

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Экология и природопользование»

Химический факультет

Кафедра Аналитической химии

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Радиационные методы контроля объектов окружающей среды»

Екатеринбург
2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Экология и природопользование»

Химический факультет

Кафедра Аналитической химии

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Радиационные методы контроля объектов окружающей среды»

Руководитель ИОНЦ _____ Радченко Т.А.

«____» _____ 2008 г.

**Екатеринбург
2008**

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ИОНЦ «Экология
и природопользование»

(подпись) Радченко Т.А.

(дата)

Программа дисциплины «Радиационные методы контроля объектов окружающей среды» составлена в соответствии с требованиями федерального/национально и регионального (вузовского) компонента к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки специалистов. Конкретно: дипломированного специалиста по специальности «Химия» 020101; бакалавра и магистра по направлению «Химия» 020100 - специализации: «Аналитическая химия», «Химия твердого тела», «Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность» по циклу государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Семестр 9

Общая трудоемкость дисциплины 34, в том числе:

Лекций 23

Семинаров (с просмотром фильмов) 7

Практических работ на физтехе УГТУ 4

Контрольные мероприятия:

Рефераты по выбору темы

Коллоквиумы 3

Контрольные работы 3

Другие: экзамен

Автор (составитель, разработчик)

Жуковский Владимир Михайлович, доктор химических наук, профессор, Кафедра аналитической химии, Уральский государственный университет им. А.М. Горького

Рекомендовано к печати протоколом заседания

Экспертно-конкурсной комиссии ИОНЦ «Экология и природопользование»

от _____ № _____
(дата)

Согласовано:

Зав. Кафедрой Аналитической химии

(название кафедры, реализующей данную дисциплину)

_____/_____
(подпись) Ф.И.О.

«____» _____ 200__ г.
(дата)

© Уральский государственный университет

© автор – В.М. Жуковский, 2008 г

Компоненты содержания программы

I. Введение

Дисциплина посвящена рассмотрению и изучению основ радиационной безопасности, связанных с воздействием на организм человека ионизирующих излучений, естественного и искусственного происхождения. Рассматриваются источники излучений, виды излучений, особенности их воздействия на живые организмы и метаболизм радионуклидов, попадающих в живые организмы. Дозовые нагрузки на организм при внешнем и внутреннем облучении. Оценка радиационных рисков. Место радиационных рисков среди других техногенных и социальных рисков.

Освещена история открытия радиоактивности. Всесторонне обсуждено научное, военное и техническое использование атомной энергии – успехи, преступления, ошибки, аварии, загрязнения территорий, надежды на мирную атомную энергетику... Ответственность человека за все, что происходит на нашей планете.

1. Цель дисциплины: ознакомление студентов-химиков с комплексом процессов и воздействий, связанных с явлениями естественной и искусственной радиоактивности; обучение студентов физико-биологическим основам радиационной безопасности и способности компетентно оценить социальные последствия использования радиационных технологий и систем человеческим обществом.

2. Задачи дисциплины:

- сформировать у студентов прочные знания о физико-биологической природе и механизмах действия основных радиационных факторов, воздействующих на человека и среду его обитания;
- познакомить с основными методами измерения радиоактивности;
- усвоить принципы и нормы регламентации воздействующих ионизирующих излучений;
- привить умение применять эти знания в дальнейшей практической работе, направленной на минимизацию радиационного воздействия естественных и техногенных источников ионизирующего излучения на окружающую среду и человека.

3. Место дисциплины в системе высшего профессионального образования:

- *базовые дисциплины*: курс общей и ядерной физики; курс высшей математики; курс общей и неорганической химии; курсы основы экологии и охрана окружающей среды.
- *данная дисциплина используется*: при изучении физических методов анализа; при работе на научной аппаратуре, содержащей источники ионизирующего излучения; использование метода меченых атомов; в период производственной практики и на научных стажировках; при изучении экологических дисциплин и методологии охраны окружающей среды; при изучении дисциплин, анализирующих социальные проблемы современного общества.

4. Требования к уровню освоения содержания курса (приобретаемые компетенции, знания, умения, навыки):

- дипломированные специалисты должны иметь системные знания о радиоактивности, источниках и природе ионизирующих излучений, физических аспектах взаимодействия излучения с веществом;
- получить представление о биологическом действии ионизирующих излучений различной природы, как на клеточном, так и на организменном уровне;

- ознакомиться с процессами метаболизма радионуклидов в организме человека, оценкой доз облучения и соответствующих радиационных рисков;
- ознакомиться с принципами и методами разработки и функционирования эффективной радиационной защиты;
- усвоить и эффективно исполнять требования нормативных документов в области радиационной безопасности;
- иметь четкие представления об организации работы по обеспечению радиационной безопасности населения и среды обитания человека.

5. Методическая новизна курса (новые методики, формы работы, авторские приемы в преподавании курса):

- прежде всего, четкое, глубокое и доходчивое изложение лекционного материала в постоянном контакте со слушателями (новое – достаточно часто является неоправданно забытым старым);
- на каждой лекции раздается базовый раздаточный материал (схемы, графики, таблицы), рекомендуются конкретные литературные источники;
- активно обсуждаются радиационное состояние Уральского региона, связанное с высокой насыщенностью предприятиями Минатома, техногенными выбросами и авариями, близостью к испытательным полигонам ядерного оружия и территориями с т.н. «мирными» ядерными взрывами;
- наличие в библиотеке УрГУ авторских публикаций разработчика курса, которые получили общественное признание: (Жуковский В.М. ВОДНЫЙ ПРОМЫСЕЛ. Первое промышленное радиохимическое производство в России. Екатеринбург: Изд. Ур. Ун-та, 2002. Жуковский В.М. РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. (Общедоступные лекции для студентов, журналистов, чиновников и избранников народа всех уровней). Изд-во УрГУ, Екатеринбург, 2004, 294 С. Жуковский В.М. Научно-технический прогресс и проблемы цивилизации (радиоактивность). // Изв. Уральского Ун-та «Проблемы образования, науки и культуры», Екатеринбург. Выпуск 12, № 23, 2002, с. 22-32. Жуковский В.М. // Становление радиохимического производства в России. Вестник УрО РАН № 3 (5), 2003, с. 58-71. Жуковский В.М. // Человек в радиоактивном мире. Социальные последствия открытия радиоактивности. Наука Общество Человек. Вестник УрО РАН № 3 (5), 2003, с. 77-82;
- обязательное экскурсионное посещение лабораторий кафедры экспериментальной физики физико-технического факультета УГТУ-УПИ для ознакомления с современной аппаратурной и приборной базой: циклотроном, микротроном, радоновой лабораторией, лабораториями радиометрии и дозиметрии (договоренности имеются);
- просмотр научно-документальных фильмов: «Trinity» - история Американской атомной программы, «Тощий полигон» - испытания 1954, «Чернобыль» – 20 лет спустя. Подбор фотоснимков Семипалатинского и Ново-Земельского полигонов;
- мультимедийные лекции и показы.

