесса.</p> <p>Влияние дефектов кристаллической решетки на скорость процессов выщелачивания. Понятие о механоактивации.</p> <p>Катализаторы процесса выщелачивания. Неорганические катализаторы. Биокатализаторы. Понятие о бактериальном выщелачивании и его применении при кучном и подземном выщелачивании.</p> <p>Химизм, кинетика и механизм выщелачивания металлов, оксидов и сульфидов. Примеры.</p>	10
4.	Основы теории процессов ионного обмена и экстракции.	<p>Общие сведения о сорбентах и ионообменных материалах. Неорганические ионообменники, активированные угли, синтетические смолы и их характеристика.</p> <p>Равновесие ионного обмена. Селективность ионного обмена. Изотермы сорбции. Влияние состава и pH раствора на коэффициенты распределения и разделения.</p> <p>Кинетика ионного обмена. Понятие о пленочной и гелевой кинетике. Ионный обмен в колонках. Сорбционное извлечение металлов из пульпы.</p> <p>Элюирование и хроматография. Фронтальная хроматография. Вытеснительная хроматография. Элюентная хроматография.</p> <p>Изменение знака заряда иона за счет комплексообразования как метод элюирования.</p> <p>Электродиализ и его использование для опреснения воды, регенерации реагентов и получения чистых веществ.</p> <p>Общие сведения о методах жидкостной экстракции. Типы экстрагентов и их характеристика. Растворители и их влияние на</p>	8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>процесс экстракции. Требования к качеству экстрагентов и растворителей, связанные с техникой безопасности и защитой окружающей среды.</p> <p>Особенности равновесия реакций в процессах экстракции нейтральными, катионообменными и анионообменными экстрагентами. Понятие о синергетном эффекте при использовании двух экстрагентов.</p> <p>Кинетика процессов экстракции и разделения органической и водной фаз. Принципы аппаратного осуществления процессов экстракции. Экстракторы типа смеситель-отстойник, колонные и центробежные экстракторы.</p> <p>Примеры использования процессов экстракции в цветной металлургии.</p>	
5.	Осаждение металлов из растворов.	<p>Восстановление металлов водородом. Зависимость потенциала системы H^+/H_2 от парциального давления водорода и pH раствора. Механизм и кинетика процессов восстановления меди в сернокислом и аммиачном растворах. Теоретические основы осаждения водородом электроотрицательных металлов – никеля и кобальта. Применение других газообразных восстановителей – CO и SO₂.</p> <p>Осаждение металлов из растворов неорганическими и органическими реагентами-восстановителями. Избирательное осаждение золота в хлоридных и палладия в сульфатных растворах солями Fe (II). Осаждение благородных металлов формиатом натрия.</p> <p>Цементация металлов как процесс внутреннего электролиза. Теоретический и реальный пределы цементации. Механизм и кинетика процесса. Побочные процессы и их подавление.</p> <p>Особенности цементации электроотрицательных металлов. Применение амальгам. Цементация галлия галламой алюминия. Влияние образования химических соединений и сплавов на полноту и скорость осаждения металлов при цементации.</p> <p>Методы исследования процесса цементации. Построение и анализ поляризационных кривых. Определение катодного (анодного)</p>	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		контроля процесса. Изменение скорости цементации по мере обеднения раствора. Принципы аппаратного оформления процесса цементации и формы цементирующего металла (стружка, дробь, листы, порошок, жидкие сплавы – амальгамы, галлама).	
б.	Закономерности осаждения труднорастворимых соединений и кристаллизации солей.	<p>Закономерности осаждения труднорастворимых соединений и кристаллизации солей.</p> <p>Кристаллизация солей. Равновесие в системах соль-вода. Двойные системы. Методы кристаллизации солей. Изотермическая и изогидрическая кристаллизация. Расчет выхода продуктов при кристаллизации по диаграмме состояния.</p> <p>Тройные системы. Изображение изотермических сечений тройных систем с помощью треугольника Гиббса и диаграммы Шрейнемакера. Анализ процессов кристаллизации солей в тройных системах.</p> <p>Механизм и кинетика процессов кристаллизации солей. Понятие о гомогенном и гетерогенном зародышеобразовании. Роль затравки. Перекристаллизация.</p> <p>Общие закономерности осаждения труднорастворимых соединений. Растворимость и произведение растворимости труднорастворимых соединений. Влияние температуры, избытка одноименных ионов, ионной силы раствора, процессов комплексообразования и pH раствора (в случае осаждения солей слабых кислот и слабых оснований) на растворимость малорастворимых соединений.</p> <p>Явление изоморфизма при осаждении труднорастворимых соединений. Закон Хлопина. Другие причины загрязнения осадков. Влияние затравки на скорость формирования и качество осадка. Процессы промывки, репульсации и переосаждения.</p> <p>Закономерности гидратообразования. pH начала осаждения как функция PP и активности ионов в растворе. Влияние степени окисления иона на эту функцию.</p> <p>Разделение металлов методом гидролиза. Соосаждение гидроксидов.</p> <p>Осаждение основных солей. Диаграмма Громова – Доброхотова.</p>	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		Осаждение халькогенидов металлов. Влияние рН раствора на растворимость халькогенидов. Возможность образования халькогеносолей при избытке осадителя. Влияние комплексообразователей.	
Итого:			36

