

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

«ХИМИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Бельский Сергей
Сергеевич
Дата подписания: 05.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 05.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Химия редкоземельных элементов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Готовность использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, электрохимии в профессиональной деятельности	ПКС-1.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.1	Использует основные понятия термодинамики и термодинамические модели применительно к области кремния и/или редкоземельных элементов	Знать основные понятия, законы термодинамики в области металлургии редкоземельных элементов Уметь прогнозировать и определять свойства редкоземельных элементов и их соединений направление протекания химических реакций применять на практике знания законов термодинамики Владеть навыками расчета основных термодинамических характеристик и построения электронного строения атомов редкоземельных элементов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Химия редкоземельных элементов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Теория электрометаллургических процессов», «Теория пирометаллургических процессов», «Теория гидрометаллургических процессов», «Металлургия редких металлов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	32	32
лекции	16	16
лабораторные работы	16	16

практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	76	76
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ 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	Раздел 1. Место редкоземельных элементов в периодической системе элементов и их электронное строение. Тема 1.1. Лантан и лантаноиды	1	3					3, 5	14	Устный опрос
2	Тема 1.2. Особенности строения электронных оболочек	2	1					3	2	
3	Раздел 2. Свойства редкоземельных элементов и их соединений. Тема 2.1. Физические свойства	3	1					3, 5	10	Устный опрос
4	Тема 2.2. Химические свойства	4	1					3	2	
5	Раздел 3. Области применения редкоземельных элементов. Тема 3.1. Применение в черной и цветной металлургии	5	2					3, 5	10	Устный опрос
6	Тема 3.2. Применение редкоземельных элементов в различных отраслях техники	6	1					3	2	

7	Раздел 4. Источники сырья редкоземельных элементов. Тема 4.1. Содержание в земной коре, минералы, руды и месторождения	7	2					1, 3, 5	12	Тест, Устный опрос
8	Тема 4.2. Способы обогащения, концентраты	8	2					3	2	
9	Раздел 5. Способы переработки редкометалльного сырья	9	1					3	2	
10	Тема 5.1. Сернокислотный способ	10	1	1	8			2, 3, 4	10	Отчет по лабораторной работе
11	Тема 5.2. Щелочной способ	11	1	2	8			2, 3, 4	10	Отчет по лабораторной работе
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		16				76	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Раздел 1. Место редкоземельных элементов в периодической системе элементов и их электронное строение. Тема 1.1. Лантан и лантаноиды	К группе РЗЭ относится семейство из 14 элементов с порядковыми но-мерами от 58 (церий Ce) до 71 (лютеций Lu), расположенных в 6 периоде ПСЭ за лантаном и сходных с ним по свойствам. Поэтому обычно в эту группу включают и лантан, а элементы называют лантаноидами Ln (т.е. по-добные лантану). Кроме того, к лантаноидам примыкают химические аналоги лантана - элементы 111 В группы скандий и иттрий. Иттрий ближе по свой-ствам к лантаноидам, чем скандий, и обычно сопутствует им в минеральном сырье. В частности, наблюдается примерно аналогичное изменение устойчивости валентных состояний в обеих подгруппах, а также в окраске ионов: окраска растворов трехзарядных ионов первых 7 элементов близка к окраске последних 7 ионов в обратном порядке. Изменение магнитных свойств трех-зарядных ионов также имеет периодический характер.
2	Тема 1.2. Особенности строения электронных оболочек	По физико-химическим свойствам лантаноиды сходны между собой. Это объясняется особенностями строения их электронных оболочек: по мере роста заряда ядра (увеличения

