

*Презентации  
по курсу  
Радиационная экология  
Зорина Людмила Георгиевна*



## **ОБЪЕМ И СРОКИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «Радиоэкология»**

**Курс общим объемом 102 часа, в том числе:  
лекции – 34 часа; практические – 17 часов;  
самостоятельная работа студентов – 51 час.  
Изучается в течение восьмого семестра.**

**Целью курса «Радиоэкология»**  
является формирование у студентов  
представления о действии  
ионизирующего излучения на все  
структурные элементы биосферы

# ЛИТЕРАТУРА

## Основная

Алексахин Р.М. Ядерная энергетика и биосфера. - М.: Энергоиздат, 1982.- 81 с.

Биоиндикация радиоактивных загрязнений.-  
Наука , 1989.- 384 с.

Максимов М.Г., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение: Учебное пособие.  
- М.: Энергоатомиздат, 1989.- 304 с.

Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. – М.: Высшая школа, 1988. – 424 с.

# ЛИТЕРАТУРА

## Дополнительная

Александров С.Н. Патогенез сокращения продолжительности жизни // Современные проблемы радиобиологии. Проблемы современной геронтологии.- М., 1978.-С. 192–204.

Ильенко А.И., Криволицкий Д.А. Радиоэкология.- М.: Знание, 1985. – 41 с.

Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности.- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 203 с.

Кузмин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли.- М.: Наука, 1991.- 116 с.

Хавеши Г. Радиоактивные индикаторы: Иностранная литература, 1950.- 539 с.

# Основные задачи курса «Радиоэкология»

закключаются в формировании у студентов представлений о действии ионизирующих излучений и ознакомление с приборами, измеряющими ионизирующее излучение и приобретение навыков работы с ними

**Утверждение высокой  
ответственности у людей за  
судьбы окружающей человека  
природы и жизни на Земле – одна  
из основных задач курса  
«Радиоэкология».**

**“ Радиозэкология” - наука, изучающая радионуклиды и их влияние на организм человека и окружающую природную среду в последнее годы стали наиболее актуальны**

**Радиационная экология занимается  
радиоактивными веществами и  
радиоактивным излучением в связи с  
окружающей средой**

**Существует два разных аспекта радиационной экологии, требующих различных подходов :**

- 1) воздействие излучения на особей, популяции, сообщества и экосистемы;**
- 2) судьба радиоактивных веществ, попавших в окружающую среду и механизмы, посредством которых экологические сообщества и популяции реагируют на распространение радиоактивности**

**«Радиоэкология» как часть экологии  
входит в систему экологических наук  
и, можно сказать, составляет в  
настоящее время ядро этой системы**

**Непрерывное развитие ядерной  
энергетики в мирных целях, которое  
должно ускоряться по мере  
исчерпания запасов горючих  
ископаемых, будут сопровождаться  
увеличением количества  
радиоактивных отходов, за которыми  
нужно непрерывно наблюдать и с  
которыми нужно бороться.**

**Великое открытие принадлежит  
Вильгельму Конраду Рентгену.  
8 ноября 1895 года он обнаружил  
неизвестное излучение, которое он  
назвал X- лучами. 10 декабря 1901  
года Рентгену была присуждена  
первая Нобелевская премия по  
физике за выдающийся вклад в науку**

**В 1896 году произошло открытие  
Беккерелем естественной  
радиоактивности.**

**1 марта 1896 года им была открыта  
естественная радиоактивность урана.**

**Мария Склодовская-Кюри и ее муж  
Пьер Кюри изучали явление  
естественной радиоактивности, им  
удалось выделить несколько  
радиоактивных элементов, главные  
из которых – полоний и радий.**

**В 1903 году Пьеру и Марии Кюри и Анри Беккерелю была присуждена Нобелевская премия по физике.**

**В 1935 году через 32 года после  
родителей Нобелевскую  
премию получает их дочь Ирен  
вместе с мужем Фредериком  
Жолио-Кюри, ими была  
открыта искусственная  
радиоактивность**

**Радиоактивностью называется самопроизвольный распад атомных ядер некоторых химических элементов (урана, тория, радия, калифорния и других), приводящее к изменению их атомного номера и массового числа**

**Радиоактивный распад не может  
быть остановлен или ускорен  
каким – либо способом.**

**Радиоактивные вещества  
распадаются со строго определенной  
скоростью измеряемой периодом  
полураспада, т.е. временем, в течении  
которого распадается половина всех  
атомов.**