II. Содержание курса

1. Разделы курса, темы, их краткое содержание.

ОТ АВТОРА. Открытие явления радиоактивности в корне изменило научную картину Мира и дало человечеству в руки ранее неведомые и негаданные источники энергии. Применение радиации в энергетике, технике, медицине, сельском хозяйстве и научных исследованиях стало неотъемлемой частью нашей современной жизни. Через 30-

40 лет вообще невозможно представить благополучное существование человеческого сообщества в отсутствии атомной энергетики.

Во все времена живые организмы, в том числе и человек, не подозревая об этом, подвергались действию разнообразных естественных источников излучения, находящихся в воздухе, воде, пище, почве, а также космического излучения. Первоначальная ориентировка на использование атомной энергии в военных целях, бомбардировки японских городов, многочисленные ядерные испытания и аварии на АЭС сформировали в массовом сознании крайне негативное отношение как к «военному», так и «мирному» атому. В большинстве суждений отсутствует сколько-нибудь разумный научный анализ.

Автор пытается донести в научной, но достаточно доступной, а отчасти – даже в научно-популярной форме объективные сведения о радиоактивности и радиационной безопасности. Знание – лучшее средство от страха и подозрений. Радиации не следует бояться, но с ней следует обращаться осторожно и компетентно. Развитие любых отраслей техники было и будет сопряжено с рисками негативных последствий. Риски нужно понять, оценить и довести до приемлемого обществом уровня. Только это делает возможным создание новых экологически приемлемых технологий.

ЛЕКЦИЯ 1. Социальные последствия открытия явления радиоактивности.

Открытие явления радиоактивности привело к революции в физике, обеспечило переворот в научном мировоззрении. Человечество получило принципиально новый мощный источник энергии. Грандиозный *рывок в области фундаментальных наук, что стимулировало развитие прикладных, технических аспектов*. Одновременно - *негативные социальные аспекты* (атомные бомбардировки, аварии на АЭС, гонка вооружений...). Обсуждение проблемы «*неисчерпаемость - ограниченность*» природных ресурсов, введения понятия приемлемых (неприемлемых) социальных и техногенных рисков.

ЛЕКЦИЯ 2. Открытие радиоактивности и революция в физике.

Первооткрыватели и их заслуги. В.К. Рентген, А.А. Беккерель, М. и П. Кюри, Э. Резерфорд, Ф. Содди, Дж. Чадвик, М. Гепперт-Майер. От Демокрита, до Д.И. Менделеева и А. Эйнштейна. Оценка открытия явления радиоактивности представителями Российской науки и интеллигенции. Н.А. Бердяев, Андрей Белый, В.И. Вернадский.

ЛЕКЦИЯ 3. Естественная радиоактивность.

Нестабильность радиоактивных атомных ядер обусловлена их внутренним строением, и их распад происходит с определенной вероятностью, которая не зависит от времени и одинакова для всех частиц данного состояния. Основные понятия: скорость распада, постоянная распада, период полураспада; основные типы радиоактивных превращений. Радиоактивные семейства и их родоначальники. Семейства Th-232, U-235, U-238; α -, β - и γ -распад, ЭЗ – электронный захват; промежуточные продукты в цепях превращений, которым следует уделить внимание: ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, $t_{1/2} = 1622$ г., ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, $t_{1/2} = 3,82$ дня.

ЛЕКЦИЯ 4. Ионизирующие излучения.

Типы электромагнитных излучений и их свойства. Ионизация вещества. Ионизирующие электромагнитные излучения (рентгеновское и γ -излучение). Ионизирующая способность быстро движущихся частиц вещества: бета-излучение e^- или e^+ , α -частицы, p -протоны, d -дейтоны, n -нейтроны, тяжелые ионы. Энергия ионизации, длина пробега, ядерные реакции.

ЛЕКЦИЯ 5. Дозы облучения. Активностью (A) характеризуется мера количества радиоактивного вещества. Постоянная распада λ и период полураспада и $t_{1/2} = 0,693/\lambda$. Каждому радиоизотопу присущи свои значения λ и $t_{1/2}$. Исторически для характеристики активности использовали единицу активности – кюри (Ки), названную в честь П. и М. Кюри, которая соответствовала числу распадов 1 грамма радия - $3,7 \cdot 10^{10}$ атомов/сек. Это относительно крупная единица радиоактивности. На практике чаще применяли дольные единицы: милликюри ($1 \text{ мКи} = 10^{-3} \text{ Ки}$), микрокюри ($1 \text{ мкКи} = 10^{-6} \text{ Ки}$) и пикокюри ($1 \text{ пКи} = 10^{-9} \text{ Ки}$). В современной Международной системе единиц СИ за единицу активности принято одно ядерное превращение в секунду (расп./с) – 1 «беккерель» – (Бк или Bq), что $= 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$. Это малая единица – на практике используют кратные единицы: кило-Бк, мега-Бк, гига-Бк, тера-Бк ...

Эпидемиологический базис для оценки радиационных воздействий на человека. Международные организации: НКДАР ООН, МКРЗ- ICRP, Комитет BEIR, МАГАТЭ. Радиологическая защита и радиационная безопасность. Понятие поглощенная доза (D). Единица поглощенной дозы (Гр или Gy) – (Дж/кг). Старая внесистемная единица 1 рад – когда 1г вещества поглощает 100 эрг энергии любого излучения. 1Гр = 100 рад. Т.к. реальные дозы могут быть меньше грея и даже рада, используют их долевые части: санти-милли- микро- ... Заметим, что общая поглощенная телом человека доза излучения 5 Гр (500 рад) по оценкам медиков является полулетальной. Для сравнения – средний естественный по Миру радиационный фон, действию которого мы все подвергаемся, приблизительно составляет 1,0 мГр (100 мрад) в год.

