Рабочая программа дисциплины (модуля) «Технология урана и тория», включая оценочные материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	-	-
Профессиональные	-	ПК-1. Способен к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ядерного топливного цикла, в том числе с использованием радиоактивных материалов
	-	ПК-3. Способен осуществлять технологический процесс обращения, хранения, транспортировки и переработки ядерного топлива и иных ядерных материалов в соответствии с регламентом, с соблюдением норм охраны труда, правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной и ядерной безопасности

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-1	ПК-1.1	Понимает и может применить на практике знания теоретических основ технологических процессов производства основных функциональных материалов ядерного топливного цикла, в том числе с использованием радиоактивных материалов
ПК-3	ПК-3.1	Владеет теоретической базой осуществления технологического процесса ядерной энергетики и производства ее основных материалов, в том числе ядерного топлива и иных ядерных материалов, и может применить ее в профессиональной деятельности

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – изучение основных закономерностей химических процессов технологии урана и тория, рассмотрение основных методов и приемов повышения эффективности их работы, формирование у студента знаний и умений, необходимых для осуществления химико-технологических процессов технологии урана и тория.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- химию урана и тория и их соединений, используемых в технологии;
- устройство, режим работы основного оборудования;
- принципы построения технологических схем, оптимальных по организации процесса и выбору технологического оборудования, пути совершенствования основных узлов передела;
- способы производства различных видов керамического ядерного топлива;
- технологические нормативы расходования сырья, материалов и энергетические затраты;

уметь:

- организовать технологический процесс, обеспечивая получение продуктов, полностью отвечающих требованиям, подобрать оптимальные условия проведения этих процессов;
- проводить расчеты норм расходования сырья, материалов и энергетических затрат, обрабатывать и анализировать полученные результаты с применением современных

инструментальных методов и вычислительной техники для оптимизации технологических процессов;

владеть:

- теоретическими основами гидрометаллургических процессов, включая процессы выщелачивания, фильтрации, ионного обмена, жидкостной экстракции и других методов выделения урана и тория из осветленных растворов и пульп, тонкой химической очистки и т.п.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	***Формы обучения***
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	7/252
Контактная работа:	144
Занятия лекционного типа	72
Занятия семинарского типа	72
Консультации	0
Промежуточная аттестация: экзамен, зачет	36
Самостоятельная работа (СР)	72

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Виды учебной работы (в часах)						
		Контактная работа						СР
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				
		Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Введение. Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности	12	0	12	0	0	0	12
2.	Рудоподготовка и обогащение руд. Высокотемпературная обработка руд и концентратов. Выщелачивание урановых руд и концентратов	12	0	12	0	0	0	12
3.	Химические методы выделения концентратов. Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп. Экстракционные методы переработки урановых растворов	12	0	12	0	0	0	12
4.	Аффинаж урана	12	0	12	0	0	0	12
5.	Получение оксидов и фторидов уран	12	0	12	0	0	0	12
6.	Технология тория	12	0	12	0	0	0	12