**Излучение, отклоняющееся в магнитном поле в сторону Севера, называется  $\alpha$ -излучением.**

**Альфа – излучение это поток положительно заряженных частиц (ядер атомов гелия) движущихся со скоростью около 20000 км/с.**

**Излучение, отклоняющееся в магнитном поле в сторону Юга, называется  $\beta$ -излучением.**

**Бета – излучение это поток отрицательно заряженных частиц (электронов). Их скорость приближается к скорости света.**

**Излучение не отклоняющееся**

**магнитным**

**полем, называется  $\gamma$  - излучением.**

**Гамма-излучение представляет собой коротковолновое излучение.**

**По свойствам оно близко к рентгеновскому, но обладает значительно большей скоростью и энергией. Оно распространяется со скоростью света.**

**Ионизирующие излучения имеют  
способность проникать через  
материал различной толщины и  
ионизировать воду и живые клетки  
организма**

**Основной характеристикой  
любого радионуклида  
является его активность**

**Энергию, переданную  
заряженной частицей на  
единице ее пробега в  
веществе, называют линейной  
передачей энергии (ЛПЭ).**

Основной единицей активности служит кюри (Ки), определяемое как такое количество радиоактивного изотопа, в котором каждую секунду распадается  $3,7 \cdot 10^{10}$  атомов, т.е. происходит  $2,2 \cdot 10^{12}$  актов распада в минуту.

**В системе единиц СИ за единицу активности принято одно ядерное превращение в секунду (расп./с.). Эта единица получила название беккереля (Бк).**

**Единицей измерения  
поглощенной дозы является грей  
(Гр)**

**Рентген является единицей  
суммарной дозы**

**Приборы, используемые для измерения ионизирующего излучения, состоят из двух основных частей: детектора и электронного счетчика**

**Для измерения бета - частиц  
обычно используют газовые  
счетчики такие, как счетчик  
Гейгера.**

**Газоразрядные счетчики широко  
применяются в дозиметрической  
аппаратуре для регистрации  
различных видов ионизирующего  
излучения**

**К источникам радиоактивного загрязнения внешней среды в настоящее время можно отнести следующие: урановую промышленность, ядерные реакторы различных типов, радиохимическую промышленность, места хранения и захоронения радиоактивных отходов, использование радионуклидов в народном хозяйстве, ядерные взрывы.**

**Жидкие отходы  
гидрометаллургических урановых  
заводов, содержащие радиоактивные  
вещества, в частности двести  
двадцать шестой радий, могут  
попасть в ближайшие реки и озера.**

**Стружки и опилки урана , а также  
некоторые урановые сплавы  
являются пирофорами –  
самовоспламеняющимися  
веществами.**

**Аварийная ситуация может возникнуть и при транспортировке, хранении ТВЭЛОВ и других источников с радиоактивными веществами.**

**В последнее время появилась  
серьезная опасность радиоактивного  
загрязнения окружающей природной  
среды в связи с использованием  
радиоактивных источников в  
космических исследованиях и  
астронавтике.**

**Радиоактивные продукты,  
распределяясь в стратосфере,  
выпадают на поверхность всего  
Земного шара.**

**Загрязнение атмосферы при аварии  
или сгорании радионуклидных  
источников тока, работающих на  
стронции девяносто, равносильно  
взрыву водородного боеприпаса**

**Кроме продуктов деления при  
взрыве в окружающей среде  
образуется большое количество  
наведенных радионуклидов.**

**В настоящее время запрещены  
испытания ядерного оружия в  
атмосфере, космическом  
пространстве и под водой.**

**К глобальным выпадениям  
относятся радиоактивные  
продукты, выпадающие из  
стратосферы.**

**Частицы более 0,1 мм  
выпадают вблизи ядерного  
взрыва в течении 24 часов  
после него**

**Разность между количеством всей радиоактивности и количеством локальных радиоактивных загрязнений есть количество радионуклидов, попавших в стратосферу .**

**Частицы меньше 10 – 100 мкм  
попадают уже в тропосферу на  
высоту 11-16 км, подхватываются  
воздушными течениями и выпадают  
постепенно с дождями и туманами,  
осаждаясь на поверхности Земли,  
почвы и растений в течении 20-30  
суток.**

**Время среднего пребывания  
глобальных осадков в стратосфере  
колеблется от нескольких месяцев до  
нескольких лет.**

**Местность, зараженная по следу  
радиоактивного облака, в  
определенных условиях может  
рассматриваться как плоский  
ИСТОЧНИК.**

