

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ

**Девисиллов Владимир Аркадьевич.
канд. техн. наук , доцент**

**Тел. (499) 263 – 63 – 78
E-mail: devisil@mail.ru**

Содержание дисциплины

Основные разделы

№ модуля	Модули	Литература
1	Характеристики ионизирующих излучений	[1-4, 8, 9]
2	Расчет поля ионизирующих излучений и защита от них	[1,3,5,6,7]
3	Характеристики электромагнитных излучений	[10,11]
4	Расчет полей электромагнитных излучений и защита от них	[10,11]

Освоение дисциплины предусматривает:

- Посещение аудиторных занятий (лекция и семинаров)
- Выполнение 2 домашних заданий
- Подготовка рефератов на выбранную тему в соответствии проблематикой дисциплины
- Подготовка презентации по рефератам
- Доклад по рефератам и презентациям
- Сдачу 4-х рейтинговых контролей (тестов)
- Сдачу экзамена (оценивается по результатам тестирования и текущей работы или по результатам экзамена по всему модульному курсу)

К экзамену допускаются только студенты, выполнившие домашние задания, подготовившие рефераты, презентации и сделавшие доклады по ним.

Оценка степени освоения дисциплины осуществляется по бальной системе.

Методика оценки

Тестирование:

Каждый рейтинговый контроль (тест) содержит 4 вопроса, оцениваемые по 2-х бальной шкале (правильный ответ -2, неполный ответ -1, неправильный ответ -0).

- Максимальное количество баллов за каждый тест – 8 баллов.
- *Максимально возможное количество баллов по тестированию – 32 балла.*

Домашние задания - 20 баллов

- 1 д. з. (1-я часть) - максимальный балл - 5
- 1 д. з. (2-я часть) - максимальный балл - 8
- 2 д. з - максимальный балл - 7

Оценка по бальной шкале осуществляется исходя из следующих критериев:

- правильность решения;
- оформление в соответствии с установленными требованиями (изложение методики расчета, наличие результатов промежуточных вычислений);
- сдача задания в установленный срок:
 - 1-е д.з (1 часть) - 14 дней со дня выдачи,
 - 2-е д.з (2 часть) - 1 месяц со дня выдачи,
 - 3-е д.з - 14 дней со дня выдачи.

Методика оценки

Реферат (по двум рефератам – 20 баллов)

- **Максимальный балл – 10.** Оценка по бальной шкале осуществляется исходя из следующих критериев:
 - объем реферата (не менее 20 с.);
 - оригинальность и степень новизны материал;
 - самостоятельность в подготовке (наличие собственных схем, обобщений, выводов, резюме по разделам, самостоятельная подготовка текста);
 - наличие в тексте ссылок на использованные источники;
 - количество использованных при подготовке источников и их новизна;
 - качество оформления материала (наличие рубрикаций, его структуризация, наличие оглавления, иллюстраций, схем, диаграмм, иллюстрирующих текст).

Методика оценки

**Презентация (готовится в Microsoft PowerPoint)
(максимальный балл по двум презентациям - 14 баллов) :**

- **Максимальный балл – 7.** Оценка по бальной шкале осуществляется исходя из следующих критериев:
 - качество иллюстративного материала;
 - правильность отражения в слайдах сущности и содержания реферата;
 - оформление презентации;
- акцентированность представления.

**Доклад
(максимальный балл по двум докладам – 14 баллов):**

- **Максимальный балл – 7.** Оценка по бальной шкале осуществляется исходя из следующих критериев:
 - качество доклада;
 - аргументированность;
 - уверенность владения материалом;
 - критичность;
 - степень владения материалом доклада и тематически близкими вопросами;
 - умение вести дискуссию;
 - полнота ответы на вопросы.

Методика оценки

ТАКИМ ОБРАЗОМ, МАКСИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО БАЛЛОВ – 100

- **За каждый пропуск лекции без уважительной причины снимается 0,5 балла**
- **Результаты работы в семестре могут являться основанием для получения следующей интегральной оценки :**

Количество набранных баллов

Больше 91 до 100

Больше 73 до 91

Больше 60 до 73

Менее 60

Интегральная оценка

5 (отлично)

4 (хорошо)

3 (удовлетворительно)

2 (неудовлетворительно)

При получении неудовлетворительной оценки, полученной по результатам балльно-рейтинговой системы студент сдает экзамен по всему курсу.

