

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

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«МЕТАЛЛУРГИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Бельский Сергей Сергеевич
Дата подписания: 04.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина Владимировна
Дата подписания: 04.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

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

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность осуществлять, анализировать и корректировать процессы металлургической переработки металлосодержащих руд и вторичного сырья, а также получения первичного алюминия и(или) производства обожженных анодов и(или) литейного производства	ПКС-4.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-4.4	Демонстрирует способность осуществлять и корректировать процессы переработки руд редких металлов	Знать основные параметры, оказывающие влияние на эффективность металлургических процессов переработки руд редких металлов и диапазоны их оптимальных значений Уметь применять полученные знания об условиях протекания технологических процессов переработки руд редких металлов для обеспечения правильного ведения технологического процесса Владеть навыками корректировки технологических процессов получения редких металлов в случаях нарушения технологии производства

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Металлургия редких металлов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика», «Металлургическая теплотехника», «Теория электрометаллургических процессов», «Теория гидрометаллургических процессов», «Теория пирометаллургических процессов»

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

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)
--------------------	---

	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	80	80
лекции	32	32
лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	28	28
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ 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	Введение. Общие вопросы металлургии редких металлов	1	4					2, 6	18	Реферат, Устный опрос
2	Раздел 1. Технология переработки руд тугоплавких металлов. Тема 1.1. Вольфрам и молибден	2	6	1, 2, 3	32	1	16	1, 3, 4, 5	10	Тест, Отчет по лабораторной работе
3	Тема 1.2. Тантал и ниобий	3	2							
4	Тема 1.3. Титан, цирконий, гафний	4	4							
5	Раздел 2. Технология переработки руд цветных металлов с целью получения рассеянных редких металлов. Тема 2.1. Свойства, применение, сырьевая база	5	4							
6	Тема 2.2. Галлий	6	2							
7	Тема 2.3. Индий	7	2							
8	Тема 2.4. Таллий	8	2							
9	Тема 2.5. Германий	9	2							

10	Тема 2.6. Селен и теллур	10	2							
11	Тема 2.7. Рений	11	2							
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		32		16		64	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Общие вопросы металлургии редких металлов	Роль редких металлов в современной технике достаточно велика. Редкие металлы в большой степени определяют развитие таких важных областей, как электровакуумная техника, полупроводниковая электроника, атомная энергетика, авиа- и ракетостроение, а также производство специальных сталей, твердых, жаропрочных и антикоррозионных сплавов. В настоящее время металлургическая промышленность производит 71 металл, из них 41 относится к группе редких, исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, насколько велика роль редких металлов в современной промышленности. Основными особенностями технологии редких металлов являются: бедность и сложность по составу рудного сырья; комплексные руды (W-Mo, Ti-Ta-Nb-P.З., Mo-Re и др.); высокие требования к чистоте получаемого металла; различие масштабов производства; высокая стоимость металла; широкое использование всех современных разнообразных химико-технологических и металлургических методов.
2	Раздел 1. Технология переработки руд тугоплавких металлов. Тема 1.1. Вольфрам и молибден	Вольфрам открыт в 1781 г. шведским химиком К.Б. Шееле при разложении кислотой минерала «тунгстена» (тяжелый камень), впоследствии названного шеелитом. В 1783 г. было установлено, что вольфрам входит в состав другого минерала – вольфрамита, и в этом же году впервые был получен порошок вольфрама восстановлением триоксида вольфрама углеродом. За элементом сохранилось два названия: вольфрам (в России, Германии и ряде стран Европы) и тунгстен (в Англии, США, Франции). Молибден был открыт в 1778 году шведским химиком Карлом Шееле - получен оксид MoO ₃ . В 1782 г. П. Гьельм впервые получил молибден в металлическом состоянии, загрязненный углеродом и карбидом молибдена. Чистый молибден в 1817 году был получен Й. Берцелиусом. Первые попытки использования молибдена в металлургии стали относиться к концу