**При радиоактивном загрязнении местности, происходит загрязнение верхнего слоя почвы. В верхнем слое (5 - 6 см) содержится около 80-90% всей активности**

**При взрывах в воздухе на большой высоте огненный шар не соприкасается с поверхностью Земли и значительных радиоактивных выпадений как в очаге поражения, так и по пути движения радиоактивного облака не наблюдается.**

**В очаге поражения при наземном ядерном взрыве может возникнуть достаточно сложная радиационная обстановка за счет загрязнения этой территории образовавшимися продуктами взрыва.**

**Сектор очага, который расположен по направлению движения радиоактивного облака оказывается наиболее загрязненным.**

**По мере продвижения радиоактивного облака по ветру из него выпадают радиоактивные частицы в виде шлейфа радиоактивного облака, загрязняя приземный слой воздуха, окружающую местность и находящиеся на ней объекты.**

**Скорость движения радиоактивного облака зависит от средней скорости ветра в слое, на который поднимается облако при взрыве.**

**Радиоактивное воздействие на людей радиоактивных продуктов взрыва зависит от мощности дозы на местности (уровня радиации), продолжительности облучения**

**На территории загрязненной продуктами взрыва, в условиях сильного запыления воздуха, при попадании продуктов ядерного деления внутрь организма радиоактивные вещества могут всасываться в кровь и током крови разноситься по органам и тканям.**

**Изотопы цезия относительно равномерно распределяются в организме. Изотопы йода откладываются преимущественно в щитовидной железе, а изотопы стронция и бария откладываются в основном в костной ткани.**

**В результате  $\beta$ -излучения,  
возникшего при распаде  
радионуклидов, в органах и тканях  
могут создаваться определенные  
поглощенные дозы, которые и  
обуславливают биологический  
эффект.**

**Всасывание в кровь продуктов ядерного деления зависит от физико-химических свойств радиоактивной пыли, а последние обусловлены характером грунта в районе взрыва.**

**При наземном взрыве на силикатных  
грунтах растворимость  
радиоактивных продуктов в  
биологической среде составляет  
около 2% , а при взрывах на  
карбонатных грунтах растворимость  
может достигать 80 - 100% .**

**При ядерном взрыве реальная  
опасность поступления  
радиоактивных продуктов в органы  
дыхания значительно меньше  
опасности одновременно  
воздействующего на организм  $\gamma$  –  
излучения на загрязненной местности.**

**Доза излучения, полученная в единицу времени, называется интенсивностью дозы. Так если организм получает 10 мР в час, то суммарная доза за 24 часа составит 240 мР или 0,24 Р, очень важное значение имеет время, за которое организм получает данную дозу.**

**Вода открытых водоемов  
загрязняется радиоактивными  
веществами также преимущественно  
при формировании радиоактивного  
следа.**

Пищевые продукты, входящие в рацион человека, по способам загрязнения условно разделяются на две категории:

- сырье и пищевые продукты, изготовленные до ядерного нападения и хранящиеся на складах, в магазинах и личных запасах населения;
- продукты, которые предстоит собрать на территории радиоактивного следа к ним относятся продукты растительного (зерно, овощи, фрукты) и животного (мясо, молоко) происхождения.

**Наиболее интенсивно загрязняются радиоактивными частицами те овощи, которые произрастают над почвой (зелень, огурцы, помидоры, капуста).**

**Необходимо отметить, что с поверхности фруктов и овощей радиоактивная пыль достаточно эффективно удаляется при их мойке и чистке, загрязнение уменьшается в 50- 100 раз.**

**Источником проникновения радиоактивных веществ в мясомолочную продукцию является растительность пастбищ. На ней избирательно осаждаются фракция радиоактивной пыли диаметром менее 50 мкм.**

Наибольшую серьезную опасность представляет потребление молока от коров, выпасаемых на загрязненных продуктами взрыва пастбищах. При потреблении такого молока в щитовидной железе людей откладывается 25-30% поступившего количества йода.