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 2,3	Выщелачивание	8
2.	Раздел 4	Ионообменные процессы	2
3.	Раздел 4	Экстракция	2
4.	Раздел 5	Выделение металлов из растворов цементацией и восстановлением водородом	2
5.	Раздел 6	Осаждение металлов в форме малорастворимых соединений	2
6.	Раздел 6	Кристаллизация	2
Итого:			18

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 2	Изучение процесса пассивации поверхности минерального сырья при выщелачивании	4
2.	Раздел 2	Термодинамическая оценка процессов выщелачивания, сопровождающихся химическим взаимодействием	4
3.	Раздел 3	Исследование влияния температуры на скорость процесса выщелачивания	4
4.	Раздел 3	Исследование зависимости скорости процесса выщелачивания от концентрации реагента	4
5.	Раздел 4	Определение основных параметров ионообменной колонки и построение выходных кривых	4
6.	Раздел 4	Изучение процесса ионообменной хроматографии на примере разделения меди и цинка на катионите КУ-2-8	4
7.	Раздел 5	Изучение процесса цементации	4
8.	Раздел 6	Исследование процесса гидролитического осаждения металлов из растворов	4
9.	Раздел 6	Исследование осаждения сульфидов цветных металлов из водных растворов	4
Итого:			36

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Введение

1. Задачи гидрометаллургии?
2. Назовите достоинства гидрометаллургических технологий.
3. Для переработки каких материалов применяются гидрометаллургические технологии?
4. Назовите основные стадии гидрометаллургической технологии.
5. В чем сущность процесса выщелачивания?
6. Назовите основные гидрометаллургические операции выделения металлов из растворов.
7. Назовите основные типы растворителей, применяемых в гидрометаллургии.
8. Приведите пример простого растворения.
9. К какому типу выщелачивания относится реакция $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$?
10. К какому типу выщелачивания относится реакция $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{FeSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$?

Раздел 2. Химизм и термодинамика процессов выщелачивания

1. По какой величине определяется возможность или невозможность осуществления процесса выщелачивания?

2. Чем определяется изменение энергии Гиббса при простом растворении кристаллических веществ?
3. Выведите выражение для расчета изохорно-изотермического потенциала системы.
4. От чего зависит химический потенциал твердого тела при умеренных давлениях?
5. Чему равен химический потенциал компонента идеального раствора?
6. Чему равен химический потенциал диссоциированного вещества в растворе?
7. Для растворов с каким значением ионной силы должно использоваться уравнение Дебая-Гюккеля второго приближения?
8. Что обозначает N в математическом выражении закона Генри $p=K_2N$?
9. От чего зависит энергия кристаллической решетки?
10. Чем определяется заключительная стадия образования кристаллического вещества в цикле Борна-Габера?
11. Чем определяется изменение энергии Гиббса при простом растворении кристаллических веществ?
12. Дайте определение «гидратации ионов».
13. В каком случае происходит увеличение прочности кристаллической решетки?
14. От чего зависит энергия кристаллической решетки?
15. Чем определяется заключительная стадия образования кристаллического вещества в цикле Борна-Габера?
16. Чему равна энергия кристаллической решетки при образовании твердой соли из ионных газов?
17. Как рассчитывается термодинамическая константа равновесия реакции?
18. Как устанавливается концентрационная константа равновесия?
19. Какую величину определяют при экстраполяции зависимости концентрационной константы равновесия от ионной силы при $I=0$?
20. Общий вид E-pH диаграммы воды и водных растворов?