		<p>прошлого столетия. Промышленное производство молибдена началось в 1909-1910 гг., когда были обнаружены особые свойства оружейных и броневых сталей, легированных этим металлом, а также была разработана технология получения компактных тугоплавких металлов методом порошковой металлургии.</p>
3	Тема 1.2. Тантал и ниобий	<p>Элемент ниобий (колумбий) был открыт в 1801 г. Английским химиком Гатчеттом в минерале, найденном в Колумбии, и назван им колумбитом. В 1802 г. Шведский химик Экеберг в двух минералах, найденных в Финляндии и Швеции, открыл элемент, названный им танталом. В последующем тантал и колумбий считали тождественными. Лишь в 1844 г. немецкий химик Розе доказал, что минерал колумбит содержит два различных элемента: ниобий (названный им по имени мифологической богини слез Ниобы – дочери Тантала) и тантал. В чистом виде тантал был впервые получен в 1903 г., а ниобий в 1907 г. Болтоном. В промышленных масштабах тантал начали выпускать в 1922 г., ниобий – в конце 30-х годов. Тантал и ниобий относятся к V побочной группе периодической системы. Они обладают близкими химическими и физическими свойствами и в рудном сырье обычно сопутствуют один другому. Тантал и ниобий – металлы серо-стального цвета. Тантал имеет слегка синеватый оттенок. Чистые металлы пластичны и могут быть прокатаны в тонкий лист и холодном состоянии без промежуточных отжигов.</p>
4	Тема 1.3. Титан, цирконий, гафний	<p>Элемент титан открыт в 1791 г. английским любителем-минералогом Грегором в титанистом железняке – менакенице и был им назван менакеном. В 1795 г. немецкий химик Клапрот открыл в минерале рутиле новый элемент, названный титаном. Несколько лет спустя была доказана идентичность менакена и титана. До 1849 г. за металлический титан принимали металлоподобный карбонитрид титана, найденный в шлаках доменных печей. Металлический титан был получен лишь спустя 120 лет после открытия, в 1910 г., американским химиком Хантером восстановлением тетрахлорида титана натрием. Элемент цирконий открыт почти одновременно с титаном – в 1789 г. Клапротом, который получил диоксид циркония из минерала циркона. Чистый ковкий цирконий был получен лишь в 1925 г. (спустя 136 лет после открытия элемента) термической диссоциацией иодида циркония по методу Ван-Аркеля и де Бура. Химический аналог</p>

		циркония – гафний, всегда содержащийся в его минералах, был открыт в 1923 г. венгром Хевеши и голландцем Костером на основании теоретических предсказаний бора.
5	Раздел 2. Технология переработки руд цветных металлов с целью получения рассеянных редких металлов. Тема 2.1. Свойства, применение, сырьевая база	Рассеянные металлы обычно входят в кристаллические решетки минералов, образованных более распространенными металлами. Объясняется это тем, что ионы рассеянных металлов близки по размерам к ионам более распространенных. Например, галлий в природе всегда сопутствует алюминию, так как размер его иона равен 0,62А, а алюминия 0,57А. К тому же эти элементы близки по своим химическим свойствам. Содержание в земной коре таких рассеянных металлов, как литий, рубидий, цезий, больше по сравнению с содержанием таких широко известных металлов, как олово, свинец, кадмий, ртуть. Рассеянные редкие металлы большей частью находятся в форме изоморфной примеси в минералах других элементов и извлекаются попутно из отходов металлургического и химического производства.
6	Тема 2.2. Галлий	Галлий был открыт в 1875 г. французским химиком Лекок де Буабодраном спектральным методом в цинковой обманке. Свойства этого элемента за четыре года до его открытия были с большой точностью предсказаны Д.И. Менделеевым. Химический элемент III группы периодической системы. Название от Gallia - латинское название Франции. Серебристо-белый легкоплавкий (tпл 29,77°С) металл; плотность (г/см ³) твердого металла 5,904, жидкого 6,095; tкип 2205°С. На воздухе химически стоек. В природе рассеян, встречается вместе с Al. Применяют в основном (на 97%) в производстве полупроводниковых материалов (GaAs, GaSb, GaP, GaN).
7	Тема 2.3. Индий	Индий назван по синей (цвета индиго) линии спектра. Химический элемент III группы периодической системы; атомный номер 49, атомная масса 114,82; состоит из двух изотопов ¹¹⁵ In (95,7%) и ¹¹³ In (4,3%). Первый слабо радиоактивен (β-излучатель, T _{1/2} 5.1014 лет). Конфигурация внешней электронной оболочки 5s ² 5p ¹ ; степень окисления 3, редко 1; энергия ионизации In ⁰ : In ¹ : In ² : In ³ соответственно равна 5,786390, 18,8700 и 28,03 эВ; атомный радиус 0,166 нм; относится к рассеянным элементам.
8	Тема 2.4. Таллий	Таллий был открыт спектральным методом в 1861 английским ученым Уильямом Круксом в шлаках свинцовых камер сернокислотного завода города