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Введение. Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности	Основные этапы развития урановой промышленности. Общие вопросы технологии радиоактивных и редких элементов. Особенности технологии радиоактивных элементов и роль комплексной переработки сырья. Требования к чистоте ядерного топлива. Проблема обезвреживания радиоактивных отходов. Структура дисциплины, ее объем, форма отчетности студентов. Значение дисциплины для подготовки специалистов (инженеров-химиков-технологов). Роль и место оборудования в производстве редких элементов в системе производства материалов современной энергетики. Распространенность урана в природе. Геохимические особенности урана. Образование первичных урановых минералов. Геохимия урана в зоне выветривания и образование вторичных урановых минералов. Основные урановые минералы: уранинит, настуран, давидит, браннерит, урановая чернь, карнотит, тюямунит, торбернит, отенит, сланец, бурые угли и др. Их характеристика. Распространенность тория в природе. Основные минералы тория: монацит, торианит, торит, ловчоррит, лопарит и др. и их характеристика. Основные критерии для промышленной оценки месторождений полезных ископаемых. Методы опробования и подсчета запасов. Методы поисков урановых и ториевых руд. Месторождения и запасы ториевых и урановых руд.
2.	Рудоподготовка и обогащение руд. Высокотемпературная обработка руд и концентратов. Выщелачивание урановых руд и концентратов	Принципы классификации промышленных урановых руд (по характеру минерализации, твердости, типу рудовмещающих пород и др. признакам). Процессы дробления, измельчения, классификации, сгущения и фильтрации. Типовые схемы дробления, измельчения, классификации и сгущения руд радиоактивных элементов. Способы противоточной промывки пульп, полученных после выщелачивания. Флокулянты, их свойства и применение. Задачи обогащения. Характеристика методов обогащения. Продукты и показатели процесса обогащения. Потери. Ограничения и экономическая целесообразность применения обогащения. Избирательное измельчение. Электростатический и магнитный методы. Обогащение руд методом радиометрической сортировки. Обогащение в забое. Радиометрические контрольные станции РКС. Гравитационные методы обогащения. Флотационное обогащение. Основы флотации. Флотореагенты. Флотомашины. Задачи высокотемпературной обработки руд и концентратов. Окислительный обжиг. Влияние режима обжига на выщелачиваемость огарка. Возможные пути переработки углеродсодержащих урановых руд. Сульфатизация, хлорирование, спекание с добавками солей. Физико-химические основы процессов. Техника безопасности при переработке радиоактивного сырья. Сущность и области применения гидрометаллургического способа переработки руд и концентратов. Выбор реагентов для гидрометаллургических процессов. Кинетика процессов выщелачивания и влияние на скорость и степень выщелачивания различных факторов: вещественного состава руды, тонины помола, продолжительности процесса, температуры, перемешивания, остаточной концентрации выщелачивающего реагента, Т:Ж. Выщелачивание просачиванием (перколяция). Устройство перколяторов. Загрузка и разгрузка. Периодические и методические способы выщелачивания. Кучное (капиллярное), бактериальное выщелачивание. Замес.

		Выщелачивание перемешиванием (агитация). Использование реакторов с механическим, пневмомеханическим и пневматическим перемешиванием. Периодические и непрерывные процессы выщелачивания. Преимущества непрерывного процесса. Каскад выщелачивания. Выщелачивание руд и концентратов в автоклавах. Устройство автоклавов. Преимущества и недостатки автоклавного процесса выщелачивания. Основные источники уранового промышленного сырья. Выбор и обоснование способа выщелачивания. Сернокислотное выщелачивание руд и концентратов урана. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в растворах серной кислоты. Влияние окислителей на выщелачивание минералов урана. Технологические схемы сернокислотного вскрытия первичных и вторичных руд. Комплексная переработка фосфатных руд. Выщелачивание руд под давлением. Бескислотное выщелачивание сульфидных руд. Выщелачивание урана из концентратов, шлаков и фосфатных руд азотной кислотой. Вскрытие урановых руд растворами соды. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в содовых растворах. Комплексная переработка уранванадиевых руд. Особенности выщелачивания первичных урановых минералов содовыми растворами. Автоклавное вскрытие урановых руд. Подземное выщелачивание руд. Сущность геотехнологических процессов. Ограничения метода. Подземное выщелачивание скальных пород. Разрушение рудного массива и подготовка руды к подземному выщелачиванию. Физико-химические основы капиллярного выщелачивания. Аппаратурное оформление процесса. Техника безопасности при подземном выщелачивании скальных пород. Подземное выщелачивание руд осадочных месторождений в пластовых условиях. Кинетика выщелачивания. Роль микроорганизмов при выщелачивании сульфидных руд. Организация подземного выщелачивания. Экономическая целесообразность подземного выщелачивания.
3.	Химические методы выделения концентратов. Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп. Экстракционные методы переработки урановых растворов	Общие основы осаждения химических концентратов урана. Дробное осаждение гидроксидов и полиуранатов. Сравнительная характеристика осадителей. Известкование. Осаждение фосфатов и пирофосфатов. Поведение примесей при выделении концентратов. Выделение урана из содовых растворов: кислотное разложение карбонатных растворов, осаждение гидроксидом натрия, восстановление водородом в присутствии катализатора. Отделение макроколичеств ванадия и фосфора Области применения ионообменных процессов в технологии радиоактивных элементов. Требование, предъявляемые к ионитам. Преимущества ионообменного метода извлечения урана перед осадительным. Механизм сорбции ионов катионитами и анионитами. Десорбция. Основные показатели, характеризующие ионообменный процесс. Ионообменные равновесия. Изотермы сорбции. Выходные кривые и кривые элюирования. Влияние состава смол и состава внешнего раствора на избирательное поглощение ионов. "Отравление" смол. Химическая устойчивость смол. Сорбция в статических и динамических условиях. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов. Адсорбционная колонна, ее устройство. Функции колонны. Режим сорбции и элюирования. Типовая схема сорбции урана из осветленных сернокислых растворов ионообменным методом. Сорбционное выделение урана из карбонатных растворов. Извлечение урана ионообменными смолами из разбавленных и плотных пульп. Аппаратурное оформление процесса. Преимущества и недостатки ионообменной технологии. Ее возможности, экономическая оценка и перспективы развития

