

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Физико-технологический институт



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Перечень сведений о программе аспирантуры	Учетные данные
Программа аспирантуры Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов	Код ПА 2.6.8.
Группа специальностей Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Код 2.6.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург
2023 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение
1	Рычков Владимир Николаевич	Д.х.н.	Зав. кафедрой	Кафедра редких металлов и наноматериалов
2	Ямщиков Леонид Федорович	Д.х.н.	Профессор- исследователь	Кафедра редких металлов и наноматериалов

Рекомендовано:

Учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Протокол № 7 от 10.03.2023 г.

Председатель УМС института



С. В. Никифоров

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Технология материалов современной энергетики» относится к факультативной части программы аспирантуры.

Цель дисциплины: формирование у аспирантов компетенций в области основных материалов современной инновационной энергетики.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующей задачи:

- изучение химических, физических и ядерных свойств урана, плутония, основ химической технологии переработки уранового сырья с получением богатых урановых концентратов, а также химической технологии переработки отработавшего ядерного топлива.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- место и роль химической технологии урана, плутония, других актинидов в развитии науки, техники и технологии, производства инновационных материалов современной энергетики;
- особенности и специфики уранового производства, источниках сырья и его влияния на окружающую среду;
- пути решения проблем замыкания ядерного топливного цикла;
- тенденции развития ядерных технологий, в первую очередь, малоотходные и безопасные технологии.

Уметь:

- анализировать технологические схемы получения энергоемких соединений;
- получать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные;
- проводить химические и физические эксперименты, радиометрические и дозиметрические измерения, корректно обрабатывать экспериментальные данные;
- обеспечивать безопасное проведение работ с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать поглощенную дозу за счет внутреннего и внешнего облучения;
- принимать решения в ситуациях риска.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методами составления тепловых и материальных балансов химических аппаратов и установок производства редких, рассеянных и радиоактивных элементов;
- методами кинетического анализа и моделирования химических реакторов конкретных процессов химической технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов;
- методами оценки риска и определения мер по обеспечению безопасности разрабатываемых инновационных технологий;
- навыками разработки законченных проектно-конструкторских работ;
- навыками работы с научной литературой с целью определения направления исследования и решения спецзадач.

1. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины в 6 семестре (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4

3.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	0,6	104
4.	Промежуточная аттестация	104	0,25	Зачет
5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	4,6	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Введение	Роль ядерной энергетики в развитии общества. Конструкционная схема ядерной энергетической установки. Классификация и виды ядерных реакторов. Физические основы работы ядерных энергетических установок.
P2	Способы получения ядерного топлива	Основные виды и характеристики ядерного топлива. Способы разделения изотопов урана. Исходные материалы для производства ядерного топлива. Оболочки тепловыделяющих элементов. Способы получения оксидного керамического ядерного топлива. Способы получения смешанного оксидного топлива. Способы получения нитридного топлива. Способы получения металлического топлива. Карбидное топливо и способы его получения. СНУП топливо. СНУП-Н топливо. Топливные композиции жидкосольевых реакторов.
P3	Характеристика отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Цели и задачи переработки ОЯТ. Способы вскрытия и растворения ОЯТ	Характеристики тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и тепловыделяющих сборок (ТВС). Общая характеристика процессов вскрытия отработавших ТВЭЛов. Состав ОЯТ различного типа ядерных энергетических установок. Задачи радиохимической технологии. Замкнутый ядерный топливный цикл. Хранение и транспортирование ОЯТ АЭС.
P4	Водные методы переработки ОЯТ	Поведение основных компонентов ОЯТ (урана, плутония и нептуния) в азотнокислых растворах. Критические параметры водных систем. Осадительные методы переработки ОЯТ. Экстракционные методы переработки ОЯТ.
P5	Неводные методы переработки ОЯТ	Фторидно-газовые технологии регенерации ОЯТ. Использование жидких солей и металлов при переработке ОЯТ. Пирохимические способы переработки ОЯТ в солевых расплавах. Другие неводные методы переработки ОЯТ. Обращение с отходами пирохимической переработки ОЯТ.
P6	Перспективные способы переработки ОЯТ	Альтернативные экстракционные технологии переработки ОЯТ. Основные направления совершенствования существующих технологий переработки ОЯТ.
P7	Аппаратурно-технологическое оформление процессов производства и	Оборудование для фабрикация ядерного топлива. Оборудование для рефабрикация ядерного топлива.