		порядкового номера) структура двух внешних электронных уровней у атомов лантаноидов одинакова, так как при переходе от одного элемента к другому заполняется электронами глубоко лежащая атомная орбиталь (АО) 4f. Максимально возможное число электронов на 4f АО, равное 14, определяет число элементов семейства лантаноидов.
3	Раздел 2. Свойства редкоземельных элементов и их соединений. Тема 2.1. Физические свойства	Лантаноиды - металлы серебристо- белого цвета, некоторые - желтова-того, например, празеодим и неодим. Температура плавления элементов подгруппы церия ниже, чем у эле-ментов подгруппы иттрия. Примечательно, что у самария, европия и иттер-бия, проявляющих валентность 2, температуры кипения значительно ниже, чем у других лантаноидов. У гадолиния, самария и европия отмечаются вы-сокие сечения захвата тепловых нейтронов.Лантаноиды высокой чистоты пластичны и легко поддаются деформации (ковке, прокатке). Механические свойства сильно зависят от содержания примесей, особенно таких, как кислород, сера, азот и углерод. Значения временного сопротивления и модуля упругости металлов иттриевой подгруппы (за исключением иттербия) выше, чем металлов цериевой подгруппы.
4	Тема 2.2. Химические свойства	Лантаноиды отличаются высокой химической активностью. Они образуют прочные оксиды, галогениды, сульфиды, реагируют с водородом, угле-родом, углеводородами, оксидом и диоксидом углерода, азотом, фосфором. Металлы разлагают воду (медленно на холоду, быстрее - при нагревании) и легко растворяются в соляной, серной и азотной кислотах. При температурах выше 180-200 °С металлы быстро окисляются на воздухе.
5	Раздел 3. Области применения редкоземельных элементов. Тема 3.1. Применение в черной и цветной металлургии	Все без исключения РЗЭ проявляют высокое химическое сродство к неметаллам (O, S, N, P, H), обычно присутствующим в черных металлах . В связи с этим возникает возможность применения РЗЭ в качестве эффективных раскислителей и десульфуризаторов различных сталей и сплавов. В этой области, главным образом, используют ферроцерий или сплав лантаноидов (мишметалл). Мишметалл представляет собой сплав церия и металлов цериевой подгруппы с небольшим (до 5 %) содержанием железа и повышающий прочность стали, ее коррозионную устойчивость, а также жидкотекучесть и обрабатываемость. Добавление 2 кг РЗЭ на тонну стали существенно увеличивает ее прочность и ковкость.Чрезвычайно важную

		роль играют РЗЭ в производстве высокопрочного чугуна; 0,15% Се существенно повышает его физико - механические свойства: повышение сопротивления окислению, улучшение литейных качеств, горячей ковкости. В качестве модификатора чугуна может быть также использован иттрий.
6	Тема 3.2. Применение редкоземельных элементов в различных отраслях техники	Производство стекла и керамики. Стекольная промышленность - один из крупных потребителей РЗЭ для производства стекла, керамических и абразивных материалов. В стекольной промышленности РЗЭ применяются как для окрашивания стекла (в желтый цвет - CeO_2 , красный - Nd_2O_3 , зеленый - Pd_2O_3 и др.), так и для обесцвечивания его (соли Nd, Er, Ce), для изготовления специальных стекол, поглощающих УФ -лучи (Nd - для защиты от солнечных лучей, Nd Pr Ce - в стекле очков для сварочных и других работ). Атомная техника. Для атомной техники наибольший интерес представляют лантаноиды с высоким сечением захвата тепловых нейтронов - 44000 барн/ атом у Gd, 6500 барн/атом у Sm, 4500 барн/атом у Eu. Оксиды этих металлов входят в состав регулирующих стержней и защитных керамических покрытий, используемых в ядерных реакторах и атомных двигателях. Наиболее пригоден для этих целей европий, так как у него имеется пять изотопов, поглощающих нейтроны. Магнитные сплавы и материалы. Интерметаллиды РЗЭ, такие как YCo_5 , SmCo_5 , являются магнитными материалами с высоким значением произведения индукции на максимальную напряженность магнитного поля. Железо - редкоземельные гранаты $3\text{Ln}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{Fe}_2\text{O}_3$ обладают ферромагнитными свойствами и одновременно являются полупроводниками и диэлектриками. Их используют в высокочастотной технике, в частности в микроволновых передатчиках и других электронных приборах.
7	Раздел 4. Источники сырья редкоземельных элементов. Тема 4.1. Содержание в земной коре, минералы, руды и месторождения	Суммарное содержание РЗЭ в земной коре довольно велико, их общий кларк равен 0,15-0,16 %, их больше, чем В, Си, Со, Zn и Ni. Кларки же индивидуальных РЗЭ находятся в пределах $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10^{-4}$ %, и только для Tm и Lu они, соответственно, равны $3 \cdot 10^{-5}$ и $7 \cdot 10^{-5}$ %. Но даже туллий распространён больше, чем Sb, Bi, I, Cd, Se и др. РЗЭ встречаются в виде следов в золе каменных углей, растений, костей, в кораллах, листьях, морской воде, глинистых сланцах, фосфорных рудах, известковых отложениях, метеоритах и на Солнце. Известно, что