		Особенности экстракционных процессов при извлечении ценных компонентов из разбавленных растворов. Преимущества экстракционного метода перед сорбционным. Недостатки метода. Общие требования, предъявляемые к экстрагентам. Разбавители и их роль в экстракционных процессах. Обоснование выбора экстрагента. Первичные, вторичные и третичные алкиламины и четвертичные аммониевые основания как экстрагенты в технологии урана. Механизм экстракции аминами. Факторы, влияющие на экстракцию: состав водной фазы, тип экстрагента и его концентрация, природа разбавителя, температура и т.д. Селективность. Кинетика экстракции. Реэкстракция. Технологическая схема выделения урана из осветленных сернокислых растворов экстракцией алкиламинами; возможные варианты: разделение урана и тория, урана и ванадия, урана и молибдена и т.п. Экстракция урана из пульп. Алкилорто- и алкилпирофосфорные, алкилфос-фоновые и алкилфосфиновые кислоты. Механизм экстракции и реэкстракции. Полимеризация фосфорорганических кислот в органических разбавителях. Селективность экстрагентов по отношению к урану. Синергетный эффект. Характеристика экстрагентов. Экстракция нейтральными экстрагентами. Нейтральные фосфорорганические соединения, сульфоксиды, кетоны, спирты. Физико-химические свойства ТБФ. Экстракция уранилнитрата трибутилфосфатом. Факторы, влияющие на распределение уранилнитрата между водной и органической фазами. Технологическая схема очистки уранилнитрата экстракционным методом. Использование для очистки урана других нейтральных фосфорорганических и кислородсодержащих соединений. Обоснование выбора экстракционного оборудования
4.	Аффинаж урана	Задачи тонкой очистки. Понятие о ядерной чистоте. Особенности аффинажных операций. Экстракционные и химические методы очистки урановых соединений. Химические методы очистки соединений урана: осаждение оксалатов урана (VI и IV), пероксида урана, высаливание трикарбоураниламмони
5.	Получение оксидов и фторидов уран	Применение оксидов урана. Система уран - кислород. Получение оксидов термическим разложением гидроксида, пероксида, диураната аммония, оксалатов и нитратов уранила, трикарбонатураниламмония. Допустимые нормы на содержание примесей. Обоснование выбора аппаратов для получения оксидов. Применение тетрафторида урана. Требования предъявляемые к тетрафториду урана. Сравнение "мокрых" и "сухих" методов получения тетрафторида урана. Сухие способы получения тетрафторида урана. Режим и аппаратурное оформление процесса гидрофторирования. Фторирование оксидов урана бифторидом аммония, фреонами. Применение гексафторида урана. Фторирование тетрафторида урана газообразным фтором, фторгалогенидами. Получение гексафторида урана в пламенных реакторах. Получение гексафторида урана ядерной чистоты из неочищенного тетрафторида. Методы получения тетрафторида и оксидов урана из обогащенного гексафторида урана.
6.	Технология тория	Роль тория в атомной энергетике, перспективы. Способы переработки ториевых руд и концентратов. Сульфатизация монацитового концентрата. Режим сульфатизации. Выщелачивание тория из сульфатизированного продукта. Выделение тория из сернокислых растворов фосфатным и оксалатным методами, осаждение двойных сульфатов. Оборудование. Щелочные методы переработки монацита. Схема и режим процесса. Разделение тория и РЗЭ методом дробной нейтрализации. Карбонатно-бикарбонатный метод

		разделения. Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья. Переработка лопаритового концентрата, иттропаризита, бастнезита. Получение чистых соединений тория. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная. Методы экстракционной очистки. Экстракция нитрата тория ТБФ. Экстракция тория аминами. Получение металлического тория. Исходное сырье. Электролиз расплавленных солей. Обработка катодных штанг. Металлотермическое восстановление оксида и галогенидов тория. Обработка ториевого металлического порошка. Получение компактного металла. Материалы и оборудование для получения металлического тория.