**Излучение, воздействующее на  
живой организм и на его  
потомство, это генетический  
эффект**

**Действие малых доз в организме человека может суммироваться или накапливаться на протяжении всей его жизни, этот эффект называется кумуляцией.**

**Степень поражения организма  
человека радиоактивными  
веществами зависит от размера  
облучаемой поверхности**

**Действие ионизирующих  
излучений на организм  
не ощутимы человеком.**

**Основной причиной  
репродуктивной гибели клеток,  
возникающей под влиянием  
облучения, являются структурные  
повреждения ДНК.**

**В результате облучения,  
повреждающего абсолютно все  
внутриклеточные структуры, в клетке  
можно зарегистрировать множество  
самых разнообразных реакций –  
задержку деления, угнетения синтеза  
ДНК, повреждение мембран и многие  
другие.**

**Длительность задержки деления  
зависит от дозы ионизирующего  
излучения и проявляется у всех  
клеток облученной популяции,  
независимо от дальнейшей судьбы  
той или иной клетки – выживет она  
или погибнет.**

**Под клеточной гибелью или  
летальным эффектом облучения,  
понимают утрату клеткой  
способности к пролиферации (лат.  
proles – потомство + нести).**

**Выжившими клетками считают те, которые сохранили способность к неограниченному размножению, т. е. клонообразованию.**

**Количественный метод  
определения выживаемости  
клеток млекопитающих после  
облучения впервые был  
разработан в 1956 году Т. Паком и  
П. Маркусом.**

Органы дыхания – последствия облучения легких проявляется не сразу. После облучения грудной клетки мышей в достаточно больших дозах, они погибают от легочных пневмоний через 100 – 160 суток. Для обозначения используют летальную дозу –  $LD_{50/160}$  для мышей.

**Снижение числа делящихся клеток  
после облучения было замечено  
после открытия рентгеновских  
лучей**

**Радиационное поражение  
различных биологических систем  
связано в первую очередь с  
поражением генетического  
материала.**

**Временная задержка клеточного деления , часто называемая в литературе радиационным блокированием митозов.**

**В облученной популяции следует различать два типа пострадиационного восстановления, репарацию на клеточном уровне и пролиферацию клеточных элементов.**

**Значительное влияние на интенсивность подкожного поглощения радионуклидов оказывает температура и влажность окружающей среды.**

**При внешнем облучении человека необходимо учитывать гамма – и нейтронное облучение, которое проникает в ткань на большую глубину и разрушают ее**

**Действие ионизирующих  
излучений на организм неощутимым  
человеком и суммирование доз  
происходит скрыто.**

**Одно из свойств радиоактивного излучения - это его ионизация, так в результате ионизации молекул воды образуются свободные радикалы Н и ОН.**

**К отдаленным последствиям облучения относятся, в первую очередь, сокращение продолжительности жизни, возникновение лейкозов, злокачественных опухолей и катаракты.**

**В целях безопасности следует предполагать, что любая доза излучения вызывает сокращение продолжительности жизни.**

**Как правило, поступление радионуклидов в организм животного принадлежит пищевой цепочке, поэтому рацион питания и содержание в нем тех или иных радионуклидов определяет и их накопление в организме.**

**При хроническом поступлении радионуклида динамика накопления определяется сложными процессами ресорбции и выведения, приводя в итоге к равновесному состоянию.**

**Кинетика накопления радионуклидов в отдельных органах и в организме в целом, помимо режима его поступления (разовое или хроническое), зависит и от скорости выведения радионуклида из организма**

**При разовом поступлении радионуклида характерна быстрая его концентрация в тканях и органах с последующим резким снижением.**

**С точки зрения дозовых нагрузок на человека важным моментом является, какие части растения входят в рацион питания человека и животных, в этом случае приобретает значение миграция радионуклидов из корневой в надземную часть и обратно.**

**Радиоактивные вещества проникают в организм человека главным образом через желудочно-кишечный тракт и в меньшей степени через органы дыхания, так как они относительно быстро оседают на поверхности Земли, а зараженные продукты, вода используются длительное время.**

**При аварии на Чернобыльской АЭС  
радиоактивные выбросы из  
разрушенного реактора в  
значительной мере были  
адсорбированы лесными  
насаждениями**

**В процессах стабилизации  
радионуклидов и процессах  
самоочищения экосистем  
принадлежит лесным фитоценозам.**

**Поглощенное лесными экосистемами радиоактивное загрязнение привело к значительному радиационному поражению лесов, главным образом ХВОЙНЫХ.**

**Проведенные исследования показали,  
что наиболее чувствительной к  
ионизирующей радиации оказалась  
репродуктивная сфера сосны.**

**Одним из существенных барьеров,  
препятствующих включению  
продуктов деления в биологический  
цикл, является почва.**

**Радиоактивные вещества,  
выпадающие на поверхности Земли,  
включаются в биологический  
круговорот прежде всего через  
растения.**

Среди различных продуктов деления особенно большое значение имеет включение в биологический круговорот веществ радионуклидов стронция, цезия и прежде всего  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , обладающих длительным периодом полураспада.