Итоговая отметка по дисциплине зависит от результатов сдачи модулей и доводится до сведения студента как минимум за неделю до даты экзамена. Каждому студенту предоставляется возможность повысить итоговую отметку на экзамене.

В случае сдачи экзамена в зачетку ставится оценка, полученная на экзамене.

Типовые задания рейтингов

Типовое задание рейтингового контроля по модулю 1 «Характеристики ионизирующих излучений»

- Перечислите дозовые характеристики поля ионизирующих излучений и единицы их измерения.
- Гамма-постоянная точечного радионуклида 1 ($R \text{ см}^2$)/(ч $m\text{Ки}$), его активность $37 \cdot 10^6$ Бк. Какова мощность экспозиционной дозы излучения на расстоянии 1 м от источника?
- Вековое равновесие, его условия и особенности.
- Вещество состоит из трех атомов разного сорта. Атомов первого сорта 40%, их массовый коэффициент ослабления фотонного излучения $2 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$, второго - 50%, их массовый коэффициент ослабления фотонного излучения $1 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$, третьего- 10%, их массовый коэффициент ослабления фотонного излучения $3 \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$. Плотность вещества 103 кг/ м^3 . Каков слой половинного ослабления вещества?

Типовые задания рейтингов

Типовое задание рейтингового контроля по модулю 2 «Расчет поля ионизирующих излучений и защита от них»

- Запишите исходную формулу (дифференциальный вклад) для расчета излучения облака радиоактивных газов при наличии защиты
- Сущность метода расчета доз по пищевым цепочкам. Понятие функции и коэффициента перехода
- Методы отверждения ЖРО - области применения, достоинства и недостатки.
- Сущность инженерного метода расчета защиты от гамма-излучения

Типовые задания рейтингов

Типовое задание рейтингового контроля по модулю 3 «Характеристики электромагнитных излучений»

- Как изменяются напряженности электрического и магнитного полей и энергия излучения ЭМИ от расстояния в дальней (волновой) зоне?
- От чего и как зависит коэффициент отражения электромагнитного экрана?
- Нарисуйте график зависимости модуля отношения волновых сопротивлений (среды и характеристического импедансов) Z/Z^* от kr для элементарного электрического диполя и охарактеризуйте характерные зоны распространения ЭМП, где k – волновое число, а r – расстояние.
- Основные электромагнитные характеристики среды распространения ЭМИ и поля электромагнитного излучения

Типовые задания рейтингов

Типовое задание рейтингового контроля по модулю 4 «Расчет полей электромагнитных излучений и защита от них»

- Основные этапы системы последовательного контроля радиобезопасности (СПКР)
- От каких параметров линии электропередач зависит напряженность эл. поля на местности?
- Перечислите основные инженерно-технические методы защиты от электромагнитных полей
- Типы электромагнитных экранов и их основные конструктивные схемы.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- В.И. Беспалов Лекции по радиационной защите: – учебное пособие –2-е изд., Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 347 с.
- В.И. Беспалов “Лекции по радиационной защите”, Часть 1, Основные понятия. НРБ-99, Учебное пособие, Томск, ТПУ, 2001, 70 с.
- В.И. Беспалов “Лекции по радиационной защите”, Часть 2, Защита от гамма-излучения радионуклидов, Учебное пособие, Томск, Изд. Дельтаплан, 2002, 213 с.
- В.И. Беспалов Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие. – 4-е изд., исправ. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 369 с.
- Н.Г. Гусев, В.А. Климанов, В.П. Машкович, А.П. Суворов Защита от ионизирующих излучений. – Т. 1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов -3е изд. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 512 с.
- Н.Г. Гусев, В.П. Машкович, Е.Е. Ковалев, А.П. Суворов "Защита от ионизирующих излучений", В 2 т. Т. 2. Защита от излучений ядернотехнических установок: Учебник для вузов - 3е изд., М.: Энергоатомиздат. 1990. -352 с.
- Б.П. Голубев "Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений", М.: Энергоатомиздат, 1986.
- В.П. Машкович, А.М. Панченко "Основы радиационной безопасности": Учебное пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 176 с.
- Смирнов С.Н., Герасимов Д.Н. Радиационная экология. Физика ионизирующих излучений. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 326 с.
- Минин Б.А. СВЧ и безопасность человека. М.: Советское радио, 1974
- Мисриханов М.Ш., Рубцова Н.Б., Токарский А.Ю. Обеспечение безопасности электросетевых объектов. – М.: Наука.- 2010. – 870 с.