		<p>Гарц. Название элемент получил по характерным зеленым линиям своего спектра и зеленой окраске пламени. Таллий (лат. Tallium, от греческого «таллос» - зеленая ветвь). Химический элемент с атомным номером 81, атомная масса 204,383. Природный таллий состоит из двух стабильных изотопов: ^{205}Tl (содержание 70,5% по массе) и ^{203}Tl (29,5%). В ничтожных количествах встречаются радиоактивные изотопы таллия: ^{208}Tl, ^{210}Tl, ^{206}Tl и ^{207}Tl.</p>
9	Тема 2.5. Германий	<p>Элементарный германий светло-серого цвета, кристаллизуется в кубической решетке типа алмаза. Даже очень чистый германий при комнатной температуре хрупок, но выше $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ поддается пластической деформации. С увеличением температуры удельное сопротивление (как и у всех полупроводников) понижается. Температура плавления германия составляет $958,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а кипения $2690\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чистый компактный германий устойчив на воздухе при обычной температуре и быстро окисляется при $600\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ с образованием диоксида германия. С азотом германий не взаимодействует, аммиак при $700\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$ реагирует с образованием нитрида германия Ge_3N_2. Твердый германий практически не реагирует с водородом вплоть до температуры плавления, расплавленный – поглощает водород. В незначительной мере при $1000\text{--}1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ образуя летучие гидриды германия (германоводороды).</p>
10	Тема 2.6. Селен и теллур	<p>Теллур открыл в 1782 г. венгерский химик Мюллер фон Райхенштейн в минерале, известном под названием «белая золотая руда». Название «теллур» дал элементу в 1798 г. tellus – земля). Селен открыли в 1817 г. шведские химики Берцелиус и Ган при исследовании осадков, образовавшихся в свинцовой камере при производстве серной кислоты. Осадок рассматривали как возможный источник теллура, однако исследование показало, что в нем содержится новый элемент, который из-за химического сходства с теллуrom назван «selene» (от греческого – Луна). Изучение свойств селена и теллура, областей применения, источников получения стало интенсивнее с начала XX в., особенно и связи с использованием полупроводниковых материалов в ряде отраслей новой техники. Промышленное производство селена и теллура началось с 1910 г.</p>
11	Тема 2.7. Рений	<p>Химический элемент VII группы периодической системы. Назван от латинского Rhenus – р. Рейн (открыт в Германии в 1925 г.). Светло-серый</p>

		металл, один из самых тяжёлых и тугоплавких, плотность 21,01 г/см ³ , температура плавления рения 3180 °С. Химически очень стоек. В природе рассеян, собственный минерал джезказганит весьма редок; добывают из молибденовых руд. Сплавы рения с другими тугоплавкими металлами (W, Mo, Ta) высокожаропрочные, идут на детали сверхзвуковых самолётов и ракет, сплавы с W и Mo – для нитей накаливания и термопар. Рениевые покрытия защищают металлы от коррозии и износа. Катализатор дегидрогенизации и крекинга нефти.
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Переработка вольфрамитового концентрата с целью получения триоксида вольфрама	12
2	Переработка шеелитового концентрата с целью получения триоксида вольфрама	12
3	Переработка молибденитового концентрата с целью получения парамолибдата аммония	8

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет процесса спекания шеелитового концентрата с содой	16

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	2
2	Написание реферата	2
3	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
4	Подготовка к практическим занятиям	2
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	2
6	Проработка разделов теоретического материала	16

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 практическим занятиям

Металлургия редких металлов: метод. указания к практическим занятиям /сост. С.С. Бельский. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 19 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Металлургия редких металлов : метод. указания по выполнению лабораторных работ / сост.: С.С. Бельский – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 20 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Металлургия редких металлов : метод. указания по самостоятельной работе студентов / сост.: С.С. Бельский – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 16 с.

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

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Реферат

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (реферата) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемых литературы и информационных ресурсов. В начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата (согласно порядковому номеру в списке группы). После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной работы в виде реферата (текст реферата должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4).

Примерная тематика рефератов

1. Свойства рассеянных редких металлов и их соединений.
2. Применение рассеянных редких металлов.
3. Источники сырья рассеянных редких металлов.
4. Получение галлия в производстве глинозема и алюминия.
5. Получение галлия в производстве цинка.
6. Получение индиевых концентратов.
7. Методы рафинирования черного индия.
8. Извлечение таллия из обогащенных им продуктов.
9. Получение и переработка германиевых концентратов.
10. Производство диоксида германия.
11. Производство германия высокой чистоты.
12. Получение селена и теллура.
13. Технология переработки скандийсодержащего сырья.
14. Переработка монацитовых концентратов.
15. Методы разделения редкоземельных элементов.
16. Сырьевая база радиоактивных металлов.