Раздел 3. Кинетика процессов выщелачивания

1. Какие факторы влияют на скорость выщелачивания?
2. Чему прямо пропорциональна скорость выщелачивания при любой лимитирующей стадии?
3. За счет сочетания каких процессов осуществляется массоперенос при выщелачивании без участия газообразного реагента?
4. За счет сочетания каких процессов осуществляется массоперенос при выщелачивании с участием газообразного реагента?
5. Что необходимо увеличить для ускорения реакции с участием газовой фазы, если процесс лимитирует диффузия на границе жидкость-газ?
6. Чему равна концентрация газа в насыщенном растворе?
7. За счет сочетания каких процессов осуществляется массоперенос на границе раствор – минерал?
8. Из каких стадий складывается гетерогенный процесс, сопровождающийся образованием труднорастворимых соединений?
9. Какая из последовательных стадий суммарного превращения лимитирует скорость гетерогенного процесса?
10. При каких условиях происходит образование рыхлых, трещиноватых пленок малорастворимых соединений?
11. Назовите признаки протекания процесса во внешнедиффузионной области.
12. Назовите признаки протекания процесса во внутридиффузионной области.
13. Чему равна кажущаяся энергия активации для внутридиффузионной области?
14. Назовите признаки протекания процесса в кинетической области.
15. В случае протекания процесса в кинетической области какая стадия является лимитирующей?

16. Каким образом можно интенсифицировать процесс при протекании выщелачивания в кинетической области?
17. Чему прямо пропорциональна скорость выщелачивания при любой лимитирующей стадии?
18. От каких факторов зависит скорость адсорбции компонента?
19. Какие значения принимает порядок реакции для многостадийных процессов в кинетической области?
20. Какие значения принимает кажущаяся энергия активации для химической области лимитирования скорости процесса?
21. Как влияет переизмельчение выщелачиваемого материала на показатели выщелачивания?
22. Каким уравнением описывается кинетика процессов выщелачивания дисперсных материалов при внутридиффузионном торможении?
23. Как исключить формирование малорастворимого продукта на поверхности выщелачиваемой фазы?
24. Приведите примеры неорганических катализаторов процесса выщелачивания.
25. Приведите примеры органических катализаторов процесса выщелачивания.

Раздел 4. Основы теории процессов ионного обмена и экстракции

1. Для каких целей применяются иониты?
2. В чем состоит отличие ионного обмена от адсорбции?
3. Назовите достоинства ионообменных синтетических смол.
4. Что означает и от чего зависит полная обменная емкость?
5. Что означает и от чего зависит динамическая (рабочая) обменная емкость?
6. Какие противоионы участвуют в обменных реакциях катионитов и анионитов?
7. К какой группе относится ионит с ионогенной группой $-SO_3H$?
8. Какие виды диффузии принимают участие в ионном обмене?
9. Как экспериментально определить динамическую обменную емкость и полную динамическую обменную емкость?
10. Форма записи термодинамической константы равновесия ионообменной сорбции?
11. Какие величины используют для описания состояния равновесия, кроме констант ионного обмена?
12. Как рассчитывается коэффициент распределения при ионообменной сорбции?
13. Как рассчитывается коэффициент разделения при ионообменной сорбции?
14. При выполнении какого условия концентрационная константа равновесия и коэффициент разделения равны?
15. Вид изотермы ионного обмена при отсутствии избирательного поглощения одного из обмениваемых ионов?
16. Что характеризует Доннановское равновесие?
17. Назовите основные стадии ионного обмена.
18. Какие виды диффузии принимают участие в ионном обмене?
19. Какими закономерностями определяется гелевая кинетика ионного обмена?
20. Какими закономерностями определяется пленочная диффузия при ионном обмене?
21. Каким методом определяется характер процесса ионного обмена (пленочная /гелевая кинетика)?
22. Дайте определение понятиям экстрагент, экстракт, рафинат и режстракт.
23. На какие основные группы классифицированы экстракционные процессы?
24. Дайте определение понятию «коэффициент разделения при жидкостной экстракции».
25. Дайте определение понятию «коэффициент распределения при жидкостной экстракции».