**Наибольшее технологическое значение имеют соединения, в котором уран находится в шестивалентном состоянии.**

**Радиоактивные твердые частицы,  
выпадающие из различных частей  
атмосферы имеют высокую  
активность.**

**Радиоактивные продукты взрыва  
постепенно в течении нескольких  
недель под влиянием различных  
процессов начинают проникать в  
глубь почвы.**

**В очаге поражения и по ходу распространения радиоактивного облака при наземных или воздушных взрывах на небольшой высоте наблюдаются локальные радиоактивные выпадения.**

**Все три изотопы урана являются радиоактивными и путем распада превращаются в изотопы других элементов.**

**Из природных источников  
значительное количество урана  
содержит вода, уран довольно  
широко распространен в природе**

**В проточных озерах и прудах  
содержание радиоактивных  
веществ обычно не отличается от  
содержания их в реках.**

**Водные насекомые являются  
связующим звеном между  
водными и наземными  
биоценозами в миграции  
радиоактивных изотопов из  
загрязненных водоемов на сушу.**

**Мероприятия противорадиационной защиты : отказ от потребления свежего молока в течение нескольких недель после ядерного взрыва; перевод молочно-продуктивного скота на стойловое содержание; замена свежего молока концентрированным на три недели; прием таблеток йодистого калия, обеспечивающих резкое уменьшение (в 50-100 раз) поступления радиоактивного йода в щитовидную железу.**

**Йодная профилактика является одним из наиболее эффективных, простых и рентабельных способов защиты организма человека от внутреннего переоблучения радиоактивным йодом.**

**Загрязненное молоко можно использовать для изготовления продуктов длительного хранения (масло, сгущенное молоко, сыр).**

**Мощность дозы  $\gamma$ - излучения наиболее высока в первое время после выпадения радиоактивных осадков, поэтому защиту от  $\gamma$  – излучения необходимо осуществлять буквально с первых минут выпадения радиоактивных веществ.**

**Пребывание людей в здании или сооружении снижает дозу  $\gamma$ -излучения; радиоактивные осадки, загрязнение местности пропорциональны коэффициенту ослабления  $\gamma$ -излучения.**

**В первые сутки после выпадения радиоактивных осадков укрытие избавляет людей от действия излучения в значительно большей дозе, чем во вторые и последующие сутки.**

**После работы в зонах с высокими уровнями радиации необходимо после окончания работы производить дезактивацию одежды работающих людей, а также и дезактивацию приборов, которые брали для работы.**

**Вследствие несоблюдения правил  
техники безопасности радиоактивные  
вещества попадают в организм  
человека через пищеварительный  
тракт.**

**Нормальные радиационные условия характеризуются мощностью дозы  $\gamma$ -излучения равной 10-15 мкР/час.**

Применение некоторых агротехнических мероприятий, таких как внесение в почву органических удобрений и извести снижает поступление в растения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

**Запасы продовольствия и воды  
следует хранить в пыле – и  
водонепроницаемых емкостях.**

**Аварии на радиационно опасных  
объектах привлекают к вопросам  
радиационной безопасности внимание  
широкого круга общественности. В  
этих условиях должны  
разрабатываться новые концепции  
радиационно-гигиенического  
нормирования, учитывающие все  
население  
Земного шара.**

**Принимая принципы радиационно-гигиенического нормирования, следует признать целесообразность дополнить их экологическими критериями, чтобы гарантировать охрану природной среды от радиационных воздействий при использовании ионизирующих излучений.**

**В 90-е годы прошлого века произошло  
существенное изменение в подходах к  
санитарному и экологическому  
нормированию радиационного  
фактора, а также изменились и сами  
нормативы.**

**Одним из наиболее приоритетных и эффективных инструментов нормирования в области охраны здоровья человека и окружающей среды является применение методологии оценки риска.**

**Можно ввести понятие экологического радиационного риска как вероятности развития у растений и / или животных неблагоприятных эффектов, обусловленных воздействием радиации.**

**Предельно допустимая доза (ПДД) – это максимальная индивидуальная эффективная годовая доза хронического облучения организма, воздействие которой в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.**

**В общем случае риск можно представить в виде произведения вероятности неблагоприятного события и причиненного этим событием ущерба.**

Общество ради удовлетворения своих потребностей готово пойти на определенный риск неблагоприятных последствий, в частности от последствий радиации, компенсируемый получаемыми социальными, экономическими и экологическими выгодами. Такой риск и называют приемлемым риском.