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Введение. Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности	ПЗ	Анализ урановой руды. Ситовой анализ. Определение плотности руды. Определение насыпной плотности руды. Определение минералогического состава руды. Определение содержания влаги в руде. Определение потерь при прокаливании. Объемный метод определения содержания урана в руде. Определение содержания урана в фильтратах.
2.	Рудоподготовка и обогащение руд. Высокотемпературная обработка руд и концентратов. Выщелачивание урановых руд и концентратов	ПЗ	Оборудование, используемое для дробления, измельчения, классификации, сгущения и обезвоживания урановых руд. Химизм процессов вскрытия урановых и сопутствующих ему урановых минералов в различных растворителях (соде, серной и азотной кислотах) с последующей обработкой карбонатными растворами и выделением первого химического концентрата. Сернокислотное вскрытие урановой руды. Расчет необходимого количества серной кислоты и окислителя для вскрытия урановой руды. Вскрытие урановой руды, определение кислотности раствора, концентрации урана в первом фильтрате и влажности кека. Расчет необходимого числа репульпационных отмывок кека от урана.
3.	Химические методы выделения концентратов. Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп. Экстракционные методы переработки урановых растворов	ПЗ	Основные закономерности и понятия ионного обмена. Ионообменники органические и неорганические, природные и синтетические. Катиониты, аниониты и амфолиты. Понятие о матрице, функциональных группах, противоионах, коионах. Синтез и характеристика основных ионообменных смол. Экстракционные равновесия и закономерности экстракции. Изотермы. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции урана. Терминология экстракционных процессов. Показатели экстракции. Расчет необходимого числа ступеней противоточной экстракции (аналитический и графический). Устройство и принцип работы смесителей-отстойников периодического действия, внутренних смесителей - отстойников, смесителей - отстойников ящичного типа, насадочных, пульсационных, роторно-дисковых колонн, центробежных экстракторов
4.	Аффинаж урана	ПЗ	Карбонатно-пероксидная очистка химичес-кого концентрата и получение технического оксида урана (IV, VI) Обработка первого химического концентрата раствором карбоната аммония, разрушение аммоний-уранилкарбонатного комплекса, осаждение пероксида урана и прокаливание до оксида урана (IV, VI). Расчет

			выхода урана из руды в технический оксид урана (IV, VI)
5.	Получение оксидов и фторидов уран	ПЗ	Карбонатно-пероксидная очистка химичес-кого концентрата и получение технического оксида урана (IV, VI) Обработка первого химического концентрата раствором карбоната аммония, разрушение аммоний-уранилкарбонатного комплекса, осаждение пероксида урана и прокаливание до оксида урана (IV, VI). Расчет выхода урана из руды в технический оксид урана (IV, VI)
6.	Технология тория	ПЗ	Щелочные методы переработки монацита. Схема и режим процесса. Разделение тория и РЗЭ методом дробной нейтрализации. Карбонатно-бикарбонатный метод разделения. Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья. Переработка лопаритового концентрата, иттропаризита, бастнезита. Получение чистых соединений тория. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная.

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Введение. Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
2.	Рудоподготовка и обогащение руд. Высокотемпературная обработка руд и концентратов. Выщелачивание урановых руд и концентратов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
3.	Химические методы выделения концентратов. Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп. Экстракционные методы переработки урановых растворов	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
4.	Аффинаж урана	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
5.	Получение оксидов и фторидов уран	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа
6.	Технология тория	Повторение лекционного материала. Подготовка к занятиям семинарского типа

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Введение. Распространение радиоактивных элементов в природе, геохимические особенности	Устный опрос
2.	Рудоподготовка и обогащение руд. Высокотемпературная обработка руд и концентратов. Выщелачивание урановых руд и концентратов	Устный опрос

3.	Химические методы выделения концентратов. Ионообменное выделение урана из осветленных растворов и пульп. Экстракционные методы переработки урановых растворов	Устный опрос
4.	Аффинаж урана	Устный опрос
5.	Получение оксидов и фторидов уран	Устный опрос
6.	Технология тория	Устный опрос