Равные дозы различных видов излучения не обязательно вызывают одинаковые биологические эффекты. Понятие *эквивалентной дозы* (H). Единицами измерения эквивалентной дозы в системе СИ являются зиверт (Зв или Sv). Продолжают использовать внесистемную единицу бэр (биологический эквивалент рада). Эквивалентная доза представляет собой величину поглощенной дозы (в греях или радах), умноженную на переводной коэффициент W_R , - радиационный весовой коэффициент, отражающий эффективность воздействия конкретного вида радиации: $H = W_R D_R$ (нижний индекс R характеризует тип радиации).

Вид излучения R	γ	β	p	$n(\text{медл.})$	$n(\text{быстр.})$	α
W_R	1	1	10	5	10	20

При действии нескольких видов облучений эффект суммируется: $H_T = \sum_R W_R D_{T,R}$

При учете различных чувствительностей у тканей и органов: $E = \sum_T W_T \sum_R W_R D_{T,R}$

Для оценки воздействия фотонного излучения на вещество используется т.н. *экспозиционная доза* X . Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген P , который сохранен для использования в армии и публичных дозиметрах на улицах городов. По усредненным оценкам $1 P = 0,93 \text{ бэр}$.

Для оценки риска при облучении большого контингента людей, даже и небольшими дозами, полезной величиной является *коллективная эквивалентная доза* H_S .

Коллективная эквивалентная доза – сумма индивидуальных эквивалентных доз H_i у данного контингента людей за данный промежуток времени:

$$H_S = \sum_{i=1}^n H_i N_i,$$

где N_i – число лиц, получивших эквивалентную дозу H_i . Единицей измерения коллективной дозы в СИ является чел·Зв.

ЛЕКЦИЯ 6. Открытие искусственной радиоактивности. Ядерная программа США. Работы: И. и Ф. Жолио-Кюри, Э. Ферми (1934); О. Ганн и Ф. Штрассман (1938) – цепная реакция урана-235 на медленных нейтронах. Письмо А. Эйнштейна президенту США Ф.Д. Рузвельту (1939). «Манхэттенский проект», открытие американцами плутония-239 (1939-1941) и запуск Э. Ферми первого атомного реактора (02.12.1942 г). Trinity – первое испытание атомной бомбы (16.07.1945). Бомбардировки Хиросимы и Нагасаки: «Малыш» (06.08.1945) и «Толстяк» (09.08.1945).

ЛЕКЦИЯ 7. Становление атомной программы СССР. В СССР на IV Всесоюзном совещании по атомному ядру (ноябрь 1939 г, Харьков) академик И.М. Франк высказался о возможности осуществления цепной ядерной реакции. Это мнение было поддержано академиками В.И. Вернадским, А.Е. Ферсманом, В.Г. Хлопиным, А.Ф. Иоффе, молодой И.В. Курчатов. А. Я.Б. Зельдович и Ю.Б. Харитон в статье за 1940 г. «*Кинетика цепного распада урана*» описали условия, необходимые для осуществления ядерного взрыва. Начало ВОВ, создание ГКО, первые сведения о развитии на Западе работы по созданию атомной бомбы (1941-1942). Назначение И.В. Курчатова научным руководителем работ по использованию атомной энергии в СССР (10.03.1943). Завершение ВОВ. Атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки открыли путь к практическому применению атомных бомб. Способность США производить 8 бомб в месяц! Создание в СССР атомной промышленности и атомного оружия стало абсолютным приоритетом. Создание ГКО «Спецкомитета» и ПГУ. Первая советская атомная бомба РДС-1 испытана 29.08.1949 г.

ЛЕКЦИЯ 8. Естественный радиоактивный фон. Естественный радиационный фон (ЕРФ) – неотъемлемый фактор окружающей среды. Развитие жизни на Земле всегда происходило при его присутствии и воздействии. Связанные с этим гипотезы. Природные атомные реакторы. Структура ЕРФ: космическое излучение и его составные части – первичное и вторичное космическое излучение; естественные радионуклиды (ЕРН) – присутствуют во всех объектах внешней среды с момента образования Земли, как и их дочерние продукты распада; основной вклад вносят ^{40}K и радионуклиды семейств ^{238}U и ^{232}Th ; регионы Мира с повышенным радиационным фоном; проблема радона; хозяйственная деятельность и облучение от ЕРН; данные UNSCEAR (НКАДР).

ЛЕКЦИЯ 9. Искусственные источники ионизирующих излучений. Ядерное оружие – применение и испытания (в атмосфере и подземные). Мощность взрывов. Дислокация ядерных полигонов по Миру. Водородная или термоядерная бомба. Э. Теллер и А.Д. Сахаров. «Кузькина мать». Последствия. Испытательные полигоны СССР. Ядерные технологии и деятельность предприятий ядерного топливного цикла – промышленное выделение радионуклидов из природных руд или источников; промышленное разделение радионуклидов; реакторная обработка природных радионуклидов и получение (выделение) искусственных радионуклидов, в первую очередь плутония-239, и сопутствующих изотопов, переработка ТВЭЛов. Наибольшие загрязнения – ПО «Маяк» и авария на ЧАЭС. Облучение в медицинских целях – диагностика и лечение.

ЛЕКЦИЯ 10. Биологическое действие ионизирующих излучений. История знакомства. От рентгеновских лучей до радиоактивных изотопов. Утверждение МКРЗ

(1928). Луис Слотин – первая жертва атомной бомбы (1945). Создание НКДАР – UNSCEAR ООН (1955) и МАГАТЭ (1957).

Специфические особенности воздействий ионизирующего излучения на живые организмы:

- высокая эффективность поглощенной энергии – малые количества поглощенной энергии излучения могут вызвать глубокие биологические изменения в организме;
- наличие скрытого (инкубационного) периода;
- кумуляция – действие от малых доз может суммироваться или накапливаться;
- возможно воздействие на потомство – т.н. генетический эффект;
- различные органы живого организма имеют свою чувствительность к облучению;
- суммарный эффект воздействия зависит от частоты облучения – одноразовое облучение в большей дозе вызывает более глубокие последствия, чем фракционированное.

Клеточная структура организмов и их отдельных органов. Хромосомы – носители генетической информации. Наследственные признаки. Единая клетка, возникшая при оплодотворении, содержит 23 хромосомы, полученные от матери, и столько же от отца. На ранней стадии развития все клетки способны к делению, и новая популяция клеток возрастает с большой скоростью. На более поздней стадии развития некоторые клетки «дифференцируются», т.е. становятся специализированными, способными выполнять определенные функции, и не могут продолжать деление.

Последствия, которые вызывает воздействие излучения в организме человека, классифицируются в зависимости от величины полученной дозы:

- изменения в соматических клетках, приводящие к возникновению рака;
- генетические мутации, оказывающие влияние на будущие поколения;
- влияние на зародыш и плод, вследствие облучения матери в период беременности;
- смерть непосредственно в момент облучения.