Рекомендуемая литература

Дополнительная литература:

1. В.Я. Голиков, И.П. Коренков "Радиационная защита при использовании ионизирующих излучений" М., Медицина, 1975.
2. А.В. Быховский, А.В. Ларичев, Е.Д. Чистов "Вопросы защиты от ионизирующих излучений в радиационной химии", М.: Атомиздат, 1970.
3. В.П. Машкович., А.В. Кудрявцева "Защита от ионизирующих излучений", Справочник, М.: Энергоатомиздат, 1995.
4. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – 5-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 520 с.
5. Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков Радиационная безопасность и защита. – Справочник, М.: Медицина, 1996, - 336 с.
6. Иванов В.И., Климанов В.А., Машкович В.П. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. –4-е изд. перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 1992. – 256 с.
7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) – СП 2.6.1.758-99, Издание официальное, М., Минздрав России, 1999.
8. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99): 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1. 799-99 – М.: Минздрав России, 2000. – 98 с.
9. С.В. Румянцев, В.А. Добромыслов, О.И. Борисов "Типовые методики радиационной дефектоскопии и защиты", М.: Атомиздат, 1979.
10. О.Ф. Немец, Ю.В. Гофман "Справочник по ядерной физике", Киев.: Наукова думка, 1975.
11. Л.Н. Зайцев, М.М. Комочков, Б.С. Сычев "Основы защиты ускорителей". М.: Атомиздат, 1971.
12. А.П. Веселкин и др. "Инженерный расчет защиты атомных электростанций" М.: Атомиздат, 1976.
13. Определение уровней электромагнитного поля, границ санитарно-защитной зоны и зон ограничения застройки в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов. Методические указания МУК 4.3.044-96, Госкомсанэпиднадзор России, М., 1996.
14. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96, Госкомсанэпиднадзор России, М., 1996.
15. Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения средств телевидения и ЧМ-радиовещания. Методические указания МУК 4.3.045-96, Госкомсанэпиднадзор России, М., 1996.
16. Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения передающих средств и объектов сухопутной подвижной радиосвязи ОВЧ и УВЧ диапазонов. Методические указания МУК 4.3.046-96, Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
17. Методические указания «Расчетные методы оценки уровней СВЧ электромагнитных излучений на радиотехнических объектах» . М. Минобороны, 1987.
18. В.Я.Ицков Электромагнитные поля в окрестности радиотехнических станций. В сб. «Электромагнитные поля в биосфере». Т.1 «Электромагнитные поля в атмосфере Земли и их биологическое значение». с 101-108. М. Наука, 1994.
19. Определение плотности потока мощности электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 700 МГц- 30ГГц, Методические указания МУК 4.3.043-96. Госкомсанэпиднадзор России, М., 1996.
20. О.В. Кирикова, И.В. Переездчиков Защита от электромагнитных полей. МГТУ, 1992

Интернет-ресурсы:

1. <http://profbeckman.narod.ru/>
2. <http://ordose.ornl.gov/downloads.html>
3. <http://nps.org/publicinformation/radardecaydata.cfm>
4. <http://fumc.2u.ru/rules/>
5. <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/bookhome/117878013>
6. <http://www.icrp.org>.
7. [http:// www.nist.gov](http://www.nist.gov).