Раздел 5. Осаждение металлов из растворов

1. Ионы каких металлов восстанавливают из водных растворов газообразными восстановителями под давлением?
2. Какое влияние оказывает кислотность среды на показатели осаждения металлов из растворов восстановлением водородом?
3. Какой потенциал должен иметь вытесняемый металл по отношению к потенциалу водорода?
4. Чему равен действительный потенциал водорода при автоклавном осаждении ионов металла из водных растворов?
5. Какой способ наиболее эффективен для снижения энергии активации реакции восстановления водородом металлов из раствора?
6. От чего зависит восстановительная способность оксида углерода?
7. Укажите суммарную реакцию восстановления серебра оксидом углерода.
8. Назовите требования, предъявляемые к осадителям.
9. Приведите примеры органических осадителей.
10. Приведите примеры неорганических растворителей.
11. Наиболее эффективный осадитель сульфидов металлов?
12. От чего зависит величина рН сульфидообразования?
13. Какая реакция реализуется на катодном участке при цементации?
14. Какая реакция реализуется на анодном участке при цементации?
15. Какой потенциал должен иметь вытесняющий металл по отношению к вытесняемому?
16. Какой показатель используется для оценки скорости электрохимического превращения при цементации?
17. В каком случае проявляются диффузные ограничения катодной реакции при цементации?
18. Обязательное условие для полного выделения золота при цементации?
19. Какой реагент используется для увеличения поверхности цементатора при выделении золота из цианистых растворов?
20. Первая стадия анодного процесса при цементации?
21. Какой из аппаратов используется при цементации?
22. Основная особенность цементации металлов на амальгамах?
23. Что является условием стационарности процесса цементации?

Раздел 6. Закономерности осаждения труднорастворимых соединений и кристаллизации солей

1. При каких условиях образуются зародыши гомогенных кристаллов?
2. При каких условиях образуются аморфные осадки?
3. Что такое изогидрическая кристаллизация?
4. Какой параметр при кристаллизации не оказывает существенное влияние на равновесие между жидкой и твердой фазами и не учитывается при определении числа степеней свободы системы?
5. Изотермическая кристаллизация характеризуется постоянством каких условий?
6. Какой вид имеет правило фаз для кристаллизации трехкомпонентной системы?
7. Какими путями достигается пересыщение растворов?
8. От каких условий зависит совершенство структуры кристаллизирующегося вещества?
9. Какие побочные процессы влияют на растворимость малорастворимых соединений?
10. Что учитывается при расчете влияния гидролиза на растворимость сульфидов тяжелых цветных металлов?

11. По какой формуле с использованием известных значений произведений активности может быть рассчитана K_p реакции $MeA_{тв} + B^- \Leftrightarrow MeB_{тв} + A^-$, сопровождающаяся образованием малорастворимых соединений?

12. Чему равен коэффициент разделения при изоморфном соосаждении малорастворимых соединений с образованием твердых растворов?

13. Как называется захват примеси с маточным раствором, заполняющим пустоты внутри кристаллов?

14. В каком виде осаждается примесь из раствора при неизоморфном осаждении?

15. Как называется способ получения пересыщенного раствора введением в него вещества, понижающего растворимость, содержащегося в нем соединения?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:

1. В чем преимущества гидрометаллургических процессов по сравнению с пирометаллургическими?

2. Назовите типы процессов выщелачивания.

3. Назовите основные виды концентраций.

4. Какие растворы называют идеальными?

5. Что описывает уравнение Дебая-Гюккеля первого приближения?

6. Что описывает уравнение Дебая-Гюккеля второго приближения?

7. Что описывает термодинамический цикл Борна – Габерга?

8. Какими процессами представлена гидратация ионов?

9. Как связаны между собой термодинамическая и концентрационная константы?

10. Сформулируйте основные принципы построения и анализа диаграмм «потенциал - рН».

11. Что характеризует энергия активации процесса выщелачивания?

12. Какие значения энергии активации характерны для диффузионной и химической кинетики?

13. Какие признаки характерны для процессов выщелачивания, лимитируемых внешнедиффузионным подводом реагента к границе реакции?

14. Чем обеспечивается молекулярная и конвективная диффузии?

15. Дайте характеристику интенсификации процессов, протекающих в диффузионной области.

16. Дайте характеристику интенсификации процессов, протекающих в кинетической области.

17. Что характеризует критерий Пиллинга-Бедвордса?

18. Какой процесс называют «механоактивацией» минерала?

19. Что представляют собой ионообменные смолы и как их синтезируют?

20. Что называют полной обменной емкостью смолы, как ее определяют?

21. Что называют рабочей обменной емкостью смолы, от каких факторов она зависит и как ее определяют?

22. О чем свидетельствует выраженная нелинейность изотермы ионного обмена?

23. В чем сущность и каковы области применения жидкостной экстракции в гидрометаллургии?

24. Что называют произведением растворимости соединения?