Раковая опухоль возникает в тот момент, когда соматическая клетка, выйдя из-под контроля организма, начинает неистово делиться, несмотря на создаваемую угрозу для живого существа в целом. Одной из разновидностей рака является лейкоз (белокровие) – болезнь, характеризующаяся избыточным содержанием в крови неполноценных клеток (белых кровяных телец или лейкоцитов).

Контроль за состоянием здоровья жителей Хиросимы и Нагасаки, перенесших атомную бомбардировку, – наибольшая когорта людей, подвергшихся общему облучению. Анализ частоты заболеванием лейкозом. Уровень заболевания лейкозом \approx 2000 детей, родившихся от беременных женщин и перенесших бомбардировку, не выявлен.

Модели действия радиации: линейная беспороговая; другие модели радиационных эффектов при малых дозах. Долевые вклады источников излучения в формирование поглощенной дозы для населения (на примере США и России).

Проблемы генетических последствий воздействия радиации. Работы Г. Меллера и Н.В. Тимофеева-Ресовского. Дрозофилы, мыши и люди – пережившие атомные бомбардировки. Полученные результаты и выводы. Выводы специалистов благоприятны, общественность несогласна. И все-таки - *отсутствие доказательств не должно рассматриваться как доказательство отсутствия!* Эксперимент сложен, а статистика мала. Радиационные риски и проблема гормезиса. От Парацельса до современности. Работы Т.Д. Лакки, А.М. Кузина и Л.А. Булдакова.

ЛЕКЦИЯ 11. Радиационная обстановка на Урале и в прилегающих регионах.

Урал – опорный край державы. Регион насыщен предприятиями атомной промышленности и энергетики: Белоярская АЭС, ПО «Маяк» (г. Озерск), Уральский электрохимический комбинат (г. Новоуральск), комбинат «Электрохимприбор» (г. Лесной) и др. Наибольшие штатные и аварийные загрязнения связаны с деятельностью ПО «Маяк»: (сброс жидких радиоактивных отходов в р. Теча и газо-аэрозольные выбросы, тепловой взрыв банки с отходами, пылевой разнос с берегов озера Карачай). На территории региона добывали и хранят монацитовое сырье. Кроме того, она подвергалась воздействию испытаний ядерного оружия на Семипалатинском, Ново-Земельском и Тоцком полигонах, а также серии «мирных» подземных взрывов.

Естественный радиационный фон в Уральском регионе обусловлен геолого-геофизическими особенностями земной коры и присутствующими в ней минералами и горными породами, содержащими уран-238 и торий-232 с их дочерними продуктами распада, а также калий-40. Поэтому вся территория Уральского региона относится к зонам повышенной потенциальной опасности от воздействия природных радионуклидов и, в первую очередь, радона.

В Уральском регионе и сопредельных с ним территориях были организованы производства по извлечению радия из разнообразных рудных материалов.

Загрязнения строительных материалов природными радионуклидами.

Воздействия ядерных полигонов и «мирных» взрывов на население.

Подробности о радиационных воздействиях на население со стороны ПО «Маяк».

Медицинская диагностика и радиотерапия.

Комментарий профессионала – врача-радиолога Гуськовой А.К.

ЛЕКЦИЯ 12. Чернобыльская авария. От Хиросимы и Нагасаки к энергетическим и транспортным реакторам. Типы реакторов. Особенности реакторов типа ВВЭР и РБМК.

Авария – системные причины: Перевод АЭС из Минсредмаша в Минэнерго. Ускоренное развитие атомной энергетики при объективной ограниченности средств создавало хроническую недостаточность технической базы, в частности, недостаточность вычислительной техники не позволила получить достоверные значения коэффициента реактивности реактора в зависимости от содержания пара в воде его главного контура. С большим опозданием была создана Система Независимого Государственного Надзора за безопасностью атомной энергетики. Низкая культура безопасности на всех основных стадиях – разработки, эксплуатации и административного управления.

Авария - непосредственные причины: В ночь на 26 апреля 1986 г персонал 4-го блока ЧАЭС, проводя эксперимент, шесть раз грубо нарушил Регламент, т.е. правила безопасной эксплуатации реактора. Преднамеренно были отключены почти все средства аварийной защиты. Общей причиной аварии явилась низкая культура работников АЭС. Пытаясь поднять мощность реактора в режиме неустойчивости, действия персонала привели к тепловому взрыву реактора.

Последствия: Разрушение 4-го блока. Взрыв воздушно-водородной смеси. Пожар – горение графита. Разнос радиоактивных газов и пыли по розе ветров. Загрязнение территорий – более всего – прилегающих к Чернобылю, а также территорий России и Беларуси. Работа ликвидаторов. Зафиксированные официальные данные. Статистика.

Разновеликие оценки последствий специалистами и журналистами. Катастрофа вызвала и продолжает вызывать значительные психологические последствия, такие как страх и обеспокоенность, которые распространены широко за пределами зараженной зоны.

Ознакомьтесь с материалами проф. А.К. Гуськовой, которая курировала лечебный режим наиболее тяжелых больных, поступивших 6-ю спецбольницу из Чернобыля.

ЛЕКЦИЯ 13. Методы обнаружения и измерение ионизирующих излучений.

Естественные и рукотворные зоны радиационного риска, уровни риска. Радиометрия и дозиметрия. Механизмы ионизации вещества заряженными частицами, нейтронами и γ -квантами. Принципиальные схемы регистрации ионизирующих излучений. Камера Вильсона, пузырьковая камера, метод ядерных эмульсий. Ионизационные камеры. Газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера, принципиальная схема включения. Сцинтилляционные счетчики. Кристаллические полупроводниковые детекторы. Фотографические детекторы, оптическая плотность почернения фотопленки и ее сенситометрические характеристики. Использование дифференциального фотоэлектрического денситометра.

Радиационный контроль разного уровня: профессиональный-1, профессиональный-2, радиационный контроль населения в мирных условиях, при чрезвычайных ситуациях и военных действиях. Карманные γ -дозиметры типа ИД-1. Индивидуальный фото-контроль усовершенствованный для профессионалов Минатома. Трековые детекторы. Термолюминесцентные дозиметры.

Измерители мощности дозы для МЧС и Минобороны. Современные малогабаритные индивидуальные дозиметры, в том числе и для населения.

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА – 72 источника.