Модуль 1

- **Введение.** Виды энергетических загрязнений биосферы. Радиационное, электромагнитное, тепловое, вибрационное, акустическое и световое загрязнения биосферы. Понятие естественного и техногенно-усиленного фона. Краткая обзорная характеристика источников энергетических загрязнений.
- **Виды ионизирующих излучений:** понятие ионизирующего излучения, непосредственное и косвенно ионизирующие излучения; фотонное и корпускулярное излучения и их виды; первичное и вторичное излучения, поле ионизирующего излучения. Понятия: нуклон, нуклид, изотоп, изотон, изобар, радионуклид, радиоизотоп. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Равновесие при радиоактивном распаде. Частные случаи радиоактивного распада - вековое и подвижное равновесие, двойной распад. Виды и характеристики радиоактивного распада. Активность. Формула, определяющая связь между массой и активностью радионуклида. Постоянная распада и период полураспада. Ядерные реакции. Правила записи и расчетов ядерных реакций и радиоактивного распада. Примеры радиоактивного распада естественных радионуклидов - урана и тория. Важнейшие дочерние радионуклиды урана и тория.
- **Характеристики поля ионизирующих излучений и единицы их измерения.** Дифференциальные характеристики: поток ионизирующих частиц, поток энергии ионизирующего излучения, флюенс ионизирующих частиц и энергии ионизирующего излучения, плотность потока частиц и энергии ионизирующего излучения. Дозовые характеристики: поглощенная доза, относительная биологическая эффективность облучения, линейная передача энергии, коэффициент качества излучения; эквивалентные дозы - эффективная, индивидуальная, коллективная, популяционная, ожидаемая, полувекковая, радиационный риск. Керма. Мощности доз. Экспозиционная доза фотонного излучения. Энергетический эквивалент экспозиционной дозы. Керма-постоянная и гамма-постоянная радионуклида.. Керма-эквивалент и радиевый миллиграмм-эквивалент радионуклидного источника. Связь между кермой и поглощенной дозой, керма-и гамма-постоянными, керма- и гамма-эквивалентами. Системные и внесистемные единицы измерения дозовых характеристик.

Основные понятия в области ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение (И.И.) — излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков или возбуждению молекул среды.

По способу воздействия на окружающую среду ИИ подразделяется на:

Непосредственно ионизирующее излучение (НИИ) — ИИ, состоящее из заряженных частиц, имеющих кинетическую энергию, достаточную для ионизации при столкновении.

Примечание. Непосредственно ионизирующее излучение может состоять из электронов, протонов, альфа-частиц, бета-частиц и др.

Косвенно ионизирующее излучение (КИИ) — ИИ, состоящее из незаряженных частиц, которые могут создавать НИИ и (или) вызвать ядерные превращения.

Примечание. Косвенно ионизирующее излучение может состоять из нейтронов, фотонов и др.

Основные понятия в области ионизирующих излучений

По способу воздействия на окружающую среду ИИ подразделяется на:

Фотонное ионизирующее излучение — электромагнитное КИИ:

- *Гамма-излучение* — фотонное излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер или при аннигиляции частиц.
- *Тормозное излучение* — фотонное излучение с непрерывным энергетическим спектром, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц.
- *Характеристическое излучение* — фотонное излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома.
- *Рентгеновское излучение* — фотонное излучение, состоящее из тормозного и(или) характеристического излучений.

Основные понятия в области ионизирующих излучений

Корпускулярное излучение — ионизирующее излучение, состоящее из частиц с массой, отличной от нуля:

- бета-излучение (потoki электронов и позитронов), протонное, нейтронное, дейтронное излучения, альфа-излучение (ядра гелия), нейтрино, многозарядные ионы, атомы отдачи, продукты деления в ядерных реакциях.

Моноэнергетическое ИИ - ИИ, состоящее из фотонов одинаковой энергии или частиц одного вида с одинаковой кинетической энергией.

Немоноэнергетическое ИИ — ИИ, состоящее из фотонов различной энергии или частиц одного вида с разной кинетической энергией.

Примечание— бета-излучение радионуклидов является немонэнергетическим, так как состоит из бета-частиц различных энергий.

Смешанное ИИ — ИИ, состоящее из частиц различного вида или из частиц и фотонов.

Направленное ИИ — ИИ с выделенным направлением распространения.

Первичное ИИ — излучение, которое в рассматриваемом процессе взаимодействия со средой является исходным или принимается за исходное.

Вторичное ИИ — излучение, возникающее в результате взаимодействия первичного ионизирующего излучения с данной средой. Вторичное излучение может также инициировать вторичное по отношению к нему излучение или третичное по отношению к первичному и т. д.

