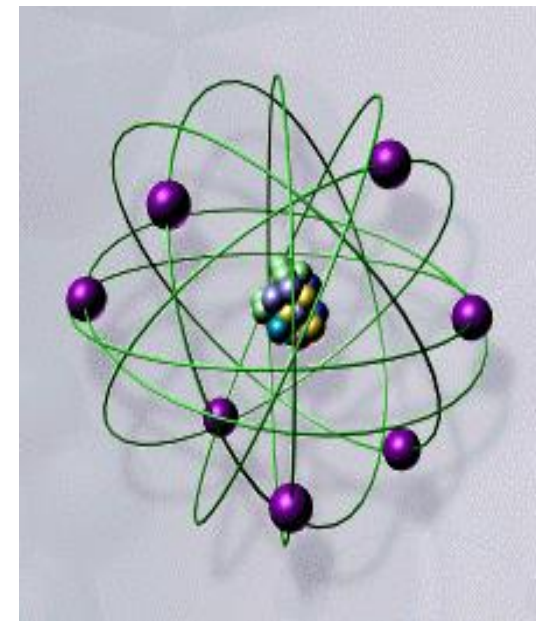


# Лекция 3

## Загрязнение окружающей среды радионуклидами

Лекция для студентов 4 курса Института Фармации



# План

- Явление радиоактивности. Радиация как экологический фактор
- Радиоэкология
- Естественный и технологически измененный радиационный фон
- Области применения радиоактивных изотопов
- Нормы радиационной безопасности
- Радиационные технологии в медицине

# Явление радиоактивности

- Явление радиоактивности было открыто в 1896 году французским физиком А. Беккерелем, который обнаружил, что соли урана испускают неизвестное излучение, способное проникать через непрозрачные для света преграды и вызывать почернение фотоэмульсии. Через два года французские физики М. и П. Кюри обнаружили радиоактивность тория и открыли два новых радиоактивных элемента – полоний  ${}_{84}\text{Po}^{210}$  и радий  ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ .
- сущность явления радиоактивности состоит в самопроизвольном изменении состава атомного ядра, находящегося в основном состоянии либо в возбуждённом долгоживущем (метастабильном) состоянии. Такие превращения сопровождаются испусканием ядрами элементарных частиц либо других ядер, например ядер  ${}^2\text{He}$  ( $\alpha$ -частиц).



# Радияция как экологический фактор

**Радияция** – излучение, способное прямо или косвенно ионизировать вещество среды.

**Источники ионизирующего излучения, действию которых подвергается любой человек (радиационный фон):**

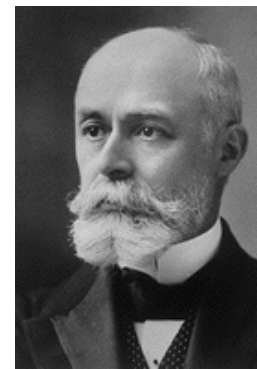
- космическое излучение;
- природные радионуклиды;
- техногенные радионуклиды;
- радиоизотопная и инструментальная диагностика и терапия в медицине.

**1895 год** - Вильгельм Конрад Рентген открыл рентгеновское излучение.

**1896 год** - Антуан Анри Беккерель открыл явление самопроизвольного излучения соли урана.



(1845-1923)  
Вильгельм Конрад  
Рентген



(1852-1908)  
Антуан Анри  
Беккерель

# Возможны два принципиально различных способа освобождения ядерной энергии.

1. Деление тяжелых ядер. В отличие от радиоактивного распада ядер, сопровождающегося испусканием  $\alpha$ - или  $\beta$ -частиц, реакции деления – это процесс, при котором нестабильное ядро делится на два крупных фрагмента сравнимых масс.

В 1939 году О. Ганом и Ф. Штрассманом было открыто деление ядер урана. Продолжая исследования, начатые Ферми, они установили, что при бомбардировке урана нейтронами возникают элементы средней части периодической системы – радиоактивные изотопы бария ( $Z = 56$ ), криптона ( $Z = 36$ ) и др.