	переработки ядерного топлива	
--	---------------------------------	--

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Практические занятия

Не предусмотрено.

2. Примерная тематика самостоятельной работы

1. Примерный перечень тем рефератов

Не предусмотрено.

2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные в Институтах новых материалов и технологий и физико-технологическом критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность,

	к учебе, порученному делу	будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
--	---------------------------	--	---

4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Топливные материалы в ядерной энергетике.
2. Влияние глубины выгорания и выдержки облученного ядерного топлива на его химический и изотопный состав.
3. Перспективные топливные циклы энергетических реакторов.
4. Регенерация урана и плутония из отработавших ТВЭЛов ядерных реакторов.
5. Основные проблемы и современное состояние безопасности предприятий ядерного топливного цикла России.
6. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов.
7. Хранение и захоронение радиоактивных отходов.
8. Поведение ядерного топлива при облучении.
9. Переработка нитридного ядерного топлива.
10. Уран-232 и его влияние на радиационную обстановку в ядерном топливном цикле.
11. Разработка и перспективы использования DUPIC-технологии.
12. Фракционирование и трансмутация долгоживущих радионуклидов.
13. Роль ядерной энергетики в развитии общества.
14. Конструкционная схема ядерной энергетической установки.
15. Классификация и виды ядерных реакторов.
16. Физические основы работы ядерных энергетических установок.
17. Основные виды и характеристики ядерного топлива.
18. Способы разделения изотопов урана.
19. Исходные материалы для производства ядерного топлива.
20. Оболочки тепловыделяющих элементов.
21. Способы получения оксидного керамического ядерного топлива.
22. Способы получения смешанного оксидного топлива.
23. Способы получения нитридного топлива.
24. Способы получения металлического топлива.
25. Карбидное топливо и способы его получения.
26. СНУП и СНУП-Н топливо.
27. Топливные композиции жидкосолевых реакторов.
28. Характеристики тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок.
29. Общая характеристика процессов вскрытия отработавших ТВЭЛов.
30. Состав ОЯТ различного типа ядерных энергетических установок.
31. Организация замкнутого ядерного топливного цикла.
32. Хранение и транспортирование ОЯТ АЭС.
33. Поведение основных компонентов ОЯТ (урана, плутония и нептуния) в азотнокислых растворах.
34. Критические параметры водных систем.
35. Осадительные методы переработки ОЯТ.
36. Экстракционные методы переработки ОЯТ.
37. Фторидно-газовые технологии регенерации ОЯТ.
38. Пирохимические способы переработки ОЯТ в солевых расплавах.
39. Фракционирование ядерных отходов.
40. Поведение основных компонентов ОЯТ (урана, плутония и нептуния) в азотнокислых растворах.
41. Критические параметры водных систем.

42. Использование жидких солей и металлов при переработке ОЯТ.
43. Основные направления совершенствования существующих технологий переработки ОЯТ.
44. Оборудование для фабрикациии ядерного топлива.
45. Оборудование для рефабрикациии ядерного топлива..