		распространенность четных химических элементов больше, чем нечетных. Известно больше 200 минералов, содержащих РЗЭ > 0,01 %, но собственных минералов, в которых Ln ₂ O ₃ больше 5 - 8 %, около 60 . Для редкоземельных элементов характерно образование селективных минералов, когда в одних минералах преобладают цериевые, а в других - иттриевые РЗЭ. По соотношению цериевых и иттриевых РЗЭ минералы делятся на несколько групп.
8	Тема 4.2. Способы обогащения, концентраты	Применяя гравитационные и магнитные способы обогащения, получают монацитовые концентраты с содержанием 55-60 % Ln ₂ O ₃ , бастнезитовые - до 60 %, ксенотимовые - 25-30 %, а после химического обогащения - до 60%. Содержание в них Y ₂ O ₃ - до 65 % от суммы Ln ₂ O ₃ . Лопаритовые руды легко обогащаются с получением концентратов, содержащих 80-90 % минерала. При их переработке лантаноиды извлекают попутно с ниобием, танталом и титаном. Цена на концентраты определяется содержанием в них РЗЭ. При переработке редкоземельного сырья любого типа первоначально выделяют смесь редкоземельных элементов (в виде оксидов, гидроксидов), которая затем поступает на разделение с целью получения индивидуальных элементов.
9	Раздел 5. Способы переработки редкометалльного сырья	Особенности технологии РЗЭ в значительной степени определяются комплексностью руд, разнообразием состава собственных минералов РЗЭ, многообразием минералов вмещающих горных пород, присутствующих в концентратах. Последние могут сильно влиять на процесс разложения концентратов вследствие протекания вторичных реакций. Во многих случаях концентраты РЗЭ содержат уран, торий и продукты радиоактивного распада, поэтому необходимы операции по их удалению на первых этапах переработки минерального сырья.
10	Тема 5.1. Сернокислотный способ	Способ переработки монацитового концентрата состоит в разложении концентрата крепкой серной кислотой с последующим выщелачиванием водных сульфатов РЗЭ и тория. Разложение. Измельченный монацитовый концентрат (~ 0,15 - 0,1 мм) разлагают концентрированной серной кислотой при расходе 1,5 - 2 т на 1 т концентрата, что в 2,5 - 3 раза превышает стехиометрически необходимое количество, при 180 - 200 °С в течение 2 - 4 ч. Разложение ведут в стальных или чугунных аппаратах периодического действия с мешалкой или в барабанных вращающихся сульфатизаторах

		с автоматической подачей серной кислоты и концентрата и непрерывной выгрузкой получаемого продукта.
11	Тема 5.2. Щелочной способ	В основе процесса лежит реакция взаимодействия монацита с растворами гидроксида натрия. Полное разложение монацита достигается при тонком измельчении концентрата (96,5 % класса - 0,044 мм), применении 45 %-го раствора NaOH в количестве 1,5 кг NaOH на 1 кг монацита (что составляет порядка 300 % от с.н.к.) и обработке при 140 °C в течение примерно 3 ч. Высокий расход реагента - основной недостаток способа вскрытия монацита гидроксидом Na. Концентрат разлагают щелочью в стальных реакторах. Полученную пульпу спускают в сборник, где разбавляют промывными водами с последующих операций (до содержания 30 % NaOH). Во избежание кристаллизации фосфата натрия пульпу нагревают до 100-110 °C и после выдержки в течение 1 ч горячую пульпу фильтруют; фильтрат, содержащий Na ₃ PO ₄ и избыточный NaOH, выпаривают и затем кристаллизуют из него тринатрий фосфат (Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O), который является полезным побочным продуктом производства.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Переработка монацитового концентрата серной кислотой	8
2	Разложение монацитового концентрата раствором гидроксида натрия	8

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	2
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
3	Подготовка к зачёту	24

4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	12
5	Проработка разделов теоретического материала	34

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

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Химия редкоземельных элементов : методические указания для лабораторных работ (заочная форма обучения): по направлению подготовки "Металлургия" по дисциплине "Химия редкоземельных элементов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 9.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Химия редкоземельных элементов : методические указания для самостоятельной работы (заочная форма обучения): по направлению подготовки "Металлургия": по дисциплине "Химия редкоземельных элементов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 17.

