

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета

_____ Д.В.Свиридов

_____ (дата утверждения)

Регистрационный № УД- _____/р.

Ядерный топливный цикл и обращение с радиоактивными отходами

(название дисциплины)

Учебная программа для специальности:

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

(код специальности)

(наименование специальности)

Направление специальности:

1-31 05 01-01 Научно-производственная деятельность

Специализации: _____ 1-31 05 01-01 12 Радиационная химия
_____ 1-31 05 01-01 13 Радиохимия

Факультет химический
(название факультета)

Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий

Курс (курсы) **4**

Семестр (семестры) **7**

Лекции **20**
(количество часов)

Экзамен **нет**
(семестр)

Практические (семинарские)
занятия **10**
(количество часов)

Зачет **7**
(семестр)

Лабораторные
занятия **нет**
(количество часов)

Курсовой проект (работа) **нет**
(семестр)

КСР **4**
(количество часов)

Всего аудиторных часов по дисциплине
34
(количество часов)

Всего часов
по дисциплине _____
(количество часов)

Форма получения высшего
образования **очная**

Составил(а) **С.Д. Бринкевич, к.х.н., ст. преподаватель.**
(И.О.Фамилия, степень, звание)

Учебная программа составлена на основе учебной программы курса «Ядерный топливный цикл и обращение с радиоактивными отходами»
утверждена _____, рег. № УД _____

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий

(дата, номер протокола)

Заведующий кафедрой

_____ О.И.Шадыро

Одобрена и рекомендована к утверждению учебно-методической комиссией химического факультета

(дата, номер протокола)

Председатель

_____ Е.И. Василевская

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Ядерный топливный цикл и обращение с радиоактивными отходами» является дисциплиной специализации для студентов 4 курса химического факультета, обучающихся по специализации «Радиационная и радиохимия» в рамках государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2008 - 2020 годы.

В курсе представлено краткое описание основных технологий современного ядерного топливного цикла: от добычи урановой руды до захоронения радиоактивных отходов. Главное внимание уделено базовым принципам, оборудованию и химико-технологическим процессам, лежащим в основе ядерного топливного цикла.

Излагаемый в курсе материал необходим для формирования у студентов представлений о жизненном цикле ядерного топлива, а также процессах хранения, сортировки, перевозки и переработки радиоактивных отходов.

В результате изучения дисциплины «Ядерный топливный цикл и обращение с радиоактивными отходами» обучаемый должен **знать**:

- теоретические основы и технологии добычи и обогащения урановой руды,
- методы газодиффузионного и газоцентрифужного разделения изотопов урана, а также альтернативные технологии;
- изотопный состав свежего и облученного ядерного топлива;
- способы сортировки, транспортировки и первичной переработки радиоактивных отходов;
- методы иммобилизации радиоактивных частиц в цементные, стеклянные и битумные матрицы;
- основные требования к геологическим и инженерным барьерам при захоронении радиоактивных отходов.

Обучаемый должен **уметь**:

- применять свои знания для решения исследовательских и прикладных задач в области обращения с радиоактивными отходами;
- предсказывать изменения физико-химических свойств и изотопного состава ядерного топлива в условиях эксплуатации в ядерном реакторе.

Обучаемый должен **владеть**:

- теоретическими знаниями на уровне, позволяющем ему работать с источниками ионизирующего излучения, включая ядерные делящиеся материалы и радиоактивные отходы.
- навыками моделирования комплекса физико-химических свойств и изотопного состава ядерного топлива.
- Представлениями о промышленных технологиях переработки радиоактивных отходов.