17. Получение чистых соединений тория.

18. Производство урана.

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для написания реферата; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

6.1.2 семестр 7 | 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:

1. Классификация редких металлов
2. Основные типы руд редких металлов
3. Какие основные методы добычи редких металлов используются в промышленности?
4. Основные физико-химические свойства редких металлов
5. Объясните роль редких металлов в современных технологиях
6. Каковы основные страны-производители редких металлов и их влияние на мировой рынок?
7. Особенности технологии получения редких металлов
8. Что общего у всех редких элементов
9. Перспективы развития металлургии редких металлов
10. Определения понятия "редкие элементы".

Критерии оценивания.

Активное участие обучающегося при устном опросе на лекционных занятиях.

6.1.3 семестр 7 | Тест

Описание процедуры.

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

Пример теста (по теме «Общие вопросы металлургии редких металлов»):

Вариант

1. Какая из групп по технической классификации не относится к редким металлам:
А) легкие;
Б) тяжелые;
В) тугоплавкие.
2. Среднее содержание вольфрама в земной коре составляет:
А) 10-3 % (по массе);
Б) 10-4 % (по массе);
В) 10-5 % (по массе);
3. Наиболее распространенным и промышленно важным минералом молибдена является:

- А) повеллит CaMoO_4 ;
 Б) молибденит MoS_2 ;
 В) вульфенит PbMoO_4 .
4. К какой группе редких металлов относится рений:
 А) легкие редкие металлы;
 Б) тугоплавкие редкие металлы;
 В) радиоактивные редкие металлы.
5. В какие группы периодической системы входят редкие металлы:
 А) I, II, III, IV;
 Б) VI, VII, VIII;
 В) все перечисленные.
6. К какой еще группе по технической классификации могут быть отнесены рассеянные элементы рубидий и цезий:
 А) к легким;
 Б) к тугоплавким;
 В) к редкоземельным.
7. Эксплуатируемые руды редких металлов содержат:
 А) от 0,0001 до 0,01 % извлекаемого металла;
 Б) от 0,001 до 0,1 % извлекаемого металла;
 В) от 0,01 до 0,1 % извлекаемого металла;
8. Какой минерал в течение многих столетий считали разновидностью графита:
 А) молибденит;
 Б) шеелит;
 В) вольфрамит.
- Критерии оценки:

Критерии оценивания.

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

6.1.4 семестр 7 | 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 вольфрамитового концентрата с целью получения триоксида вольфрама»):

1. Что представляет собой минерал «вольфрамит».
2. Состав шихты для спекания вольфрамита.
3. Для чего в состав шихты вводится селитра.
4. Температура обжига и выщелачивания.
5. Условия проведения выщелачивания.
6. Очистка раствора вольфрамата от примесей.
7. Результаты эксперимента.

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой лабораторной работе в методических указаниях.

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-4.4	Демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей процессов и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений в области металлургии редких металлов	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Процедура проведения экзамена (семестр №7) по курсу состоит из 2-х частей. Раздел курса № 1 «Технология переработки руд тугоплавких металлов» обучающийся сдает в виде теста. Остальные темы – в виде вопросов в экзаменационном билете. Если обучающийся в течение семестра неуспешно сдал тест по теме «Технология получения радиоактивных редких металлов» - данная тема также выносится на экзамен в виде теста.

Пример задания:

1. Пример теста

1. Процесс спекания шеелита с содой проводят при температурах:

- А) 800-900 °С;
- Б) 1000-1100 °С;
- В) 1200-1400 °С.

2. Наиболее распространенным и промышленно важным минералом молибдена является:

- А) повеллит CaMoO_4 ;
- Б) молибденит MoS_2 ;
- В) вульфенит PbMoO_4 .

3. Какой из редких металлов восстанавливают непосредственно из рудного сырья:

- А) вольфрам;
- Б) молибден;
- В) редкие металлы не восстанавливают непосредственно из рудного сырья.

4. Какой элемент был открыт при разложении кислотой минерала под названием «тунгстен»:

- А) вольфрам;
- Б) молибден;
- В) ниобий.

5. С какой из перечисленных кислот вольфрам не взаимодействует даже при нагревании:

- А) H_2SO_4 ;
- Б) HCl ;
- В) HF .