Поле ИИ — область распространения ИИ в рассматриваемой среде. техническое устройство, испускающее или способное в определенных условиях испускать ионизирующее излучение.

Строение атомного ядра

Атомные ядра состоят из **нуклонов** – ядерных протонов и нейтронов

Число нуклонов – массовое число A

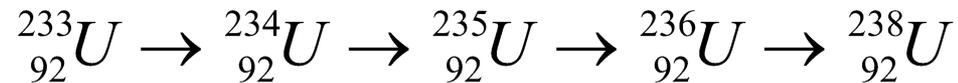
$$A = Z + N$$

Нуклиды - атомы и ядра с данным числом нуклонов и данным зарядом ядра ${}^A_Z X$

Изобары – нуклиды, имеющие одинаковое число нуклонов ($A - \text{const}$)



Изотопы – нуклиды, имеющие одинаковый заряд ($Z - \text{const}$), одинаковое число протонов



Изотоны – нуклиды с одинаковым числом нейтронов ($N - \text{const}$)



Строение атомного ядра

В настоящее время известно **118 химических элементов**, из них 94 обнаружены в природе
Из них только **81 элемент** имеет стабильные изотопы, у остальных изотопы нестабильны

Радионуклид

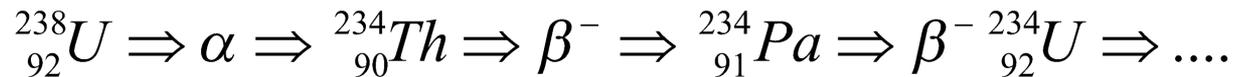
Самопроизвольно распадающиеся нуклиды и изотопы

Радиоизотоп

Общее число известных в настоящее время нуклидов – **3100** для 118 элементов

Радиоактивность

Из 3100 нуклидов стабильны только **271**, остальные нестабильны – самопроизвольно распадаются до стабильных нуклидов



МатеринскийДочерний.....Внучатый

Радиоактивный распад имеет статистическую природу – атомные ядра превращаются независимо друг от друга. Каждый нуклид имеет характерную для него вероятность распада

Вероятность распада – характерное свойство данного вида ядер.

Закон радиоактивного распада

Радионуклид A , испуская частицу x превращается в нуклид B



$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

где λ – постоянная распада, с^{-1}

Интегрирование при начальных условиях при $t = 0$ $N = N_0$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Период полураспада $T_{1/2}$ - промежуток времени, в течение которого распадается половина данного количества радионуклида

$$e^{\lambda T_{1/2}} = 2 \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Активность радионуклида

$$\dot{A} = dN/dt = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \dot{A}_0 e^{-\lambda t}$$

1 распад/с – беккерель – Бк, 1 кюри = $37 \cdot 10^9$ Бк

1 кюри – активность 1 г радия 226 – ^{226}Ra

Удельная активность – $\dot{A}_m = \dot{A}/m$, Бк/кг

Объемная активность – $\dot{A}_v = \dot{A}/V$, Бк/м³

Поверхностная активность – $\dot{A}_s = \dot{A}/S$, Бк/м²

Линейная активность – $\dot{A}_l = \dot{A}/l$, Бк/м

$$m = a_1(\dot{A}/\lambda)A - \quad a_1 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad \lambda = 0,693/T_{1/2}$$

$$m = (a_1 \dot{A} A T_{1/2})/0,693 = 2,4 \cdot 10^{-27} \dot{A} A T_{1/2}$$

$$\dot{A} = (4,17 \cdot 10^{26} m)/A T_{1/2}$$

m – кг, \dot{A} – Бк, A – а.е.м., $T_{1/2}$ – с

Пример расчета

Пример 1. Определить массу 1 Бк ^{210}Po ($T_{1/2}=138$ сут, $A=210$).

Решение. По формуле определяем

$$m = 0,24 \cdot 10^{-23} \cdot 210 \cdot 138 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 6,01 \cdot 10^{-23} \text{ г.}$$

Пример 2. Определить активность 1 г ^{226}Ra ($T_{1/2}=1620$ лет, $A=226$).

Решение. По формуле определим

$$A = \frac{4,17 \cdot 10^{23}}{226 \cdot 31\,536\,000 \cdot 1620} = 3,61 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$