**Поступающие на водную поверхность океана радионуклиды из атмосферы первоначально содержатся в поверхностных горизонтах, затем постепенно мигрируют в глубину.**

**Важным моментом переноса радионуклидов в речной системе является учет вертикальной диффузии радионуклидов в донных отложениях и знание коэффициентов распределения радионуклида между водой, взвесьями и донными отложениями, которые в большинстве случаев при долгосрочном прогнозировании принимаются постоянными для равновесного состояния.**

**В морской среде целесообразно выделить две основные области, где поведение радионуклидов существенно отличается: прибрежный и открытый океан.**

**Попадая в донные отложения радионуклиды существенно снижают скорость миграции радиоактивных веществ, хотя частично они могут переходить в жидкую фазу при диффузии или непосредственно передвижением донных осадков.**

**По суммарным оценкам вклад биологических процессов в общий перенос при вертикальной миграции радионуклидов океане составляет около 10%.**

**Определенную роль в миграции радионуклидов в воде играют живые организмы, особенно в прибрежной зоне морей, мелководных пресных водоемах с богатой флорой и фауной.**

**Можно выделить два основных пути аккумуляции радионуклидов гидробионтами: сорбцию на внешних и внутренних поверхностях бионтов, существенную для мелких гидробионтов с большой удельной поверхностью, и биоассимиляцию, заключающуюся во включении радионуклидов в состав органического вещества.**

**Динамика накопления радионуклида гидробионтами описывается двух экспоненциальной кривой с выходом на насыщение.**

**Коэффициент накопления  
радионуклидов одними и теми же  
организмами может варьироваться в  
достаточно широких пределах**

**Планктон принимает участие в вертикальном передвижении радионуклидов, перешедших в донные отложения, в результате суточных миграций гидробионтов.**

**Накопившиеся в фитопланктоне  
нуклиды затем аккумулируются  
зоопланктоном, питающимся  
фитопланктонными организмами.**

**Зоопланктон может усваивать  
радионуклиды и непосредственно  
из воды.**

**Было выявлено первоначальное  
быстрое накопление  
радиоактивности растениями за счет  
сорбции с выраженным  
запаздыванием накопления на  
следующем трофическом уровне -  
организмами**

**В целом процессы накопления радионуклидов живыми организмами не влияют на перенос радионуклидов в гидросфере, в значительной степени определяют дозовую нагрузку на гидробионты и человека, связанную с радиоактивным загрязнением водоема и поступлением радионуклидов по пищевым цепям.**

**В настоящее время разработано большое количество моделей переноса радионуклидов в водных экосистемах, в той или иной степени учитывающих описанные процессы трансформации радионуклидов при попадании в гидросферу.**

Основой математического моделирования переноса радионуклидов в пространственно неоднородных средах (вода, взвеси, донные отложения) часто является использование камерных моделей путем разбиения рассматриваемого пространства системы на квазиоднородные участки с включением элементов взаимодействия между этими участками.

**В результате это реализуется в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих перенос радионуклидов с водой, взвесьями, поступление их в донные отложения и гидробионты.**

**В процессах миграции радионуклидов в почве важную роль играют биохимические процессы: живые организмы поднимают радионуклиды в верхние горизонты, а диффузия и фильтрационный ток воды передвигают их вниз.**

**Твердая фаза почвы прочно сорбирует большинство искусственных радионуклидов, снижая их доступность для растений, но это же приводит к длительному удержанию их в верхнем корнеобитаемом слое и препятствует выносу за пределы зоны распространения корней, что наиболее характерно для радионуклидов, попавших на поверхность почвы из атмосферы.**

**Для первичных природных радионуклидов распределение в почве можно считать однородным по глубине.**

**Для искусственных радионуклидов с короткими периодами распада, выпавших на поверхность земли из атмосферы, можно считать, что они не успевают распространяться на существенную глубину и, таким образом, принимается загрязнение поверхностного слоя почвы до глубины не более 3 см.**

**Растительный покров, корневое питание может оказать влияние на миграцию радионуклидов в почве, однако учесть эти процессы довольно затруднительно.**

**Растительность является первичным звеном в накоплении и дальнейшей миграции радионуклидов по пищевым цепям в любой экологической системе.**