Уран встречается в природе в виде двух изотопов:  ${}_{92}\text{U}^{238}$  (99,3 %) и  ${}_{92}\text{U}^{235}$  (0,7 %). При бомбардировке нейтронами ядра обоих изотопов могут расщепляться на два осколка. При этом реакция деления  ${}_{92}\text{U}^{235}$  наиболее интенсивно идет на медленных (тепловых) нейтронах, в то время как ядра  ${}_{92}\text{U}^{238}$  вступают в реакцию деления только с быстрыми нейтронами с энергией порядка 1 МэВ.

2. Второй путь получения ядерной энергии связан с реакциями синтеза. При слиянии легких ядер и образовании нового ядра должно выделяться большое количество энергии.

В 1938 г. была обнаружена ядерная реакция нового типа – реакция деления ядра урана. В этой реакции возникает не одно, как в предыдущих случаях, а два новых атомных ядра и несколько нейтронов, обладающих большой кинетической энергией.

Основной интерес для ядерной энергетики представляет реакция деления ядра  ${}_{92}^{235}\text{U}$ . В настоящее время известны около 100 различных изотопов с массовыми числами примерно от 90 до 145, возникающих при делении этого ядра.

В результате деления ядра, инициированного нейтроном, возникают новые нейтроны, способные вызвать реакции деления других ядер. Продуктами деления ядер урана-235 могут быть и другие изотопы бария, ксенона, стронция, рубидия и т. д.

Кинетическая энергия, выделяющаяся при делении одного ядра урана, огромна

При полном делении всех ядер, содержащихся в 1 г урана, выделяется такая же энергия, как и при сгорании 3 т угля или 2,5 т нефти.