Курс рассчитан на 34 часа аудиторной нагрузки, из них 20 часов – лекции, 10 часов – семинарские занятия и 4 часа – контроль самостоятельной работы.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов				Самост. работа
		Аудиторные				
		Лек ции	Практич., семинар.	Лаб. занят.	КСР	
Всего по курсу		20	10	-	4	
Раздел 1. Ядерный топливный цикл		12	6	-	2	-
1	Вводная лекция по курсу. Концепции ядерного топливного цикла. Изотопный состав топлива до и после эксплуатации в различных ядерных энергетических установках.	2	2	-	2	-
2	Запасы, добыча и первичная обработка урановых и ториевых руд.	2		-		-
3	Изотопное обогащение урана	2	-	-		
4	Фабрикация топлива и изготовление тепловыделяющих сборок.	2	2	-		
5	Транспортировка и хранение «свежих» и облученных тепловыделяющих сборок. Технологии перегрузки тепловыделяющих сборок.	2	2	-		
6	Переработка облученного ядерного топлива.	2	-	-		
Раздел 2. Обращение с радиоактивными отходами		8	4	-	2	-
7	Классификация радиоактивных отходов. Нормативная база в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при обращении с радиоактивными отходами	2	2	-	2	-
8	Сбор, сортировка и переработка радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АЭС, деятельности медицинских и научно-исследовательских центров.	2		-		-
9	Методы иммобилизации радиоактивных материалов в матрицы для длительного и хранения или захоронения.	2	-	-		
10	Хранение радиоактивных материалов. Актуальные проблемы в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при работе с радиоактивными отходами.	2	2	-		

Учебно-методическая карта

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Контролируемая самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всего по курсу		20	10	-	4			
Раздел 1. Ядерный топливный цикл		12	6	-	2			
1	<p>Вводная лекция по курсу.</p> <p>Отличия ядерного от органического топлива. Ядерно-физические свойства природных и искусственных актиноидов. Изотопный состав топлива до и после эксплуатации в различных ядерных энергетических установках (РБМК, ВВЭР, БН, CANDU, исследовательские реакторы). Номенклатура и свойства продуктов деления урана. Нераспространение ядерных делящихся материалов. Концепции ядерного топливного цикла.</p>	2	2	-	2	Презентации, методические разработки	1,5, 10,11, 13-15	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
2	<p>Запасы, добыча и первичная обработка урановых и ториевых руд.</p> <p>Распределение разведенных мировых запасов урана по странам, себестоимости. Соотношение объемов ежегодной добычи и потребления, динамика цен, рынок добычи урана в разрезе по странам и компаниям. Методы добычи и обогащения руды. Методы выделения урана из руды. Аффинаж.</p>	2		-			1,5,12	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	<p>Изотопное обогащение урана</p> <p>Конверсия оксидов урана в гексафторид. Представление о работе разделения (ЕРР). Газодиффузионные и газоцентрифужные методы. Лазерные, химические, электромагнитные, сопловые и плазменные методы обогащения урана. Сопоставление методов по величине коэффициента разделения за цикл и энергоемкости в расчете на единицу работы разделения. Обзор крупнейших обогатительных производств.</p>	2		-		Презентации, методические разработки	1,2,4,5	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
4	<p>Фабрикация топлива и изготовление тепловыделяющих сборок.</p> <p>Основные типы топлива для ядерных реакторов: физико-химические свойства, методы получения, поведение в условиях облучения. Технологические этапы производства таблеток диоксида урана. Особенности процесса при использовании регенерированного урана и уран-плутониевого топлива. Назначение и особенности конструкции ТВС для ВВЭР.</p>	2	2	-	2		1,2,4,5, 14,15	
5	<p>Транспортировка и хранение «свежих» и облученных тепловыделяющих сборок.</p> <p>Технологии перегрузки тепловыделяющих сборок.</p> <p>Использование топлива в ядерных реакторах. Топливная компания. Технологии проведения перегрузок. Приреакторные и пристанционные «мокрые» хранилища отработанных тепловыделяющих сборок. Сухие методы хранения отработанного топлива. Транспортно-упаковочные контейнеры: требования по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, герметичность в аварийных ситуациях, физическая безопасность.</p>	2	2	-	2		1,3-7, 10,11	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	<p>Переработка облученного ядерного топлива. Технологии переработки облученного ядерного топлива: преимущества и недостатки Действующие и строящиеся центры переработки облученного ядерного топлива. PUREX-технология. Характеризация объемов и активности радиоактивных отходов. Особенности переработки топлива с высоким выгоранием. Нераспространение. Перспективные технологии переработки отработанного ядерного топлива: SAFAR, пирохимические и пирометаллургические методы, DUPIC.</p>	2		-		Презентации, методические разработки	3,6,7,10,11	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
Раздел 2. Обращение с радиоактивными отходами		8	4	-	2			
7	<p>Классификация радиоактивных отходов. Нормативная база в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при обращении с радиоактивными отходами. Классификация жидких газообразных и твердых радиоактивных отходов по величине типу и активности. Основные этапы переработки жидких радиоактивных отходов, образующихся в процессе переработки облученного ядерного топлива. Законодательное регулирование в сфере обращения с радиоактивными отходами.</p>	2	2	-	2	Презентации, методические разработки	3,7,10,11	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
8	<p>Сбор, сортировка и переработка радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АЭС, деятельности медицинских и научно-исследовательских центров. Особенности переработки радиоактивных отходов широко спектра активности, агрегатного строения и номенклатуры. Плазменные методы переработки. Метод холодного тигля. Подготовка эксплуатационных отходов АЭС к иммобилизации.</p>	2		-		Презентации, методические разработки	3,5,7	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	<p>Методы иммобилизации радиоактивных материалов в матрицы для длительного и хранения или захоронения.</p> <p>Боросиликатные и алюмофосфатные матрицы для иммобилизации высокоактивных отходов. Технологические стадии процесса стеклования. Минералоподобные матрицы типа SYNROC. Обращение со средне- и низкоактивными отходами. Битумизация и цементирование. Переработка радиоактивных газовых выбросов АЭС и предприятий ядерного топливного цикла.</p>	2		-		Презентации, методические разработки	1,3,7,6,9-11	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
10	<p>Хранение радиоактивных материалов. Актуальные проблемы в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности при работе с радиоактивными отходами.</p> <p>Основные типы промежуточных хранилищ радиоактивных отходов. Выбор геологической формации для окончательного захоронения остеклованных высокоактивных отходов: мировой опыт. Приповерхностные хранилища низко- и среднеактивных отходов. Природные и инженерные барьеры на пути проникновения радионуклидов в биосферу. Математическое моделирование миграции радионуклидов.</p>	2	2	-	2		1,3,7,8,10,11	

