



Утвърдил: .....

Декан

Дата .....

## СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ"

**Факултет: Физически**

Специалност: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Ядрена техника и ядрена енергетика**

**Бакалавърска програма: (код и наименование)**

--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Ядрена техника и ядрена енергетика**

### УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина: 

--	--	--	--

***Ядрен горивен цикъл***

(код и наименование)

**Преподавател: доц. д-р Людмил Тодоров Цанков**

Асистент:

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	45
	Семинарни упражнения	0
	Практически упражнения (хоспитиране)	0
<b>Обща аудиторна заетост</b>		<b>45</b>
Извънаудиторна заетост	Самостоятелна подготовка на реферат	30
	Самостоятелна подготовка за изпит	15
<b>Обща извънаудиторна заетост</b>		<b>45</b>
<b>ОБЩА ЗАЕТОСТ</b>		<b>90</b>
<b>Кредити аудиторна заетост</b>		<b>1.5</b>
<b>Кредити извънаудиторна заетост</b>		<b>1.5</b>
<b>ОБЩО ЕКСТ</b>		<b>3.0</b>

№	Формиране на оценката по дисциплината	% от оценката
1.	Самостоятелен реферат върху избрана тема от курса	50
2.	Изпит	50

#### **Анотация на учебната дисциплина:**

В съвременната ядрена енергетика съществуват два типа ЯГЦ: отворен ЯГЦ, при който отработеното ядрено гориво (ОЯГ) се погребва без преработка, и затворен цикъл с преработка на ОЯГ. Курсът дава познания за отделните етапи на ЯГЦ - от добив на уран през производството на ЯГ и неговата експлоатация до края на всяка от двете възможности. Разгледани са и съвременните подходи по класификация, обработка и погребване на радиоактивни отпадъци, както и въпросите, свързани с извеждане от експлоатация на ядрени съоръжения. Съвместно с отделните ядрени технологии е разгледано и тяхното въздействие върху човека и околната среда.

#### **Предварителни изисквания:**

- Обща физика.
- Атомна и ядрена физика, физика на ядрените реактори

#### **Очаквани резултати:**

Студентите, завършили успешно курса по Ядрен горивен цикъл, могат да:

- извършват (заедно с други специалисти) сравнителен анализ на различни енергийни технологии;
- оценяват капацитета на генерираните отпадъци от различните ядрени съоръжения;
- препоръчват конкретни технологии за извеждане от експлоатация на ядрени съоръжения и управление на радиоактивните отпадъци.

### *Учебно съдържание*

#### **Лекции**

№	Тема	Брой часове
1.	Потребности от енергия. Енергийни ресурси. Място на ядрените технологии в производството на енергия	2
2.	Ядрен горивен цикъл. Основни характеристики на отворен и затворен ЯГЦ.	2
3.	Природен уран. Физични, химични и ядрени свойства. Торий. Плутоний. Разпространение; уранови руди. Търсене и проучване на находища.	3
4.	Методи за добив на природен уран: подземен добив, открит добив, геотехнологичен метод. Основни стадии в преработката на урана: механично обогатяване, хидрометалургична преработка, химични процеси, фино пречистване на урана.	3

5.	Методи и технологии за изотопно обогатяване. Основи на теорията на изотопното разделяне. Разделителна работа.	3
6.	Ядрено гориво. Изисквания към горивото. Видове ЯГ. Производство на ядрено гориво и на топлоотделящи елементи.	3
7.	Възможности за използване на MOX гориво в реактори с бързи и с топлинни неутрони. Ториев цикъл.	1
8.	Дълбочина на изгаряне. Промяна на изотопния състав на горивото в процеса на изгаряне. Продукти на делене и продукти на активация в ЯЕР. Методи за извеждане на радиоактивните вещества от ядрените инсталации.	5
9.	Промени във физичните свойства на ядреното гориво при експлоатация. Радиоактивност и остатъчно топлоотделяне. Натрупване на трансуранови нуклиди.	4
10.	Съхраняване на отработено ядрено гориво. Първоначално съхраняване. Технологии за междинно съхраняване.	2
11.	Транспорт на ядрени материали. Транспорт на суровини за ядрено гориво, на свежо и на отработено гориво.	1
12.	Радиохимична преработка на отработено ядрено гориво. Извличане на уран и плутоний чрез течна екстракция.	2
13.	Радиоактивни отпадъци. Класификация, съхраняване и преработка на РАО.	3
14.	Окончателно погребване на отработеното ядрено гориво и на високоактивните отпадъци.	2
15.	Нерадиационни въздействия на ядрения горивен цикъл върху околната среда. Видове въздействия и относителната им значимост в различните стадии на ЯГЦ. Изразходване на земни и водни ресурси. Изменение на ландшафта. Химични замърсявания. Топлинни емисии и тяхното влияние върху биосферата.	4
16.	Замърсяване на околната среда при тежки реакторни аварии. Тежки аварии в ядрената енергетика. Максимални проектни аварии и надпроектни аварии с водно-водни реактори под налягане.	2
17.	Извеждане от експлоатация на ядрени съоръжения	3