3.1.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля успеваемости

Устный опрос

1. Анализ урановой руды.
2. Ситовой анализ.
3. Определение плотности руды.
4. Определение насыпной плотности руды.
5. Определение минералогического состава руды.
6. Определение содержания влаги в руде.
7. Определение потерь при прокаливании.
8. Объемный метод определения содержания урана в руде.
9. Определение содержания урана в фильтратах.
10. Оборудование, используемое для дробления, измельчения, классификации, сгущения и обезвоживания урановых руд.
11. Химизм процессов вскрытия урановых и сопутствующих ему урановых минералов в различных растворителях (соде, серной и азотной кислотах) с последующей обработкой карбонатными растворами и выделением первого химического концентрата.
12. Сернокислотное вскрытие урановой руды.
13. Расчет необходимого количества серной кислоты и окислителя для вскрытия урановой руды.
14. Вскрытие урановой руды, определение кислотности раствора, концентрации урана в первом фильтрате и влажности кека.
15. Расчет необходимого числа репульпационных отмывок кека от урана.
16. Основные закономерности и понятия ионного обмена.
17. Ионообменники органические и неорганические, природные и синтетические.
18. Катиониты, аниониты и амфолиты.
19. Понятие о матрице, функциональных группах, противоионах, коионах.
20. Синтез и характеристика основных ионообменных смол.
21. Экстракционные равновесия и закономерности экстракции.
22. Изотермы.
23. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции урана.
24. Терминология экстракционных процессов.
25. Показатели экстракции.
26. Расчет необходимого числа ступеней противоточной экстракции (аналитический и графический).
27. Устройство и принцип работы смесителей-отстойников периодического действия, внутренних смесителей - отстойников, смесителей - отстойников ящичного типа, насадочных, пульсационных, роторно-дисковых колонн, центробежных экстракторов
28. Карбонатно-пероксидная очистка химичес-кого концентрата и получение технического оксида урана (IV, VI) Обработка первого химического концентрата раствором карбоната аммония, разрушение аммоний-уранилкарбонатного комплекса, осаждение пероксида урана и прокаливание до оксида урана (IV, VI).
29. Расчет выхода урана из руды в технический оксид урана (IV, VI)

30. Щелочные методы переработки монацита.
31. Схема и режим процесса.
32. Разделение тория и РЗЭ методом дробной нейтрализации.
33. Карбонатно-бикарбонатный метод разделения.
34. Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья.
35. Переработка лопаритового концентрата, иттропаризита, бастнезита.
36. Получение чистых соединений тория.
37. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория.
38. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости
Устный ответ

Оценка знаний предполагает дифференцированный подход к обучающемуся, учет его индивидуальных способностей, степень усвоения и систематизации основных понятий и категорий по дисциплине. Кроме того, оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение использовать в ответе практический материал. Оценивается культура речи, владение навыками ораторского искусства.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала, использование профессиональных терминов, культура речи, навыки ораторского искусства. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка *«отлично»* ставится в случае, когда материал излагается исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно, при этом раскрываются не только основные понятия, но и анализируются точки зрения различных авторов. Обучающийся не затрудняется с ответом, соблюдает культуру речи.

Оценка *«хорошо»* ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но при ответе на вопрос допускает несущественные погрешности.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации
3.2.1. Критерии оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Шкала оценивания	Результаты обучения	Показатели оценивания результатов обучения
ОТЛИЧНО	Знает:	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил материал, уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - на основе системных научных знаний делает квалифицированные выводы и обобщения, свободно оперирует категориями и понятиями.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, используя научные понятия, ссылаясь на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся владеет рациональными методами (с использованием рациональных методик) решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал навыки - выделения главного, - связкой теоретических положений с требованиями руководящих

		документов, - изложения мыслей в логической последовательности, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
ХОРОШО	Знает:	- обучающийся твердо усвоил материал, достаточно грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений, оперирует категориями и понятиями, но не всегда правильно их верифицирует.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и в основном правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, не в полной мере используя научные понятия и ссылки на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся в целом владеет рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении смог продемонстрировать достаточность, но не глубинность навыков, - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся ориентируется в материале, однако затрудняется в его изложении; - показывает недостаточность знаний основной и дополнительной литературы; - слабо аргументирует научные положения; - практически не способен сформулировать выводы и обобщения; - частично владеет системой понятий.
	Умеет:	- обучающийся в основном умеет решить учебно-профессиональную задачу или задание, но допускает ошибки, слабо аргументирует свое решение, недостаточно использует научные понятия и руководящие документы.
	Владеет:	- обучающийся владеет некоторыми рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал недостаточность навыков - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
НЕУДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся не усвоил значительной части материала; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует квалифицированных выводов и обобщений; - не владеет системой понятий.
	Умеет:	обучающийся не показал умение решать учебно-профессиональную задачу или задание.
	Владеет:	не выполнены требования, предъявляемые к навыкам, оцениваемым «удовлетворительно».