УКАЗАТЕЛЬ ПЕРСОНАЛИЙ – 161 персона.

СОДЕРЖАНИЕ - 1 стр.

2. Темы семинарских занятий: Обсуждение документальных кинофильмов, посвященных проблемам атомного оружия, атомной энергетики, радиационных воздействий на человека. Авария на ЧАЭС и ее последствия через 20 лет спустя. Военные испытания на Тоцком полигоне. Американский фильм «Trinity» о создании атомных и водородных бомб и их испытаниях. Обсуждение презентаций, представленных на Российских и Международных конференциях по современным проблемам радиационной безопасности.
3. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы по курсу «Радиационные методы контроля объектов окружающей среды»:
 1. Как были открыты рентгеновские лучи и явление радиоактивности?
 2. Что вы знаете о работах К. Рентгена и А. Беккереля?
 3. Какое значение имело открытие радиоактивности для развития науки и техники?
 4. Какие заслуги перед наукой имеют П. и М. Кюри?
 5. Кем и когда впервые были высказаны идеи об атомном строении материи?
 6. Что вы знаете о работах русских ученых в области изучения радиоактивности?
 7. Является ли атом действительно неделимой частицей? Что об этом говорят химические и физические опыты?
 8. Расскажите о роли работ Э. Резерфорда и его школы.
 9. Как современная наука представляет структуру атома?

10. Что такое α -, β - и γ -излучение? Каковы свойства этих излучений? Какие еще элементарные частицы могут испускаться в процессе ядерных превращений?
11. Что происходит с элементом, претерпевающим α -, β^- - и β^+ - распады?
12. Что такое период полураспада?
13. Как открытия по выявлению структуры ядер атомов связаны с закономерностями построения Периодической системы Д.И. Менделеева?
14. Что такое изотопы? Приведите примеры стабильных и радиоактивных изотопов?
15. Что такое семейства природных радиоактивных элементов? Какие радиоактивные семейства вам известны? Как они образуются?
16. Когда и кем впервые была осуществлена искусственная ядерная реакция?
17. Что такое цепная ядерная реакция?
18. Что вы знаете о создании и применении ядерного оружия? Как вы оцениваете факт его применения? Когда, где, кем и как было создано ядерное оружие?
19. Что вы знаете об атомных бомбардировках японских городов Хиросимы и Нагасаки? Оцените военную целесообразность этой акции и ее долговременные последствия.
20. Что такое “холодная война”, гонка ядерных вооружений и их последствия для мирового сообщества и отдельных стран и народов?
21. Что такое “ядерный клуб”, какие страны в него входят?
22. Какие ядерные полигоны вам известны?
23. Какие экстремальные ситуации возникали в связи с испытаниями ядерных и водородных бомб?
24. Оцените последствия ядерных испытаний для состояния окружающей среды и здоровья населения. Оцените эти последствия для различных регионов России.
25. Когда были заключены и как соблюдаются договоры о запрещении испытаний ядерного оружия?
26. Что такое “мирные” подземные ядерные взрывы, каковы их экономическая целесообразность и последствия для состояния окружающей среды и здоровья населения?
27. Какие расщепляющиеся материалы потенциально могут быть использованы в качестве ядерных зарядов? Как их получают?
28. Что такое термоядерный синтез? В каких условиях он происходит?
29. Возможен ли управляемый термоядерный синтез или все закончится на водородной бомбе?
30. Какова роль термоядерного синтеза на Солнце?
31. Почему алхимикам не удалось превратить свинец и ртуть в золото?
32. Сопоставьте энергетику химических и ядерных реакций.
33. Что такое дефект массы? Как с позиций соотношения Эйнштейна объясняется энергетика ядерных процессов?

34. Какая радиация называется ионизирующей?
35. Какие виды ионизирующей и неионизирующей радиации вам известны? Чем они различаются?
36. Каково происхождение и основные источники ионизирующих излучений?
37. Сравните ионизирующие способности излучений различного типа.
38. Расшифруйте понятия: удельная ионизация, средняя работа ионизации, длина свободного пробега.
39. Охарактеризуйте свойства α -излучения и особенности его взаимодействия с веществом.
40. Охарактеризуйте свойства β -излучения и особенности его взаимодействия с веществом. В чем отличия электронного и позитронного распада?
41. Каким способом были получены тяжелые трансурановые элементы?
42. Сопоставьте свойства протонов и нейтронов. Где их можно обнаружить?
43. Каковы механизмы взаимодействия нейтронов с веществом?
44. Как и для чего классифицируют нейтроны по уровням энергии?
45. В чем заключается специфичность воздействия ионизирующего излучения на живые организмы?
46. Что такое активность радиоактивного вещества? В каких единицах она измеряется?
47. Что такое период полураспада радионуклида? В каких пределах варьируют значения периодов полураспада для различных радионуклидов? Приведите примеры.
48. Установите связь между активностью и массой радиоактивных веществ.
49. Что такое поглощенная доза? В каких единицах она измеряется?
50. Чем отличаются поглощенная доза и эквивалентная доза? Что такое «качество облучения»? В каких единицах измеряется величина эквивалентной дозы?
51. Разъясните смысл понятий «коллективная эквивалентная доза».
52. Что такое природный радиоактивный фон? Каковы источники формирования этого фона?
53. Что такое космическое излучение и каковы его свойства? Какие радионуклиды называют космогенными? Каков их вклад в формирование радиационных полей, воздействующих на живые организмы?
54. Какие основные радионуклиды содержатся в земной коре?
55. Сопоставьте типы почв (горных пород) с точки зрения различий содержания в них радионуклидов.
56. Что вам известно о регионах в разных частях планеты с существенно повышенным природным радиационным фоном? Прокомментируйте данные о последствиях воздействия этого фона на проживающих там людей.
57. Проанализируйте проблему возможности получения повышенной радиационной нагрузки у себя дома.

58. Назовите основные техногенные источники повышения радиационного фона окружающей среды. Всегда ли повышение радиационного фона связано только с деятельностью предприятий ядерного топливного цикла? Радиоактивное загрязнение окружающей среды выбросами тепловых электростанций.

59. Какие радионуклиды выбрасывают в окружающую среду предприятия ядерного топливного цикла? Охарактеризуйте эти радионуклиды. Загрязнение окружающей среды при стабильной работе АЭС. Аварийные ситуации. Проблема радиоактивных отходов.

60. Каким образом ионизирующие излучения и радионуклиды используют в медицинских целях? Каковы при этом радиационные нагрузки на человека? Ходить или не ходить на рентгенографию и флюорографию?