**Конспект за изпит**

№	Въпрос
1.	Потребности от енергия. Енергийни ресурси. Особенности и роля на ядрените технологии в производството на енергия
2.	Ядрен горивен цикъл. Общ обзор. Потоци на суровините и отпадъците.
3.	Природен уран. Торий. Плутоний. Разпространение; уранови руди. Търсене и проучване на уранови находища.

4.	Добив на природен уран. Основни стадии в преработката на урана: механично обогатяване, хидрометалургична преработка, химични процеси, фино пречистване на урана.
5.	Методи и технологии за изотопно обогатяване. Основи на теорията на изотопното разделяне. Разделителна работа.
6.	Ядрено гориво. Изисквания към горивото. Видове ЯГ. Производство на ядрено гориво и на топлоотделящи елементи.
7.	Възможности за използване на МОХ гориво в реактори с бързи и с топлинни неутрони. Ториев цикъл.
8.	Дълбочина на изгаряне. Промяна на изотопния състав на горивото в процеса на експлоатация. Продукти на делене и продукти на активация в ядрените реактори. Системи за извеждане на радиоактивните вещества от ядрените инсталации.
9.	Промени във физичните свойства на ядреното гориво при експлоатация. Радиоактивност и остатъчно топлоотделяне. Натрупване на трансуранови нуклиди.
10.	Съхраняване на отработено ядрено гориво. Първоначално съхраняване. Технологии за междинно съхраняване.
11.	Транспорт на ядрени материали. Транспорт на суровини за ядрено гориво, на свежо и на отработено гориво.
12.	Радиохимична преработка на отработено ядрено гориво. Извличане на уран и плутоний чрез течна екстракция.
13.	Радиоактивни отпадъци. Класификация, съхраняване и преработка на РАО.
14.	Окончателно погребване на отработеното ядрено гориво и на високоактивните отпадъци.
15.	Нерадиационни въздействия на ядрения горивен цикъл върху околната среда. Видове въздействия и относителната им значимост в различните стадии на ЯГЦ. Изразходване на земни и водни ресурси. Изменение на ландшафта. Химични замърсявания. Топлинни емисии и тяхното влияние върху биосферата.
16.	Замърсяване на околната среда при тежки реакторни аварии. Тежки аварии в ядрената енергетика. Максимални проектни аварии и надпроектни аварии с водно-водни реактори под налягане.
17.	Извеждане от експлоатация на ядрени съоръжения

## **Библиография**

### **Основна:**

1. Л. Цанков, Екология на ядрения горивен цикъл, Записки на лекции, София (2006), <http://ntne.phys.uni-sofia.bg>
2. Владимир Велев, Калин Филипов: Ядрени горива, ИФО Дизайн, София (2008).
3. Е.Вапирев, И.Христосков: Съхраняване на отработено ядрено гориво - технология и опит, Балбок, София (1994).
4. Ира Стефанова: Погребване на високоактивни отпадъци, Термит 97, София (2004).

### **Допълнителна:**

1. Н.М.Синев: Экономика ядерной энергетики, Москва, Энергоатомиздат (1987).
2. Н.С.Бабаев, В.Ф.Демин, Л.А.Ильин, В.А.Книжников, И.И.Кузьмин, В.А.Легасов, Ю.В.Сивинцев: Ядерная энергетика, человек и окружающая среда, Москва, Энергоатомиздат (1984).

**Дата: 26.02.2013**

**Съставил:**

доц. д-р Людмил Тодоров Цанков