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 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

В методических указаниях (п.5.1) приведены темы для самостоятельного изучения разделов курса и рекомендуемая литература. Изучать материал рекомендуется по главам учебника (учебного пособия) непосредственно перед лекцией по данной теме. Следует прочитать весь материал темы, не затронутый на лекции. На лекции по теме, указанной для самостоятельного изучения, преподаватель проводит устный опрос (выборочно из обучающихся).

Вопросы для контроля (на примере темы «Источники сырья редкоземельных элементов»):

1. Основные источники сырья редкоземельных элементов;
2. Комплексность сырья редкоземельных элементов;
3. Минералы, руды и месторождения редкоземельных элементов;
4. Россыпные и коренные породы, содержащие редкоземельные элементы;
5. Сырьевые источники скандия;
6. Сравнить содержание в земной коре элементов с нечетным номером с содержанием элементов - с четным номером;
7. Какое суммарное весовое содержание лантаноидов в земной коре;
8. Что представляют собой по химической природе минералы, содержащие РЗЭ;
9. Какие минералы являются одним из основных источников получения редкоземельных элементов;
10. Какие основные способы обогащения применяют для получения монацитовых концентратов.

Критерии оценивания.

Активное участие обучающегося при устном опросе на лекционных занятиях.

6.1.2 семестр 3 | Тест

Описание процедуры.

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

Пример теста (по теме «Источники сырья редкоземельных элементов»):

Вариант

1. Какой из перечисленных ниже минералов носит название «монацит»:

А) $(\text{Ce, Ln} \dots)\text{PO}_4$;

Б) $(\text{Ce, Ln} \dots)\text{FCO}_3$;

В) $\text{Ca}(\text{Ce, Ln} \dots)_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$.

2. Сколько известно минералов, содержащих редкоземельные элементы:

А) более 50;

Б) более 150;

В) более 250.

3. После гравитационных и магнитных способов обогащения, получают монацитовые концентраты с содержанием:

А) 45-55% Ln_2O_3 ;

Б) 55-65% Ln_2O_3 ;

В) 65-75% Ln_2O_3 .

4. Какой из перечисленных ниже минералов носит название «бастнезит»:

А) $(\text{Ce, Ln} \dots)\text{PO}_4$;

Б) $(\text{Ce, Ln} \dots)\text{FCO}_3$;

В) $\text{Ca}(\text{Ce, Ln} \dots)_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$.

5. Какой из перечисленных способов разложения не используется в промышленной практике разложения монацитовых концентратов:

А) азотной кислотой;

Б) серной кислотой;

В) растворами гидроксида натрия.

6. Какое название имеет минерал, описываемый формулой $(\text{Ce, Ln} \dots)\text{PO}_4$:

А) монацит;

Б) лопарит;

В) бастнезит.

Критерии оценивания.

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

6.1.3 семестр 3 | 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. Задание на выполнение лабораторной работы обучающийся получает на предыдущем занятии. 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. 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».

4. На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Вопросы для контроля (на примере лабораторной работы «Переработка монацитового концентрата серной кислотой»):

1. Что представляет собой «монацит».
2. Какие способы обогащения применяют для получения монацитовых концентратов?
3. Из каких основных операций состоит сернокислотный способ разложения монацитовых концентратов?
4. Условия проведения процесса разложения монацита серной кислотой.
5. Продукты переработки сернокислотного способа.
6. Аппаратурное оформление процесса.
7. Результаты эксперимента.

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой лабораторной работе в методических указаниях. Подробное описание лабораторных работ и вопросы к защите отчета представлены в методических указаниях (см. п.5.1).