2. Вопросы к экзамену:

1. Понятие «редкие металлы». Техническая классификация редких металлов.

2. Разложение вольфрамитовых концентратов едким натром. Условия проведения процесса.

3. Сформулируйте диапазон значений производственных показателей процесса спекания шеелита с содой и песком.

4. Автоклавно-содовое разложение вольфрамсодержащего сырья.

5. Кислотные способы разложения вольфрамсодержащего сырья. Условия проведения процесса.

6. Переработка растворов вольфрамата натрия.

7. Получение парамолибдата аммония.

8. Опишите процесс окислительного обжига молибденитовых концентратов.

9. Сырьевая база вольфрама и молибдена.

10. Разложение молибденитовых концентратов азотной кислотой. Охрана окружающей среды.

11. Выделение из растворов соединений вольфрама.

12. Принципиальная технологическая схема переработки вольфрамсодержащих концентратов.

13. Принципиальная технологическая схема переработки молибденитовых концентратов.

14. Какое оборудование применяется для переработки руд, содержащих вольфрам и

молибден?

15. Какое количество железа содержится в ильмените и почему получение хлорида титана из ильменита затруднено?

16. Условия проведения восстановительной плавки ильменита и применяемое оборудование.

17. Принципиальная технологическая схема переработки ильменитовых концентратов.

18. Опишите способы хлорирования титансодержащих материалов.

19. Дайте характеристику сернокислотному способу получения диоксида титана.

20. Основные операции технологической схемы переработки цирконового концентрата способом спекания с карбонатом кальция.

21. Способы выделения циркония из растворов и получение диоксида циркония.

22. Какие способы получения тетрахлорида циркония Вы знаете? Дайте их краткую характеристику.

23. Какие промышленные способы разделения циркония и гафния Вы знаете? Дайте их краткую характеристику.

24. Перечислите способы получения титана и циркония.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей процессов и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений в области металлургии редких металлов	Демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей процессов и режимы проведения технологических операций, демонстрирует не очень глубокие знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений в области металлургии редких металлов	Демонстрирует слабую способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей процессов и режимы проведения технологических операций, а также демонстрирует слабые знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений в области металлургии редких металлов	Не демонстрирует способность сформулировать перечень и диапазон значений производственных показателей процессов и режимы проведения технологических операций, а также не демонстрирует знания основных причин нарушения работы металлургических процессов и параметров, влияющих на эффективность работы предприятия, а также диапазонов их оптимальных значений в области металлургии редких металлов

7 Основная учебная литература

1. Воскобойников В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев, 2005. - 764.
2. Зеликман Абрам Наумович. Металлургия редких металлов : учеб. для вузов по спец. "Металлургия цв. металлов" / Абрам Наумович Зеликман, Борис Георгиевич Коршунов, 1991. - 431.
3. Надольский А. П. Расчеты процессов и аппаратов производства тугоплавких металлов : учебное пособие для вузов по специальности "Металлургия цветных металлов" / Анатолий Павлович Надольский, 1980. - 127.
4. 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.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Байбеков Мурат Казмухамедович. Производство четыреххлористого титана / Мурат Казмухамедович Байбеков, Владимир Дмитриевич Попов, Иван Матвеевич Чепрасов, 1987. - 127.
2. Ниобий и тантал / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов, А. В. Елютин, А. М. Захаров, 1990. - 294.
3. Михайличенко А. И. Редкоземельные металлы / А. И. Михайличенко, Е. Б. Михлин, Ю. Б. Патрикеев, 1987. - 228.
4. 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.
5. Коленкова М. А. Металлургия рассеянных и легких редких металлов : учеб. пособие / М. А. Коленкова, О. Е. Крейн, 1977. - 360.
6. Металлургия циркония и гафния / Н. В. Барышников [и др.]; пол ред. Л. Г. Нехамкина, 1979. - 208.
7. Вакуумная металлургия тугоплавких металлов и твердых сплавов / М. В. Мальцев [и др.], 1981. - 271.

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. Муфельная печь ЭКПС 10 (1100*С, 10л, материал камеры-волокно МКРВ)
2. Проектор "Epson EB-S18"
3. Весы технические лабораторные "BT-1500"
4. Мешалка верхнеприводная RW
5. Насос вакуумный VPA-3S с комплектом шлангов
6. Весы лабораторные "Веста ВМ 153"
7. Экран Projecta SlimScreen настенный