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

1. Андреев Г.Г., Дьяченко А.Н. Введение в химическую технологию ядерного топлива: Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2010. – 165 с.
2. Горюнов А.Г. Математическое моделирование технологических процессов водно-экстракционной переработки ядерного топлива: Учебное пособие. Томск: ТПУ, 2011. 237 с.
3. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов. Учебное пособие. – М.: Логос, 2012. - 304 с.
4. Чемезов В.А., Бекетов А.Р., Баранов М.В., Каримов Р.С. Оборудование для фабрикациии ядерного топлива. – Екатеринбург: «Атомэнергопром», 2011. – 103 с.
5. Лебедев В.М. Технология ядерных материалов. Записки технолога. – М.: Машиностроение, 2011. –416 с.
6. Чемезов В.А., Бекетов А.Р., Баранов М.В., Каримов Р.С. Оборудование для регенерации и рефабрикациии ядерного топлива. – Екатеринбург: «Атомэнергопром», 2011. – 145 с.
7. Бойко В.И. Кошелев Ф.П. Ядерный топливный цикл. Проблемы, решения. Томск: ТПУ, 2004, 105 с.
8. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. М.: МЭИ, 2007, 448 с.
9. Бойко В.И., Колпаков Г.Н., Селиваникова О.В. Топливные материалы в ядерной энергетике, Томск: ТПУ, 2008, 186 с.
10. Лелеков В.И. Экономика ядерной энергетике. М.: МГОУ, 2010, 120 с.
11. Беляев Л.А. Топливо и материалы ядерной техники. Томск: ТПУ, 2010, 275 с.
12. Ровный С.И., Шевцев П.П. Современное состояние и пути совершенствования радиохимической технологии выделения и очистки урана и плутония. Вопросы радиационной безопасности, 2007, № 2, с. 5-13.
13. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006.
14. Бойко В.И., Власов В.А., Жерин И.И., Маслов А.А., Шаманин И.В. Торий в ядерном топливном цикле. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006, 360 с.
15. Жиганов А.М., Гузеев В.В., Андреев Г.Г. Технология диоксида урана для керамического ядерного горючего. Томск: SST, 2002, 326 с.
16. Лебедев В.М. Ядерный топливный цикл. М.: Энергоатомиздат, 2005.
17. The chemistry of actinide and transactinide elements, Mors L.R., Edelstein N.M., Fuger J., eds. Vol. 1 – 6. Dordrecht: Springer, 2010.
18. Глаголенко Ю.В., Дзекун Е.Г., Ровный С.Н., Сажнов В.К., Уфимцев В.П. и др. Переработка отработавшего ядерного топлива на комплексе РТ-1: История, проблемы, перспектива // Вопросы радиационной безопасности, 1997, №2, с.3-12.
19. Хрусталеv В.А., Сандалова Л.А. Физические и технико-экономические основы эксплуатации топлива на АЭС. Саратов: Изд-во Саратовского ГТУ, 2002, 68 с.
20. Зильберман Б.Я. Развитие пурекс-процесса для переработки выгоревшего топлива АЭС в замкнутом ЯТЦ с точки зрения локализации долгоживущих радионуклидов // Радиохимия, 2000, т. 42, № 1, с. 3-5.
21. Майоров А.А., Браверман И.Б. Технология получения порошков керамической двуокиси урана. М.: Энергоатомиздат, 1985.
22. Грачев А.Ф., Маершин А.А., Скиба О.В. Перспективные топливные циклы энергетических реакторов на основе неводных способов переработки облученного топлива // Атомная энергия, 2004, т. 96, вып. 5, с. 346-354.

23. Лавринович Ю. Г. Совместное остекловывание хлоридных и фосфатных отходов пироэлектрохимической переработки ядерного топлива // Атомная энергия, 2006, т. 101, вып. 6, с. 438-440.
24. Землянухин В.И., Ильенко Е.И., Кондратов А.Н. Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1989. 280 с.
25. Химическая технология облучённого ядерного горючего. Под ред. В.Б. Шевченко. М.: Атомиздат, 1971. 448 с.
26. Балакин И.М., Роцин А.Н. Разработка и совершенствование фильтрационного и экстракционного оборудования завода РТ-1 // Вопросы радиационной безопасности, 1997, № 2, с. 13-30.
27. Учияма Г., Асакура Т.И. др. Экстракционное поведение технеция и нептуния при переработке ядерного топлива // Радиохимия, 2000, т. 42, № 6, с. 488-492.
28. Машкин А.Н., Корпенкин К.К., Светлакова Н.А. Распределение технеция по технологическим потокам схемы пурекс завода РТ-1 // Радиохимия, 2002, т. 44, № 1, с. 34-40.
29. Громов Б.В., Савельева В.И., Шевченко В.Б. Химическая технология облученного ядерного топлива, М.: Энергоатомиздат, 1983, 352 с.

5.2. Методические разработки

1. Васин Б.Д., Волкович В.А., Неводные методы переработки облучённого ядерного топлива, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009, 79 с.

5.3. Программное обеспечение

Microsoft office (Word, Excel, Power point)

Adobe Reader

Пакет программ для научных исследований MATCAD.

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
3. Scopus: <http://www.scopus.com>;
4. Reaxys: <http://reaxvs.com>;
5. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
6. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;
7. Интеллектуальная поисковая система Нигма.РФ . режим доступа: <http://www.nigma.ru>.

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и

техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.