25. Как по произведению растворимости соединения определить его растворимость?

26. Что называют растворимостью соединения?

27. Как влияет на растворимость соединения присутствие в растворе одного из ионов?

28. Как изменяется рН выделения гидроксида металла при уменьшении концентрации раствора?

29. От каких факторов зависит рН выделения основных солей из раствора?

30. От каких факторов зависит рН выделения из раствора гидроксидов металлов?
31. Чем определяется термодинамическая возможность протекания процесса цементации?
32. Изложите основные факторы, влияющие на показатели цементации.
33. Для решения каких задач используют кристаллизацию в гидрометаллургии?
34. Назовите основные виды кристаллизации.
35. Как получают пересыщенные растворы?
36. Какие факторы влияют на устойчивость пересыщенных растворов?
37. Каковы возможные причины загрязнения осаждаемого из раствора химического соединения или кристаллизуемой соли присутствующими в растворе примесями?
38. При каких условиях осаждаемое из растворов малорастворимое соединение (осадок) загрязняется неизоморфной примесью?
39. Каковы закономерности гомогенного соосаждения изоморфных примесей?
40. Каковы закономерности гетерогенного соосаждения изоморфных примесей?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	К какому типу относится реакция $\text{Cu} + 0,5 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	1. окисление катиона; 2. нейтрализации; 3. окисление катиона и аниона; 4. обменного разложения.
2.	К какому типу относится реакция: $\text{ZnS} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{S}^\circ + \text{H}_2\text{O}$	1. простая нейтрализация; 2. окисления аниона; 3. реакции обменного разложения с комплексобразованием; 4. реакция, сопровождающаяся выделением газов.
3.	Раствор какой кислоты является универсальным растворителем способным растворять самые инертные металлы?	1. H_2SO_4 ; 2. HCl ; 3. $\text{HCl} + \text{HNO}_3$; 4. HNO_3 .
4.	Возможность или невозможность осуществления процесса выщелачивания определяется по величине:	1. энтальпии; 2. свободной энергии Гиббса; 3. парциального давления; 4. константы нестойкости.
5.	Выражение для расчета изохорно-изотермического потенциала системы	1. $\Delta F^0_T = T\Delta S + \Delta H$; 2. $\Delta F^0_T = \Delta H - T\Delta S$; 3. $\Delta G^0_T = T\Delta S - \Delta H$; 4. $\Delta F^0_T = \Delta H + PP$.
6.	Какой показатель термодинамического состояния системы определяется по формуле $\mu_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i}\right)_{T,p,n_j(j \neq i)}$	1. редокс-потенциал; 2. химический потенциал; 3. доннановский потенциал; 4. электростатический потенциал.
7.	Химический потенциал компонента идеального раствора зависит от	1. внешнего давления; 2. концентрации растворителя; 3. ионной силы раствора; 4. содержания растворенного вещества.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
8.	Критерий Пиллинга-Бедвордса для внутридиффузионной области основан на сравнении выщелоченного минерала и образовавшегося нерастворимого осадка при помощи:	1. энергий кристаллической решетки; 2. произведений растворимости; 3. свободных энергий Гиббса; 4. эквивалентных объемов.
9.	Поток реакции при постоянной концентрации реагента в кинетической области не зависит от:	1. времени; 2. порядка реакции; 3. температуры; 4. поверхности раздела твердое – жидкое.
10.	Кажущаяся энергия активации для внутридиффузионной области менее, кДж/моль:	1. 100; 2. 70; 3. 40; 4. 60.
11.	Выраженная нелинейность изотермы ионного обмена свидетельствует о	1. химическом разложении ионита; 2. механическом разрушении сорбента; 3. высокой селективности смолы; 4. высокой скорости сорбции.
12.	Предварительное насыщение ионообменников противоионами определенного знака называется	1. зарядкой; 2. сорбцией; 3. выщелачиванием; 4. экстракцией.
13.	Как называется количественная характеристика ионообменного равновесия, выраженная в форме $D_A = \frac{\bar{m}_A}{m_A}$	1. полная обменная емкость; 2. динамическая обменная емкость 3. коэффициент разделения; 4. коэффициент распределения.
14.	Вытесняющий металл должен иметь потенциал по отношению к вытесняемому	1. более электроотрицательный; 2. электроотрицательный; 3. более электроположительный; 4. менее электроположительный.
15.	При цементации золота из цианистых растворов, что является основой получаемых цементных золотых осадков	1. медь; 2. цинк; 3. золото; 4. серебро.
16.	Какая полуреакция реализуется в цементационном процессе на катодном участке реакция:	1. ионизация металла; 2. восстановление металла; 3. диффузия; 4. адсорбция.
17.	При цементации на анодном участке реализуется реакция:	1. восстановление металла; 2. ионизация металла; 3. диффузия; 4. адсорбция.
18.	Геометрическое нарушение в кристаллической решетке кристалла	1. трансформация; 2. кристаллизация; 3. дислокация; 4. диффамация.
19.	К чему приводит наличие дислокаций в кристаллической решетке кристалла?	1. увеличение скорости кристаллизации; 2. уменьшение скорости кристаллизации; 3. нарушение стехиометрии соединения; 4. геометрическое нарушение структуры.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
20.	Какой параметр при кристаллизации, оказывая влияние на равновесие между жидкой и твердой фазами, не учитывается при определении числа степеней свободы	1. температура; 2. давление; 3. концентрация; 4. плотность.

Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	К какому типу относится реакция: $2\text{FeS} + 3/2 \text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{S}^\circ$	1. окисление катиона и аниона; 2. восстановление аниона; 3. реакции обменного разложения с комплексообразованием; 4. реакция, сопровождающаяся выделением газов.
2.	К какому типу относится реакция: $\text{TeO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{TeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1. простая нейтрализация; 2. восстановление аниона; 3. реакции обменного разложения с комплексообразованием; 4. реакция, сопровождающаяся выделением газов.
3.	В электрохимическом процессе цианирования золота катодный участок отвечает реакции	1. осаждения цианида; 2. восстановления кислорода; 3. окисления кислорода; 4. восстановления золота.
4.	На какую величину отличается энергия Гиббса раствора электролита от энергии Гиббса идеального раствора	1. энергия электростатического взаимодействия; 2. энергия гидратации; 3. энергия ионизации; 4. энергия диссоциации .
5.	Глубина протекания гидрометаллургических процессов и состав равновесной фазы определяется:	1. константой равновесия; 2. энтропией; 3. энтальпией; 4. константой неустойчивости.
6.	Константа равновесия реакции отличается от концентрационной константы учетом	1. активности; 2. плотности; 3. энтропии; 4. энтальпии.
7.	Чему равен химический потенциал диссоциированного вещества в растворе?	1. сумме химических потенциалов атомов; 2. энергии Гиббса вещества; 3. сумме химических потенциалов ионов; 4. энтальпии веществ.
8.	Для определения кажущейся энергии активации изучают зависимость скорости выщелачивания от:	1. концентрации реагентов; 2. давления; 3. химических потенциалов; 4. температуры.
9.	Совершенство структуры кристаллизующегося вещества зависит от:	1. скорости кристаллизации; 2. концентрации; 3. плотности; 4. потенциала.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
10.	Для гетерогенных реакций с уменьшающейся скоростью характерно:	1. рост концентрации растворителя; 2. увеличение поверхности минерала; 3. образование защитной пленки; 4. увеличение диффузионного слоя.
11.	Применение минеральных ионитов ограничено из-за их растворимости в:	1. воде; 2. солевых растворах; 3. органических кислотах; 4. кислотах и щелочах.
12.	«Отрицательный» уголь проявляет свойства	1. полифункционального катионообменника; 2. многофункционального анионита; 3. хелатообразующего сорбента; 4. осадителя.
13.	Какой прием используется для повышения емкости сорбента при выделении золота из пульпы на активированном угле	1. предварительный нагрев пульпы; 2. обжиг угля; 3. повышение концентрации цианида; 4. обезмеживание пульпы.
14.	При контроле скорости процесса цементации скоростью доставки катионов к катоду наблюдается	1. диффузионное торможение на аноде; 2. химическое торможение на катоде; 3. диффузионное торможение на катоде; 4. химическое торможение на аноде.
15.	При образовании в процессе цементации толстого слоя цементируемого металла может возникнуть	1. диффузионное торможение на аноде; 2. химическое торможение на катоде; 3. химическое торможение на аноде; 4. концентрационное торможение на аноде.
16.	В аппаратурно-технологической схеме на стадии цементации золота из цианидных растворов как правило используются:	1. аппараты с механическим перемешиванием; 2. пачуки; 3. пневмоцилиндры; 4. фильтр-прессы.
17.	Первая стадия анодного процесса при цементации	1. гидратация сорбированного иона; 2. транспорт иона в объем раствора; 3. ионизация атома металла; 4. десорбция иона.
18.	В каком виде осаждается примесь из пересыщенного раствора при неизоморфном осаждении	1. механической смеси соединений; 2. с образованием твердого раствора; 3. одной химической соли; 4. элементарном виде.
19.	При изоморфном соосаждении малорастворимых соединений с образованием твердых растворов коэффициент разделения равен отношению:	1. активностей катионов; 2. активностей анионов; 3. произведений активностей; 4. ионных радиусов катионов.
20.	Изогидрическая кристаллизация осуществляется при	1. выпаривании; 2. охлаждении; 3. введении комплексообразующих добавок; 4. введении малорастворимой соли.

Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	К какому типу относится реакция: $\text{CaWO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{WO}_4$	1. простая нейтрализация; 2. процессы образования малорастворимых соединений; 3. реакции обменного разложения с комплексообразованием; 4. реакция, сопровождающиеся выделением газов.
2.	К какому типу относится реакция: $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{FeSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	1. простая нейтрализация; 2. восстановление катиона; 3. реакции обменного разложения с комплексообразованием; 4. реакция, сопровождающаяся выделением газов.
3.	Азотнокислородное выщелачивание используется для разделения	1. золота и серебра; 2. меди и никеля; 3. свинца и кальция; 4. свинца и серебра.
4.	В каком случае применяется уравнение Дебая-Гюккеля <i>первого приближения</i> :	1. для растворов с очень низкой концентрацией электролита; 2. для высококонцентрированных растворов электролитов; 3. для идеальных растворов; 4. для растворов неэлектролитов.
5.	Какой из параметров системы не входит в приведенное уравнение $\lg \gamma_{\pm} = -0,509 z_+ z_- \sqrt{I}$	1. коэффициент активности; 2. заряд аниона; 3. ионная сила; 4. концентрация электролита.
6.	В термодинамическом цикле Борна-Габер на последней стадии рассматривается формирование кристаллического вещества через:	1. разложение твердой соли; 2. образование газов; 3. взаимодействие газообразных ионов; 4. растворение.
7.	Гидратация ионов для простого растворения определяется совокупностью изменений, связанных с образованием раствора из газообразных ионов и:	1. H_2O ; 2. раствора H_2SO_4 ; 3. раствора NaOH ; 4. раствора KOH .
8.	Для ускорения реакции с участием газовой фазы, если процесс лимитирует диффузия на границе жидкость-газ, необходимо <u>увеличить</u> :	1. дисперсацию; 2. поверхностное натяжение; 3. давление; 4. плотность.
9.	Массоперенос на границе раствор - минерал осуществляется за счет сочетания:	1. молекулярной диффузии и конвекции; 2. конвекции и адсорбции; 3. адсорбции и молекулярной диффузии; 4. десорбции и молекулярной диффузии.
10.	Определяющим признаком, отличающим торможение внешней диффузии от внутренней, является влияние:	1. температуры; 2. перемешивания; 3. концентрации; 4. поверхности раздела твердое – жидкое.
11.	Как осуществляется регенерация угля при сорбционном выщелачивании золота	1. обработкой паром; 2. обработкой соляной кислотой; 3. обработкой цианидом; 4. прокаливанием.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
12.	Какое оборудование используется для выделения угля, насыщенного золотом, из пульпы	1. гидроциклоны; 2. рамные фильтры; 3. углеуловители; 4. грохоты.
13.	Основное преимущества применения ионообменной сорбции металлов в пульпах	1. использование активированного угля; 2. высокая скорость выделения; 3. получение богатых растворов; 4. отсутствие фильтрации и сгущения.
14.	Оценка скорости электрохимических полуреакций при цементации осуществляется с использованием показателя	1. плотности тока; 2. силы тока; 3. разности редокс-потенциалов; 4. ЕДС.
15.	Для количественного цементационного выделения золота из цианистого раствора цинком необходимо предварительное	1. аэрирование раствора; 2. нагревание цинка; 3. снижение содержания цианид-иона; 4. освинцовывание цинка.
16.	Аппарат, который не может быть использован при цементационном выделении элементов из раствора	1. агитатор 2. циклон; 3. ресивер; 4. пульсационная колонна.
17.	Захват примеси с маточным раствором, заполняющим пустоты внутри кристаллов	1. неизоморфное осаждение; 2. изоморфное осаждение; 3. инклюзия; 4. абсорбция.
18.	Количественная характеристика пересыщенного раствора $\beta = \frac{\alpha}{C_n}$	1. абсолютное пересыщение; 2. относительное пересыщение; 3. степень пересыщения; 4. абсолютное переохлаждение.
19.	Как называется способ получения пересыщенного раствора введением в него вещества, понижающего растворимость, содержащегося в нем соединения	1. выпаривание; 2. лабильзация; 3. охлаждение; 4. высаливание.
20.	Пересыщение растворов достигается путем	1. охлаждения, выпаривания, высаливания; 2. выпаривания, диффузии, адсорбции; 3. высаливания, диффузии, выпаривания; 4. выпаривания, высаливания, адсорбции.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов: учебник для вузов / А.Н. Зеликман, Г.М. Вольдман, Л.В. Беляевская. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Metallurgy, 1983. 422 с.

2. Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов: Учеб. пособие. М.: Metallurgy, 1975. 504 с.

3. Каковский И.А. Термодинамика и кинетика гидрометаллургических процессов. Алма-Ата: Наука, 1986. 272 с.

4. Набойченко С.С. Расчеты гидрометаллургических процессов: Учебное пособие. М.: МИСИС, 1995. 428 с.
5. Орлов А.К. Технологические расчеты и задачи по металлургии тяжелых цветных металлов: учеб. пособие / А.К.Орлов, Г.В.Коновалов. СПб.: СПГИ, 2009. 105 с.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Теляков Н.М. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие / Н.М. Теляков, С.Н. Салтыкова, О.А. Дубовиков. СПб.: СПГИ, 2009. 129 с.
2. Процессы и аппараты цветной металлургии: Учебник / Под ред. С.С. Набойченко. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 1997. 648 с.
3. Грейвер Т.Н. Основы методов постановки и решения технологических задач цветной металлургии. М.: ГУП Изд. дом «Руда и металлы», 1999. 148 с.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Теория гидрометаллургических процессов: Методические указания к лабораторным работам / Сост. Петров Г.В., Фокина С.Б. Санкт-Петербург: РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 2014. 109 с.
2. Теория гидрометаллургических процессов: Методические указания к практическим занятиям / Сост. Г.В. Петров, С.Б. Фокина. СПб., 2019. 45 с.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
4. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
5. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»
6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
8. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
9. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru>
10. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>
11. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Лаборатории оснащены химическим оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теория гидрометаллургических процессов».

Мебель лабораторная:

стол 160×80×72 – 1 шт., шкаф 90×40×199 – 1 шт., шкаф для книг – 1 шт., стол для весов большой – 1 шт., стол-мойка с сушилкой – 2 шт., тумба для документов – 2 шт., шкаф для хранения реактивов - 1 шт., стол приборный большой с полкой – 11 шт., табурет – 12 шт., шкаф – тумба – 2 шт., стул «ИСО» – 2 шт., стол компьютерный 90×85×72 – 1 шт., стол компьютерный – 1 шт., стол 150×60×75 – 1 шт.

Оборудование и приборы:

титровальная установка – 1 шт., перемешивающее устройство ПЭ-6410 многоместное с нагревом – 1 шт., перемешивающее устройство ПЭ-8310 со штативом – 1 шт., весы ВЛТ-510-П

1 кг с калибровочной гирей сп 500 г. – 1 шт., весы лабораторные ВЛКТ-2К – 1 шт., рН-метр-673 – 1 шт., вакуум-насос – 1 шт., сушильный шкаф – 2 шт., плитка нагревательная – 1 шт., верхнеприводная мешалка – 4 шт., фильтровальная установка – 1 шт., дистиллятор GFL2012 – 1 шт., иономер АНИОН 4110 – 3 шт., лабораторный рН-метр HI2215 – 1 шт.; магнитная мешалка с нагревом С-MAG HS4 – 1 шт., весы ВАР-200 – 1 шт., магнитная мешалка без нагрева Mini MR standard КАМАГ – 2 шт., измеритель влажности МОС-120Н – 1 шт., универсальные весы аналитические Аух 220 – 1 шт., плакат в рамке под стеклом – 4 шт., часы настенные – 1 шт., лабораторная посуда и химические реактивы, огнетушитель – 1 шт.

Компьютерная техника:

мультимедийный блок – 1 шт.,
монитор ЖК HP 21,5"Тип 1, LV916AA – 1 шт., системный блок HP P3400 MT G630 Тип 4 – 1 шт. (с возможностью подключения к сети «Интернет»), принтер HP Laser Jet P1102 – 1 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 ,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 ,
Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)