**Накопление радионуклидов растениями может происходить двумя путями: непосредственное (аэральное) поступление выпадающих из атмосферы радионуклидов на наземные части растений (внекорневое накопление) и усвоение радионуклидов из почвы путем сорбции на корневой системе (корневое поступление).**

**Значимость внекорневого пути поступления радионуклидов не зависит от периода полураспада радионуклида, а корневое поступление может быть существенным лишь для относительно долгоживущих радионуклидов, не успевающих распасться до усвоения их корнями растений.**

**Непосредственное осаждение на растительность определяется задерживающей способностью растений, которую можно характеризовать коэффициентом задержания, равным отношению сорбированной на поверхности растений активности к осевшей.**

**Некоторые радионуклиды, имеющие большие периоды полураспада, очень мобильные в окружающей природной среде и биологически активные, участвуют в круговоротах веществ в любой экосистеме и биосфере в целом и требуют особого рассмотрения.**

**Третий относится к долгоживущим радионуклидам, имея период полураспада 12,33года.**

**Можно выделить три источника появления трития в биосфере :**

- естественный, в основном рождающийся в атмосферном воздухе под действием космических лучей;**
- выброшенный в атмосферу в процессе испытаний ядерных вооружений;**
- выбрасываемый в основном в гидросферу предприятиями ядерного топливного цикла.**

**Выброшенный в атмосферу или гидросферу тритий присутствует в двух состояниях : в виде тритированной воды или в виде газообразного.**

**Выпадая за счет мокрого или сухого осаднения из атмосферы на поверхность земли тритий, за счет ветра, испарения вновь ВЫХОДИТ в атмосферу и образует вторичное облако.**

**Оставшийся в почве тритий  
подхватывается потоками воды,  
тем самым тритий активно  
вовлекается в локальный и  
глобальный гидрологические  
циклы.**

**Подобно другим нуклидам тритий  
поступает в растения и в виде  
воды и органических соединений  
входит в состав биомассы  
растений и животных.**

**Поступая в атмосферу Земли, радио-  
углерод вместе с обычным углеродом  
вступает в круговорот углерода в  
биосфере и накапливается в наземной  
растительности, постепенно  
поступает в океан, морские и  
океанические отложения.**

**Время круговорота углерода в  
человеческом организме  
составляет от нескольких дней до  
недели.**

Основной формой пребывания радио-  
углерода с точки зрения  
формирования дозы для человека  
является  $\text{CO}_2$ , так как он именно в  
таком виде фиксируется  
растительностью и по пищевой цепи  
дает 99% вклада в суммарную дозу,  
остальное дает поступление с  
вдыхаемым воздухом.

Радиоактивный йод имеет очень большой период полураспада ( $1,57 \cdot 10^7$  лет).

**Концентрация йода в почве в 10 – 100 раз превышает концентрацию в горных породах, в основном йод аккумулируется в поверхностном слое толщиной менее 10 см.**

**Дозы внешнего облучения зависят от многообразных факторов, в числе которых для человека можно особо выделить зависимость дозы от места пребывания: вне или внутри помещения.**

**Большинство людей проводит значительную часть времени в помещениях. Соотношение мощностей доз внутри и вне помещения зависит от двух факторов : ослабление внешнего излучения строительными конструкциями и излучение нуклидов, входящих в состав строительных сооружений.**

**В деревянных домах оба эти фактора малы и, поэтому отношение поглощенных доз внутри и вне помещений меньше единицы.**

Однозначного ответа на возможные последствия воздействия радиации в малых дозах ( на уровне естественного фонового облучения ) до сих пор не получено.

Для оценки риска  
неблагоприятных  
последствий воздействия  
радиации на организм  
человека вводится понятие  
эффективной дозы.

Единицей измерения  
эффективной дозы является  
зиверт ( Зв ).

Первые нормы радиационной безопасности были приняты в 20-хх г.г. XX в. и касались ограниченного круга лиц, профессионально связанных с радиацией (в основном научных работников и рентгенологов).

Развитие атомной промышленности увеличило число работников, но касалось профессионалов и людей, проживающих в непосредственной близости к источникам радиации.

С 50 – 60 г.г. – периода ядерных испытаний в атмосфере и связанного с этим глобального радиационного загрязнения окружающей природной среды – проблемы радиационной безопасности коснулись всего населения мира.

Аварии на радиационно  
опасных объектах привлекли  
внимание общественности.