61. Оцените средние дозы, получаемые человеком от всех источников радиационного воздействия.

62. Расскажите об известных вам случаях воздействия ионизирующих излучений на человеческий организм на заре открытия радиоактивности.

63. Оцените уровень радиационной безопасности в лаборатории П. и М. Кюри.

64. Расскажите, когда и кем был получен первый Российский радий?

65. В каких целях использовали добытый радий?

66. Какие организации контролируют радиационные загрязнения окружающей среды и производственных зон?

67. К каким последствиям может привести облучение организма в зависимости от полученной дозы?

68. Какими организационно-техническими приемами можно уменьшить величину получаемой дозы?

69. Что такое соматические радиационные повреждения? Каковы последствия этих повреждений?

70. Что такое генетические повреждения?

71. Оцените радиационные повреждения, полученные выжившими жителями Хиросимы и Нагасаки после атомных бомбардировок.

72. Какие трудности встречаются при получении достоверной информации о последствиях радиационных воздействий, полученных различными группами населения?

73. Что такое малофоновая радиация? Какова ее роль во влиянии на здоровье человека?

74. Обоснуйте справедливость линейной модели взаимосвязи доза–эффект для малофоновой радиации. Сопоставьте для этого случая радиационные и другие бытовые риски.

75. Поясните понятие «гормезис».

76. Чем обусловлено возникновение научной дисциплины «дозиметрия»?

77. Какие принципы лежат в основе детектирования заряженных элементарных частиц? Что это за частицы?

78. Как удастся детектировать элементарные частицы, не несущие электрического заряда?
79. Какие приборы и методы можно использовать для фиксирования треков и свойств движущихся элементарных частиц?
80. Расскажите о принципе работы камеры Вильсона и пузырьковой камеры.
81. В чем заключается принцип использования ядерных эмульсий.
82. Опишите устройство ионизационных камер и поясните принцип их работы.
83. Что такое вольтамперная характеристика ионизационной камеры?
84. Расскажите о принципе работы, устройстве и применении счетчиков Гейгера-Мюллера.
85. Как устроены и работают сцинтилляционные счетчики?
86. Поясните принципы работы фотографических детекторов ионизирующих излучений.
87. Какие индивидуальные приборы используют для контроля за возможным облучением персонала?
88. Расскажите, что вам известно о Чернобыльской аварии, ее причинах и последствиях.
89. Для чего построен саркофаг 4-го блока ЧАЭС?
90. Какие республики бывшего СССР наиболее пострадали от аварии на ЧАЭС?
91. Что вы знаете о регионах России, пострадавших после аварии на ЧАЭС?
92. Возможно ли, по вашему мнению, безаварийная эксплуатация АЭС и что для этого необходимо предпринять?
93. В настоящее время идут бурные дискуссии о том, строить или не строить новую Южно-Уральскую АЭС в Челябинской области. Аргументировано взвесьте возможные “за” и “против”.
94. Что вы знаете и что вы думаете о состоянии радиационной обстановки в Уральском и прилегающих регионах? Что такое ВУРС? Что такое Теченский каскад водоемов и плотин?
95. Что делать с отработанным ядерным топливом (ОЯТ)? Ввозить на переработку или не ввозить? Перерабатывать или не перерабатывать? Может быть, вообще отказаться от использования ядерной энергии?
96. Кого вы знаете из советских (российских) ученых-атомщиков? Каковы их научные достижения и заслуги перед обществом?
97. Какие международные организации контролируют безопасную работу атомной энергетики и безопасные условия работающих с ионизирующими излучениями?
98. Назовите атомные испытательные полигоны СССР. Как вы оцениваете непосредственные и долговременные последствия испытаний ядерного оружия?
99. Сопоставьте конструктивные особенности ядерных реакторов РБМК, ВВЭР, БН. Как вы оцениваете перспективы развития ядерной энергетики в Миров и в России?

100. Что такое «Природные ядерные реакторы»? Как эти явления оцениваются специалистами?

101. Что вам известно о локальных радиационных загрязнениях территорий Свердловской области?

102. Что такое «Техногенные риски» и их оценка? Сопоставьте радиационные риски и риски иных сфер производства и транспорта?

103. Кого вы знаете из советских (российских) радиологов, лечивших наиболее пострадавших работников атомной промышленности и ликвидаторов Чернобыльской аварии?

104. Как вы можете прокомментировать документальные фильмы об аварии на ЧАЭС и ее последствиях через 20 лет спустя, испытаниях на Тоцком полигоне и американском фильме «Trinity» о создании атомных и водородных бомб и их испытаниях?

105. Что такое ядерное топливо ЯТ, отработанное ядерное топливо ОЯТ и ядерные отходы ЯО? Состав всех групп материалов и их судьба?

4. Примерная тематика рефератов, курсовых работ (не предусмотрены)

5. Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу «Радиационные методы контроля объектов окружающей среды»:

Билет № 1

1. Как были открыты рентгеновские лучи и явление радиоактивности? Что вы знаете о работах К. Рентгена и А. Беккереля?

2. Что вы знаете об атомных бомбардировках японских городов Хиросимы и Нагасаки? Оцените военную целесообразность этой акции, и ее долговременные последствия?

Билет № 2

1. Какое значение имело открытие радиоактивности для развития науки и техники? Какие заслуги перед наукой имеют П. и М. Кюри?

Что такое цепная ядерная реакция? Что вы знаете о создании и применении ядерного оружия? Как вы оцениваете факт его применения? Когда, где, кем и как было создано ядерное оружие?

Билет № 3

1. Кем и когда впервые были высказаны идеи об атомном строении материи? Что вы знаете о работах русских ученых в области изучения радиоактивности? Является ли атом действительно неделимой частицей? Что об этом говорят химические и физические опыты?

2. Что такое «холодная война», гонка ядерных вооружений и их последствия для мирового сообщества и отдельных стран и народов?

Билет № 4

1. Расскажите о роли работ Э. Резерфорда. Как современная наука представляет структуру атома?

2. Что такое «ядерный клуб», какие страны в него входят? Какие ядерные полигоны вам известны?

Билет № 5

1. Что такое α -, β - и γ -излучение? Каковы свойства этих излучений? Какие еще элементарные частицы могут испускаться в процессе ядерных превращений?

2. Какие экстремальные ситуации возникали в связи с испытаниями ядерных и водородных бомб?

Билет № 6

1. Что происходит с элементом, претерпевающим α -, β^- - и β^+ - распады? Что такое период полураспада?
2. Оцените последствия ядерных испытаний для состояния окружающей среды и здоровья населения. Оцените эти последствия для различных регионов России.