3.2.2. Контрольные задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов для устных ответов (варианты теста)

1. Распространенность урана в природе. Геохимические особенности урана. Образование первичных урановых минералов. Основные урановые минералы: уранинит, настуран и др. первичные урановые минералы Их характеристика.

2. Геохимия урана в зоне выветривания и образование вторичных урановых минералов. Основные урановые минералы: урановая чернь, карнотит, тюямунит, торбернит, отенит, сланец, бурые угли и др. Их характеристика.
3. Основные критерии для промышленной оценки месторождений полезных ископаемых. Методы опробования и подсчета запасов. Методы поисков урановых руд.
4. Принципы классификации промышленных урановых руд (по характеру минерализации, твердости, типу рудовмещающих пород и др. признакам).
5. Процессы дробления и измельчения. Типовые схемы дробления и измельчения. Оборудование: дробилки, грохоты, мельницы (шаровые, стержневые, воздушноударные)
6. Процессы классификации, сгущения и фильтрации. Оборудование: классификаторы (спиральные, чашевые, реечные), гидроциклоны, сгустителиотстойники, патронные сгустители, фильтры (барабанные, дисковые, карусельные, ленточные, фильтр-прессы, ФПАК-М и др.), пульсационная колонна для отмывки кеков.
7. Типовые схемы классификации и сгущения руд. Способы противоточной промывки пульп, полученных после выщелачивания, аппаратура. Флокулянты, их свойства и применение.
8. Задачи обогащения. Характеристика методов обогащения. Продукты и показатели процесса обогащения. Ограничения и экономическая целесообразность применения обогащения.
9. Избирательное измельчение. Электростатический и магнитный методы. Магнитные сепараторы.
10. Обогащение руд методом радиометрической сортировки. Обогащение в забое. Радиометрические контрольные станции РКС.
11. Гравитационные методы обогащения. Отсадка. Отсадочные машины. Концентрационные столы.
12. Гравитационные методы обогащения. Конусные сепараторы. Обогащение в тяжелых суспензиях.
13. Флотационное обогащение. Основы флотации. Флотореагенты. Флотомашины.
14. Задачи высокотемпературной обработки руд и концентратов. Окислительный обжиг. Влияние режима обжига на выщелачиваемость огарка.
15. Сульфатизация, хлорирование, спекание с добавками солей. Физикохимические основы процессов.
16. Сущность гидрометаллургического способа переработки руд. Выбор реагентов для гидрометаллургических процессов. Выщелачивание просачиванием (перколяция). Устройство перколяторов. Загрузка и разгрузка.
17. Периодические и методические способы выщелачивания. Кучное (капиллярное), бактериальное выщелачивание. Замес.
18. Выщелачивание перемешиванием (агитация). Использование реакторов с механическим перемешиванием. Периодические и непрерывные процессы выщелачивания. Преимущества непрерывного процесса. Каскад выщелачивания.
19. Выщелачивание перемешиванием (агитация). Использование реакторов с пневматическим перемешиванием. Выщелачивание руд и концентратов в автоклавах. Устройство автоклавов. Преимущества и недостатки автоклавного процесса выщелачивания.
20. Кинетика процессов выщелачивания и влияние на скорость и степень выщелачивания различных факторов: вещественного состава руды, тонины помола, продолжительности процесса, температуры, интенсивности перемешивания, остаточной концентрации выщелачивающего реагента, Т:Ж.