В этих условиях должны  
разрабатываться новые  
концепции радиационно –  
гигиенического  
нормирования учитывающее  
все население земного шара.

Основными путями поступления радионуклидов в организм животных, как и в организм человека, являются поступление через дыхательные пути с загрязненным воздухом и через желудочно – кишечный тракт с водой и пищей.

Судьба радионуклида, попавшего в организм животного, определяется характером его участия в минеральном обмене, определяющем избирательное накопление разных нуклидов в различных тканях и органах животных.

Кинетика накопления радионуклидов в отдельных органах и в организме в целом, помимо режима его поступления (разовое или хроническое), зависит и от скорости выведения радионуклидов из организма.

При разовом поступлении радионуклида характерен быстрый рост его концентрации в тканях и органах с последующим резким ее снижением.

При хроническом поступлении динамика накопления определяется сложными процессами ресорбции и выведения, приводя в итоге к равновесному состоянию.

Как правило, ведущая роль  
в поступлении  
радионуклидов в организм  
животного принадлежит  
пищевой цепочке, поэтому  
рацион питания и  
содержание в нем тех или  
иных радионуклидов  
определяет и их  
накопление в организме.

Животные в дикой природе, для которых рацион питания в известной степени постоянен и ограничен ареалом обитания, в аварийных случаях, связанных с радиоактивным загрязнением территории обитания, не имеют возможности его изменить, что приводит к избыточному поступлению радионуклидов в организм животного, что в итоге может даже привести к смертельному исходу.

С этой точки зрения экологические изменения, которые могут иметь место при аварийном радиоактивном загрязнении экосистем, могут значительно превосходить изменения в человеческой популяции, проживающей в этой экосистеме, но покинувшей ее при аварийной ситуации.

Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных животных и переход их в продукцию животноводства – молоко и мясо, зависит от рациона питания животных, физико–химических свойств радионуклида, видовых и возрастных особенностей животных.

Рассматривая животных как потенциальный источник поступления радионуклидов в организм человека, необходимо учитывать распределение радионуклидов по органам животного, которые в разной степени используются в рационе питания человека.

Например, отложение стронция в основном в костях практически предотвращает возможность его поступления в организм человека, однако их переработка в костную муку и ее использование предоставляет такую возможность.

Можно отметить, что  $^{131}\text{I}$  хорошо переходит в молоко и таким образом поступает в организм человека, а другие, в частности, трансурановые элементы, практически не переходят в молоко.

Для сельскохозяйственных животных и человека имеет значение изменение концентрации радионуклидов в рационе их питания за счет обработки и приготовления пищи.

В качестве показателя влияния обработки пищевых продуктов на концентрацию в них радионуклидов может использоваться отношение содержания радионуклида в продукте после обработки к аналогичной величине до обработки.

При сушке продуктов  
содержание радионуклида в  
большинстве случаев  
возрастает примерно в 5 раз.

Кипячение, напротив,  
значительно снижает  
содержание радионуклидов;  
для овощей и фруктов оно  
может существенно  
снизиться в результате их  
мойки и чистки.

При помоле зерна меньшая доля радиоактивности остается в муке и значительно большая в отрубях; содержание  $^{90}\text{Sr}$  в сыре в 5.....10 раз выше, чем в исходном молоке, а в масле и стронций и цезий практически отсутствуют.

В целом для решения задачи переноса радионуклидов по биологической цепочке к человеку используются камерные модели пищевых цепочек; коэффициенты перехода из камеры в камеру устанавливаются на основе анализа многочисленных исследований.

Широкое использование  
ионизирующих излучений в  
различных сферах человеческой  
деятельности, вынос  
радионуклидов в окружающую  
среду и их воздействие на биоту,  
глобальный характер процессов  
радиационного воздействия  
способствовали выделению  
радиоэкологии в практически  
самостоятельную дисциплину.

Геохимические и биогеохимические исследования позволили установить, что в результате многовекового процесса выщелачивания земной коры, ее выветривания, вымывания и рассеяния радионуклидов в зоне биогенеза все субстраты органического и неорганического происхождения на поверхности Земли приобрели в той или иной степени выраженную радиоактивность.

Общепризнано, что облучение является постоянным спутником всех жизненных процессов, как протекавших в далекие доисторические эпохи, так и происходящих в современный период.

В присутствии радиации  
зарождалась жизнь и  
протекала сложная  
эволюция растительных и  
животных организмов.

# Спасибо за внимание!