Билет № 7

1. Как открытия по выявлению структуры ядер атомов связаны с закономерностями построения Периодической системы Д.И. Менделеева?
2. Что такое “мирные” подземные ядерные взрывы, каковы их экономическая целесообразность и последствия для состояния окружающей среды и здоровья населения?

Билет № 8

1. Что такое изотопы? Приведите примеры стабильных и радиоактивных изотопов?
2. Какие расщепляющиеся материалы потенциально могут быть использованы в качестве ядерных зарядов? Как их получают?

Билет № 9

1. Что такое семейства природных радиоактивных элементов? Какие радиоактивные семейства вам известны? Как они образуются?
2. Что такое термоядерный синтез? В каких условиях он происходит? Возможен ли управляемый термоядерный синтез или все закончится на водородной бомбе? Какова роль термоядерного синтеза на Солнце?

Билет № 10

1. Что вы знаете о создании и применении ядерного оружия? Как вы оцениваете факт его применения? Когда, где, кем и как было создано ядерное оружие?
2. Что такое поглощенная доза? В каких единицах она измеряется?

Билет № 11

1. Чем отличаются поглощенная доза и эквивалентная доза? Что такое «качество облучения»? В каких единицах измеряется величина эквивалентной дозы?
2. Какие радионуклиды выбрасывают в окружающую среду предприятия ядерного топливного цикла? Охарактеризуйте эти радионуклиды. Загрязнение окружающей среды при стабильной работе АЭС.

Билет № 12

1. Что такое «Техногенные риски» и их оценка? Сопоставьте радиационные риски и риски иных сфер производства и транспорта?
2. Какие трудности встречаются при получении достоверной информации о последствиях радиационных воздействий, полученных различными группами населения?

Билет № 13

1. Какие принципы лежат в основе детектирования заряженных элементарных частиц? Что это за частицы?
2. Какие республики бывшего СССР наиболее пострадали от аварии на ЧАЭС?

Билет № 14

1. Поясните принципы работы фотографических детекторов ионизирующих излучений.
2. Что вам известно о причинах Чернобыльской аварии?

Билет № 15

1. Что вы знаете о пострадавших от аварии на ЧАЭС регионах России? Опишите устройство ионизационных камер и поясните принцип их работы.

Билет № 16

1. Что такое ядерное топливо для АЭС? Что такое ОЯТ и что с ним делать? Что такое МОКС топливо? Мировые тенденции развития АЭС.
2. Расскажите, когда и кем был получен первый Российский радий? Зачем он нужен?

Билет № 17

1. Оцените радиационные повреждения, полученные выжившими жителями Хиросимы и Нагасаки после атомных бомбардировок.
2. Какие приборы и методы можно использовать для фиксирования треков и свойств движущихся элементарных частиц?

Билет № 18

1. Какие трудности встречаются при получении достоверной информации о последствиях радиационных воздействий, полученных различными группами населения?
2. Что такое ВУРС? Причина его появления и последствия.

Билет № 19

1. Почему алхимикам не удалось превратить свинец и ртуть в золото? Сопоставьте энергетику химических и ядерных реакций.
2. Какие индивидуальные приборы используют для контроля за возможным облучением персонала? Каковы индивидуальные средства защиты?

Билет № 20

1. Расскажите о принципе работы, устройстве и применении счетчиков Гейгера-Мюллера. Оцените средние дозы, получаемые человеком от всех источников радиационного воздействия.
2. Назовите основные техногенные источники повышения радиационного фона окружающей среды. Всегда ли повышение радиационного фона связано только с деятельностью предприятий ядерного топливного цикла?

Билет № 21

1. Заслуги В.И. Вернадского в понимании и развитии значения открытия радиоактивности.
2. Сопоставьте свойства протонов и нейтронов. Где их можно обнаружить? Каковы механизмы взаимодействия нейтронов с веществом?

Билет № 22

1. Какие заслуги перед наукой имеют П. и М. Кюри?
2. Что такое термоядерный синтез? В каких условиях он происходит? Возможен ли управляемый термоядерный синтез или все закончится на водородной бомбе?

Билет № 23

1. Что такое дефект массы? Как с позиций соотношения Эйнштейна объясняется энергетика ядерных процессов?
2. Какая радиация называется ионизирующей? Какие виды ионизирующей и неионизирующей радиации вам известны? Чем они различаются?

Билет № 24

1. Каково происхождение и основные источники ионизирующих излучений? Как защищают от излучения работающий персонал?
2. Каковы проблемы Теченского каскада ПО «Маяк»?

Билет № 25

1. Что такое космическое излучение, его природа и воздействие?
2. Какие испытания проводились на Тоцком полигоне и их последствия?

Билет № 26

1. Какие основные радионуклиды содержатся в земной коре? Сопоставьте типы почв (горных пород) с точки зрения различий содержания в них радионуклидов.
2. Какие проблемы ПО «Маяк» с озером Карачай?

Билет № 27

1. Назовите основные техногенные источники повышения радиационного фона окружающей среды. Всегда ли повышение радиационного фона связано только с деятельностью предприятий ядерного топливного цикла?
2. Каким образом ионизирующие излучения и радионуклиды используют в медицинских целях? Каковы при этом радиационные нагрузки на человека? Ходить или не ходить на рентгенографию и флюорографию?

Билет № 28

1. Оцените средние дозы, получаемые человеком от всех источников радиационного воздействия.
2. Расскажите, когда и кем был получен первый Российский радий? В каких целях использовали добытый радий?

Билет № 29

1. На ошибках учатся. Расскажите об известных вам случаях воздействия ионизирующих излучений на человеческий организм на заре открытия радиоактивности.
2. Какие организации контролируют радиационные загрязнения окружающей среды и производственных зон?

Билет № 30

1. Что такое соматические радиационные повреждения? Каковы последствия этих повреждений?
2. Опишите устройство ионизационных камер и поясните принцип их работы. Что такое вольт-амперная характеристика ионизационной камеры?

Билет № 31

1. Что такое генетические радиационные повреждения? Что вы об этом знаете? Оцените радиационные повреждения, полученные выжившими жителями Хиросимы и Нагасаки.
2. Расскажите о принципе работы, устройстве и применении счетчиков Гейгера-Мюллера.

Билет № 32

1. Чем обусловлено возникновение научной дисциплины «дозиметрия»? Какие принципы лежат в основе детектирования заряженных элементарных частиц? Что это за частицы?
2. Какие республики бывшего СССР наиболее пострадали от аварии на ЧАЭС? Что вы знаете о пострадавших регионах России?