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

1. Лебедев В.М. Ядерный топливный цикл: Технологии, безопасность, экономика. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 316 с.
2. Обогащение урана / Под ред. С. Виллани; пер с англ. под ред. И.К. Кикоина. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
3. Андрюшин И.А. Юдин Ю.А. Обзор проблем обращения с радиоактивными отходами. Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010 г. – 119 с.
4. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность / Афров А.М., Андрушенко С.А., Украинцев В.Ф., Васильев Б.Ю., Косоуров К.Б., Семченков Ю.М., Кокосфдзе Э.Л., Иванов Е.А. – М.: Университетская книга, Лагос, 2006. – 488с.
5. Апсэ В.А., Шмелев А.Н. Ядерные технологии: учебное пособие. М.: МИФИ, 2008. – 128 с.
6. Громов Б.В., Савельева В.И., Шевченко В.Б. Химическая технология облученного ядерного топлива: учебник для вузов М.: Энергоатомиздат, 1983. – 352 с.
7. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС: учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 488 с.
8. Камнев Е.Н., Морозов В.Н., Шищиц И.Ю. Выбор площадок для захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях. – М.: Горная книга, 2011. – 207 с.
9. Никифоров А.С., Куличенко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. – М.: Энергоиздат, 1985. – 184 с.
10. Ядерная энергетика. Обращение с отработанным ядерным топливом и радиоактивными отходами (обзор по материалам зарубежной и отечественной печати) / под ред. И. М. Неклюдова. – Киев: Наукова думка, 2006. – 253 с.
11. Давиденко Н.Н., Куценко К.В., Тихомиров Г.В., Лаврухин А.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в атомной энергетике: учебное пособие – М.: МИФИ, 2007. – 136 с.

Дополнительная литература

12. Жерин И.И., Амелина Г.Н. Химия тория, урана, плутония: учебное пособие – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 147с.

13. Бойко В.И., Демянюк Д.Г., Кошелев Ф.П., Мещеряков В.Н., Шаманин И.В., Шидловский В.В. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 490 с.
14. Машиностроение ядерной техники. В 2-х кн. Кн. 1. / Под общ. ред. Е.О. Адамова. – М: Машиностроение, 2005. – 960 с.
15. Машиностроение ядерной техники. В 2-х кн. Кн. 2. / Под общ. ред. Е.О. Адамова. – М: Машиностроение, 2005. – 944 с.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
НА _____ / _____ УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
Радиационной химии и химико-фармацевтических технологий
(протокол № ____ от _____ 200__ г.)

Заведующий кафедрой

Д.х.н., профессор _____ О.И.Шадыро

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

Д.х.н., профессор _____ Д.В.Свиридов