21. Сернокислотное выщелачивание руд и концентратов урана. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в растворах серной кислоты. Влияние окислителей на выщелачивание минералов урана.
22. Технологические схемы сернокислотного вскрытия первичных. Выщелачивание руд под давлением. Бескислотное выщелачивание сульфидных руд.
23. Технологические схемы сернокислотного вскрытия вторичных руд. Комплексная переработка фосфатных руд.
24. Вскрытие урановых руд растворами соды. Растворимость урановых минералов и минералов пустой породы в содовых растворах. Особенности выщелачивания первичных урановых минералов содовыми растворами. Автоклавное вскрытие урановых руд.
25. Подземное выщелачивание руд. Сущность геотехнологических процессов. Ограничения метода. Подземное выщелачивание скальных пород. Разрушение рудного массива и подготовка руды к подземному выщелачиванию. Физико-химические основы капиллярного выщелачивания. Аппаратурное оформлениепроцесса.
26. Подземное выщелачивание руд осадочных месторождений в пластовых условиях. Кинетика выщелачивания. Организация подземного выщелачивания. Экономическая целесообразность подземного выщелачивания.
27. Общие основы осаждения химических концентратов урана. Дробное осаждение гидроксидов и полиуранатов. Сравнительная характеристика осадителей. Известкование. Осаждение фосфатов и пирофосфатов. Поведение примесей при выделении концентратов.
28. Выделение урана из содовых растворов: кислотное разложение карбонатных растворов, осаждение гидроксидом натрия, восстановление водородом в присутствии катализатора. Отделение макроколичеств ванадия и фосфора.
29. Области применения ионообменных процессов в технологии урана, основные закономерности. Требование, предъявляемые к ионитам, выбор оптимальных технологических параметров. Преимущества ионообменного метода извлечения урана перед осадительным.
30. Основные закономерности и понятия ионного обмена. Ионообменники органические и неорганические, природные и синтетические. Катиониты, аниониты и амфолиты. Синтез и характеристика основных ионообменных смол.
31. Механизм сорбции ионов катионитами и анионитами. Десорбция. Основные показатели, характеризующие ионообменный процесс. Емкость ионитов и методы ее определения. Ионообменные равновесия. Изотермы сорбции. Выходные кривые и кривые элюирования. Набухаемость ионитов.Сорбция в статических и динамических условиях.
32. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов с исползованием катионитов. Основные закономерности. Поведение примесей.
33. Извлечение урана ионообменными смолами из осветленных растворов с исползованием анионитов. Основные закономерности. Поведение примесей. Сорбционное выделение урана из карбонатных растворов.
34. Адсорбционная колонна, ее устройство. Функции колонны. Режим сорбции и элюирования. Типовая схема сорбции урана из осветленных сернокислых растворов ионообменным методом.
35. Извлечение урана ионообменными смолами из разбавленных и плотных пульп. Аппаратурное оформление процесса: контейнерный метод, контакторы-разделители, организация непрерывного противоточного процесса.
36. Извлечение урана ионообменными смолами из разбавленных и плотных пульп. Аппаратурное оформление процесса: пачуки, колонны с движущимся и взвешенным

слоем ионита, пульсационные колонны. Бесфильтрационное выделение урана из плотных пульп.

37. Особенности экстракционных процессов при извлечении ценных компонентов из разбавленных растворов. Преимущества экстракционного метода перед сорбционным. Недостатки метода.
38. Экстракционные равновесия и закономерности экстракции. Изотермы. Классификация экстрагентов и механизмов экстракции урана.
39. Терминология экстракционных процессов. Показатели экстракции. Общие требования, предъявляемые к экстрагентам. Разбавители и их роль в экстракционных процессах. Обоснование выбора экстрагента.
40. Первичные, вторичные и третичные алкиламины и четвертичные аммониевые основания как экстрагенты в технологии урана. Механизм экстракции аминами. Факторы, влияющие на экстракцию: состав водной фазы, тип экстрагента и его концентрация, природа разбавителя, температура и т.д. Селективность. Кинетика экстракции. Реэкстракция.
41. Характеристика промышленных марок алкиламинов. Технологическая схема выделения урана из осветленных сернокислых растворов экстракцией алкиламинами. Возможные варианты схем: разделение урана и тория, урана и ванадия, урана и молибдена и т.п.
42. Алкилорто- и алкилпирофосфорные, алкилфосфоновые и алкил-фосфиновые кислоты. Механизм экстракции и реэкстракции. Полимеризация фосфорорганических кислот в органических разбавителях. Селективность экстрагентов по отношению к урану. Синергетный эффект. Характеристика экстрагентов: ДДФК, Д2ЭГФК, ОПФК, ДПФК и др. Экстракция из пульп.
43. Экстракция нейтральными экстрагентами. Нейтральные фосфорорганические соединения, сульфоксиды, кетоны, спирты. Физико-химические свойства ТБФ. Экстракция уранилнитрата трибутилфосфатом.
44. Факторы, влияющие на распределение уранилнитрата между водной и органической фазами. Технологическая схема очистки уранилнитрата экстракционным методом. Использование для очистки урана других нейтральных фосфорорганических и кислородсодержащих соединений.
45. Обоснование выбора экстракционного оборудования. Устройство и принцип работы смесителей-отстойников периодического действия, внутренних смесителей - отстойников, смесителей - отстойников ящичного типа, насадочных, пульсационных, роторно-дисковых колонн, центробежных экстракторов.
46. Задачи тонкой очистки. Понятие о ядерной чистоте. Особенности аффинажных операций. Экстракционные методы очистки урановых соединений.
47. Химические методы очистки соединений урана: осаждение пероксида урана.
48. Химические методы очистки соединений урана: осаждение оксалатов урана (VI и IV), высаливание трикарбо-натураниламмония.
49. Применение оксидов урана. Система уран - кислород. Получение оксидов термическим разложением гидроксида, пероксида, диураната аммония, оксалатов и нитратов уранила, трикарбонатураниламмония.
50. Применение тетрафторида урана. Требования предъявляемые к тетрафториду урана. Сравнение "мокрых" и "сухих" методов получения тетрафторида урана.
51. Получение тетрафторида урана из водных растворов. Электролитическое восстановление урана (VI). Осаждение, дегидратация и сушка гидратов тетрафторида урана.
52. Сухие способы получения тетрафторида урана. Режим и аппаратурное оформление процесса гидрофторирования. Материалы для изготовления оборудования. Фторирование оксидов урана бифторидом аммония, фреонами.