Билет № 33

1. Что такое малофоновая радиация? Какова ее роль во влиянии на здоровье человека? Поясните понятие «гормезис».
2. Как устроены и работают сцинтилляционные счетчики?

Билет № 34

1. Роль работ Э. Резерфорда и его научной школы в понимание явления радиоактивности.
2. Обоснуйте справедливость линейной модели взаимосвязи доза–эффект для малофоновой радиации. Сопоставьте для этого случая радиационные и другие бытовые риски.

Билет № 35

1. К каким последствиям может привести облучение организма в зависимости от полученной дозы?
2. Радон – источники, лечебное средство или «газ-убийца»?

Билет № 36

1. Что вы знаете и что вы думаете о состоянии радиационной обстановки в Уральском и прилегающих регионах? Что такое ВУРС? Что такое Теченский каскад водоемов и плотин?

2. Кого вы знаете из советских (российских) ученых-атомщиков? Каковы их научные достижения и заслуги перед обществом?

Билет № 37

1. Что вы знаете о регионах России, пострадавших после аварии на ЧАЭС?
2. Что такое «Природные ядерные реакторы»? Как эти явления оцениваются специалистами?

Билет № 38

1. Кого вы знаете из советских (российских) радиологов, лечивших наиболее пострадавших работников атомной промышленности и ликвидаторов Чернобыльской аварии?
2. Сопоставьте конструктивные особенности ядерных реакторов РБМК, ВВЭР, БН. Как вы оцениваете перспективы развития ядерной энергетики в Море и в России?

Билет № 39

1. Что вам известно о локальных радиационных загрязнениях территорий Свердловской области?
2. Какие международные организации контролируют безопасную работу атомной энергетики и безопасные условия персонала, работающего с ионизирующими излучениями?

Билет № 40

1. Что такое радиационные генетические повреждения? Возможны ли генетические повреждения от иных факторов?
2. Какими организационно-техническими приемами можно уменьшить величину получаемой дозы?

Билет № 41

1. Линейная модель взаимосвязи доза–эффект для малофоновой радиации. Явление гормезиса.
2. Кем, когда и каким способом были получены тяжелые трансурановые элементы? Какую роль они сыграли?

Билет № 42

1. Воздействие ионизирующих излучений на живые организмы. В чем состоит их специфичность?
2. Почему в Море при решении энергетических проблем начинают отдавать предпочтение энергетическим ядерным реакторам на быстрых нейтронах?

Билет № 43

1. Что такое ядерное топливо ЯТ, отработанное ядерное топливо ОЯТ и ядерные отходы ЯО? Состав всех групп материалов и их судьба?
2. Что такое «мирные» подземные ядерные взрывы, каковы их экономическая целесообразность и последствия для состояния окружающей среды и здоровья населения?

III. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Наименование разделов и тем	ВСЕГО (часов)	Аудиторные занятия (час)		Самостоятельная работа
			в том числе		
			Лекции	Практические (семинары, лабораторные работы)	
1	Введение в курс, история открытия р/а, социальные последствия	2	2	Презентации, семинары	Работа с литературой
2	Естественная р/а, ионизирующие излучения, ест. фон	3	3	---*---	---*---
3	Дозы облучения	2	2	---*---	---*---
4	Искусственная р/а, ядерные программы США и СССР, иск. источники облучения	4	4	---*---	---*---
5	Биология ион. излучен.	4	4	---*---	---*---
6	Урал – радиация.	2	2	---*---	---*---
7	Авария на ЧАЭС.	4	2	ЧАЭС к/ф 2	---*---
8	Методы обнаружения и измерения ион. излуч.	6	2	Экскурсия на физтех 4	---*---
9	Заключение	7	2	Просмотр фильмов 5	---*---
10	ИТОГО:	34	23		

IV. Форма итогового контроля Экзамен по курсу.

V. Учебно-методическое обеспечение курса

1. Рекомендуемая литература (основная):

- Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) - СП 2.6.1.758-99.
- Рекомендации -2003 Европейского Комитета по Радиационному Риску.
- Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. – М.: Энергаториздат, 1990. – 160 С.
- Гуськова А.К. Атомная отрасль страны глазами врача, М.:, Изд-во Реальное время., 2004.-240 С.
- Жуковский В.М. Водный Промысел. Первое промышленное радиохимическое производство в России. Екатеринбург: Изд. Ур. Ун-та, 2002. – 96 С.
- Жуковский В.М. Радиоактивность и радиационная безопасность. Изд. Ур. Ун-та, 2004. – 294 С.
- Иванов В.К., Цыб Ф., Панфилов А.П. Агапов А.М. Оптимизация радиационной защиты: «дозовая матрица». - М.: Медицина, 2006. - 304 С.
- Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена. – М.: Медицина, 1999. – 384 С.

- Керим-Маркус И.Б. Регламентация облучения для XXI века. ГНЦ РФ «Институт биофизики». 1999 – 11 С.
- Машкович В.П., Панченко А.М. Основы радиационной безопасности. – М.: ЭнергATOMиздат, 1990. – 176 С.
- Уткин В.И., Чеботина М.Я., Евстигнеев А.В. и др. Радиоактивные беды Урала. Екатеринбург, УрО РАН, 2000. – С. 94.
- Холл Э. Дж. Радиация и жизнь. М: «Медицина», 1989. – 225 С.

2. Рекомендуемая литература (дополнительная):

см. список из 72 наименований, приложенный к тексту основного учебного пособия.

3. Перечень обучающих, контролирующих компьютерных программ, кино- и телефильмов, мультимедиа и т.п.:

Фильмы: Trinity And Beyond - The Atomic Bomb Movie; Тоцкий полигон; Чернобыльская катастрофа; Чернобыль (Припять) 20 лет спустя. Презентации: Водный промысел; Радиоактивность и РБ – Урал; Техно- и соц. риски; Снижение радиац. риска; Рекомендации МКРЗ (2005); Снижение риска при исп. АЭ. Словари: По радиоактивности и радиационной безопасности.

VI. Ресурсное обеспечение

1. Компьютерный класс, лекционные аудитории с мультимедийным оборудованием (на химическом факультете имеются).
2. Экскурсионное посещение лабораторий кафедры экспериментальной физики физико-технического факультета УГТУ-УПИ для ознакомления с современной приборной базой: циклотроном, микротроном, радоновой лабораторией, лабораториями радиометрии и дозиметрии (договоренности имеются).