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-1.1	Демонстрирует знания основных понятий термодинамики и свойств редкоземельных элементов	Тестирование. Устное собеседование по вопросам к зачёту

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет по курсу состоит из 2-х частей.

Раздел № 2 «Свойства редкоземельных элементов и их соединений» обучающийся сдает в виде теста.

Оценивание индикатора достижения компетенции по остальным темам – в виде вопросов.

Пример задания:

1. Пример теста

1. Какая степень окисления наблюдается у самария, европия и иттербия:

А) +2;

Б) +3;

В) +4.

2. На какое количество подгрупп подразделяются редкоземельные элементы:

А) две;

Б) три;

В) четыре.

3. Какая степень окисления проявляется у церия и празеодима:

А) +2;

Б) +3;

В) +4.

4. Пирофорны – это сплавы, содержащие 70-75% металлов цериевой группы и:

А) 25-30% Fe;

Б) 25-30% Cu;

В) 25-30% Ni.

5. Элементы какой группы периодической системы примыкают к лантаноидам:

А) II;

Б) III;

В) IV.

2. Перечень вопросов к зачету

1. Как термодинамические свойства электронных оболочек группы лантаноидов обосновывают их место в Периодической системе элементов?

2. Каковы термодинамические аспекты современных технологий получения РЗЭ?

3. Современное состояние технологии получения РЗЭ.

4. Назовите основные физические свойства РЗЭ. Температуры плавления и кипения, некоторые механические свойства.

5. Какие термодинамические свойства наиболее важных химических соединений РЗЭ следует учитывать?

6. Каковы термодинамические характеристики оксидов РЗЭ и их влияние на химические свойства?

7. Термодинамика основных реакций, протекающих при серноокислотном способе разложения монацитовых концентратов?

8. Термодинамика основных реакций, протекающих при щелочном способе разложения монацитовых концентратов?

9. Из каких исходных соединений с точки зрения термодинамики наиболее целесообразно получать редкоземельные элементы?

10. Строение редкоземельных элементов.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует знания основных понятий термодинамики и свойств редкоземельных элементов	Не знает основные понятия термодинамики и свойства редкоземельных элементов

7 Основная учебная литература

1. Анфилогова Л. А. Химия редкоземельных элементов : конспект лекций / Л. А. Анфилогова, 2007. - 40.
2. Зеликман Абрам Наумович. Металлургия редких металлов : учеб. для вузов по спец. "Металлургия цв. металлов" / Абрам Наумович Зеликман, Борис Георгиевич Коршунов, 1991. - 431.
3. Глинка Н. Л. Общая химия : учеб. пособие для вузов / Н. Л. Глинка, 2007. - 727.
4. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия : учебник для химико-технологических специальностей вузов / Н. С. Ахметов, 2008. - 742.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Химия и технология редких и рассеянных элементов : учебное пособие для химико-технологических вузов: в 2 т. / ред. К. А. Большаков. Т. 1 : Химия редких и рассеянных элементов / П. С. Киндяков [и др.], 1965. - 349.
2. Карапетьянц Михаил Христофорович. Общая и неорганическая химия : учеб. для вузов / Михаил Христофорович Карапетьянц, Сергей Иванович Дракин, 1994. - 592.
3. Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология : учеб. для вузов по специальности "Хим. технология ред. и рассеян. элементов и материалов на их основе" направления подгот. диплом. специалистов "Хим. технология материалов соврем. энергетики". Кн. 3. /С. С. Коровин, В. И. Букин, П. И. Федоров, А. М. Резник / под общ. ред. С. С. Коровина, 2003. - 438.
4. Химия редкоземельных элементов : методические указания для лабораторных работ (заочная форма обучения): по направлению подготовки "Металлургия" по дисциплине "Химия редкоземельных элементов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 9.
5. Химия редкоземельных элементов : методические указания для самостоятельной работы (заочная форма обучения): по направлению подготовки "Металлургия": по дисциплине "Химия редкоземельных элементов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 17.

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 (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007
2. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Проектор EPSON EB
3. Мешалка верхнеприводная EUROSTAR
4. Насос вакуумный "НВР-4,5Д"
5. Весы технические лабораторные "BT-300"