53. Применение гексафторида урана. Фторирование тетрафторида урана газообразным фтором, фторгалогенидами. Получение гексафторида урана в пламенных реакторах. Получение гексафторида урана ядерной чистоты из неочищенного тетрафторида.
54. Конденсация гексафторида урана и его отделение от фтора и фтористого водорода. Аппаратурное оформление процессов. Методы получения тетрафторида и оксидов урана из обогащенного гексафторида урана.
55. Допустимые нормы на содержание примесей в металлическом уране. Термодинамические основы металлотермии урана. Сырье для получения металлического урана.
56. Методы получения металлического урана: металлотермическое восстановление оксидов и галогенидов. Режим процессов. Материалы и оборудование для получения металлического урана. Переработка порошкообразного металла.
57. Методы получения металлического урана: электрохимическое восстановление из расплавленных солей. Режим процессов. Материалы и оборудование для получения металлического урана. Переработка порошкообразного металла. Рафинирование чернового металла. Аппаратура для рафинирования.
58. Требования, предъявляемые к ядерному топливу, классификация ядерного топлива, керамическое ядерное топливо. Физико-химические основы получения керамических материалов. Основные способы производства порошков и гранул оксидов, карбидов, нитридов и других соединений урана, плутония, тория, применяемых для изготовления керамического топлива. Керметы. Особенности производства различных видов керамического топлива.
59. Конструкции твэлов и тепловыделяющих сборок.
60. Основные минералы тория.
61. Роль тория в атомной энергетике. Физические свойства тория.
62. Химические свойства тория и его соединений.
63. Сульфатизация монацитового концентрата. Режим сульфатизации. Выщелачивание тория из сульфатизированного продукта.
64. Выделение тория из сернокислых растворов фосфатным и оксалатным методами, осаждение двойных сульфатов.
65. Щелочные методы переработки монацита. Схема и режим процесса.
66. Разделение тория и РЗЭ методом дробной нейтрализации. Карбонатнобикарбонатный метод разделения.
67. Выделение тория при комплексной переработке бедного уранового сырья. Переработка лопаритового концентрата.
68. Получение чистых соединений тория. Методы нейтрализации, выделение гидратированного сульфата тория, двойных сульфатов тория.
69. Получение чистых соединений тория. Очистка оксалатная, карбонатная, пероксидная, фторидная.
70. Методы экстракционной очистки. Экстракция нитрата тория ТБФ. Экстракция тория аминами.
71. Получение металлического тория. Исходное сырье. Электролиз расплавленных солей. Обработка катодных штанг.
72. Получение металлического тория. Металлотермическое восстановление оксида и галогенидов тория.
73. Обработка ториевого металлического порошка. Получение компактного металла. Методы рафинирования.

3.2.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос

«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2 вопроса
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	- требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров их научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминологии

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических учебно-профессиональных задач)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	- выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные учебные издания

1. "Ташлыков, О. Л. Ядерные технологии : учебное пособие для вузов / О. Л. Ташлыков ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 198 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02898-0 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1822-3 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/492594.
2. Барсуков, О. А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография / О. А. Барсуков. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 560 с. — ISBN 978-5-9221-1306-

9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2722. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. – URL: https://urait.ru/.
2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. – URL: https://znanium.com/.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.studentlibrary.ru/.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – URL: http://elibrary.ru/.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – URL: http://cyberleninka.ru/.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – URL: http://window.edu.ru/.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: http://fcior.edu.ru/.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: http://dic.academic.ru.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. – URL: http://ivo.garant.ru/.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	**Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения**
Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-

	образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в приказе об аудиторном фонде, расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.