Основные радионуклиды, загрязняющие окружающую среду

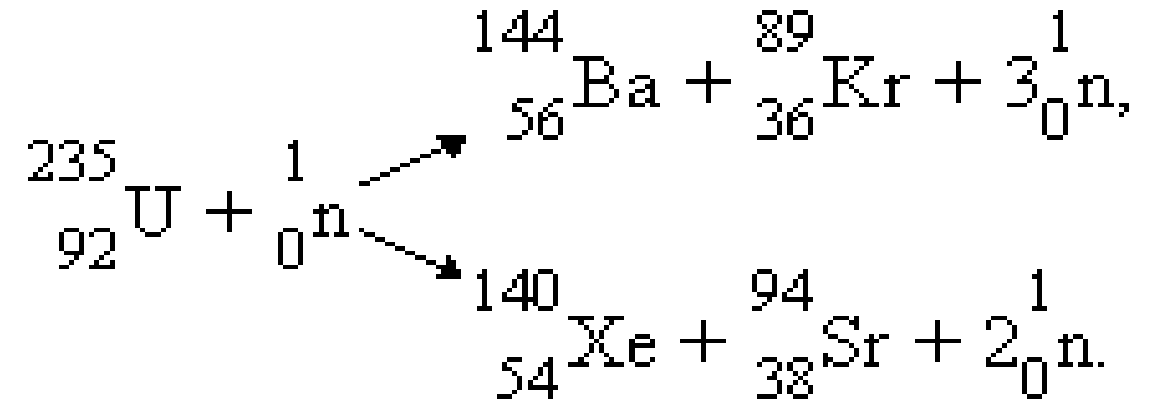
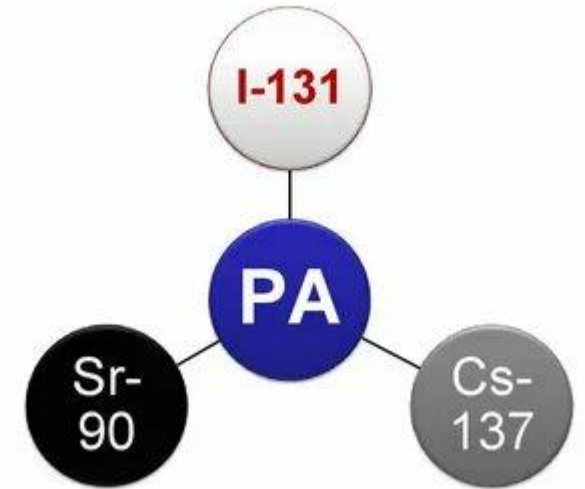
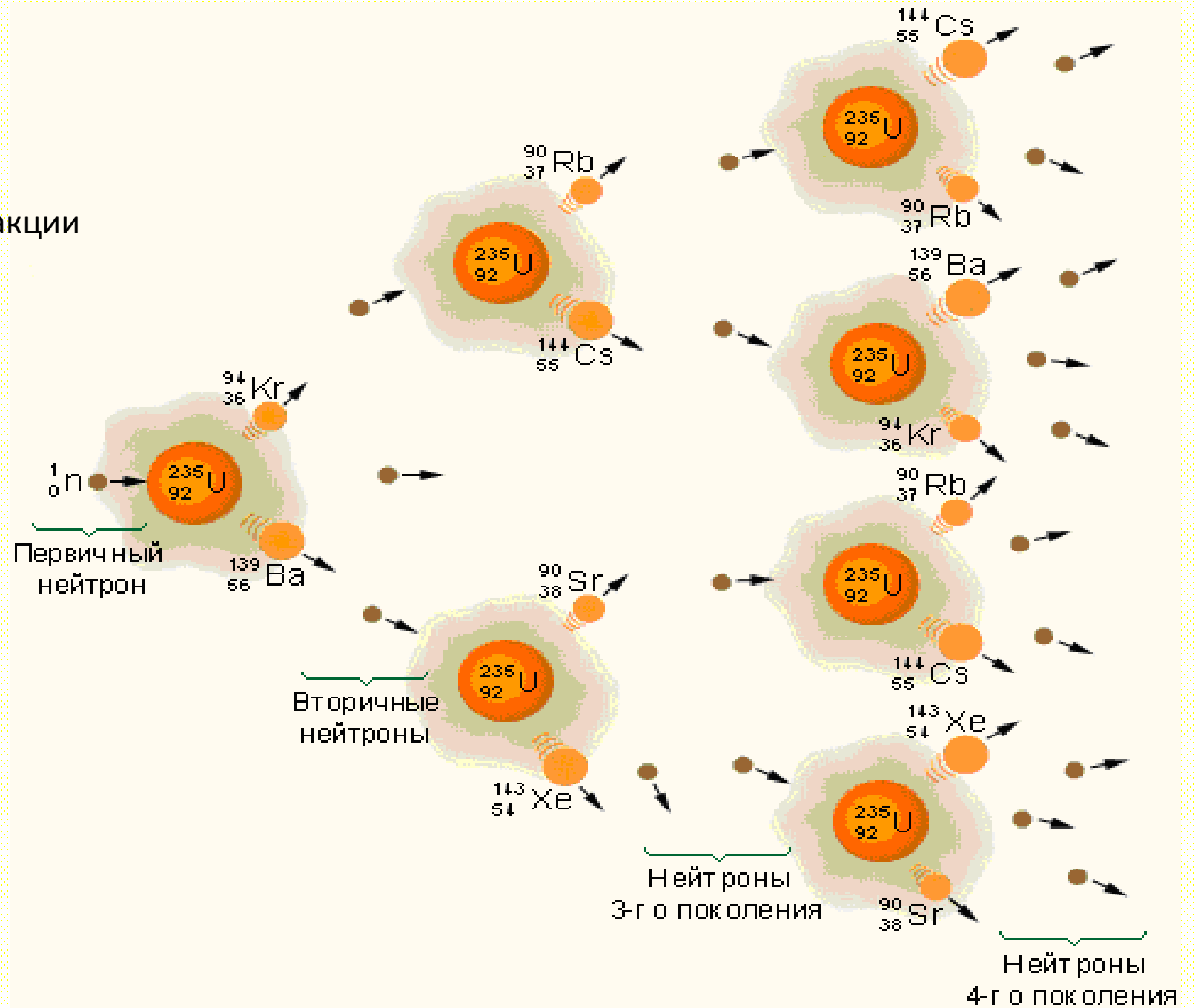
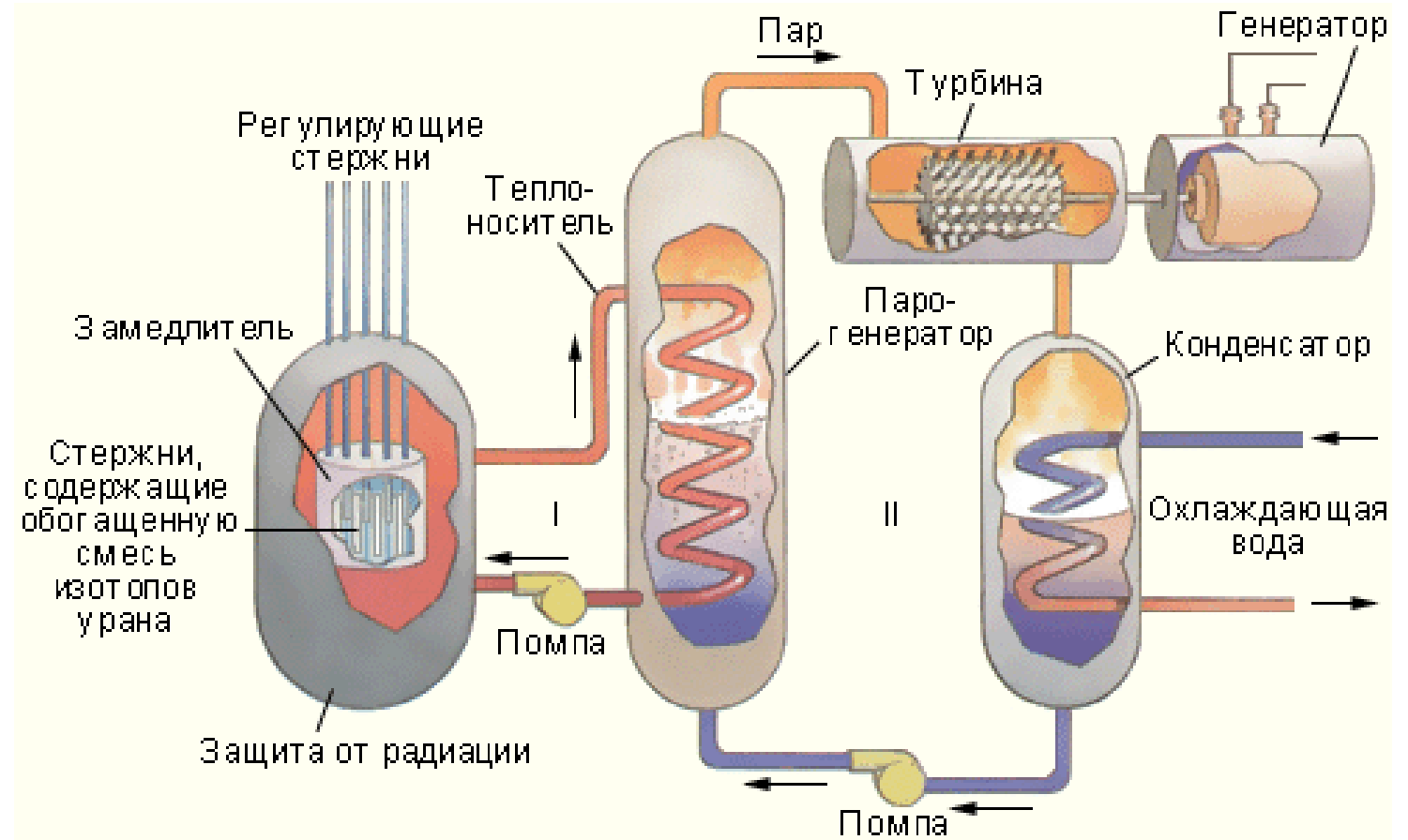


Схема цепной реакции



Устройство, в котором поддерживается управляемая реакция деления ядер, называется ядерным (или атомным) реактором. Схема ядерного реактора на медленных нейтронах приведена на рисунке

Ядерная реакция протекает в активной зоне реактора, которая заполнена замедлителем и пронизана стержнями, содержащими обогащенную смесь изотопов урана с повышенным содержанием урана-235 (до 3 %). В активную зону вводятся регулирующие стержни, содержащие кадмий или бор, которые интенсивно поглощают нейтроны. Введение стержней в активную зону позволяет управлять скоростью цепной реакции.



# **“ Радиоэкология” - наука, изучающая радионуклиды и их влияние на организм человека и окружающую природную среду**

**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**

**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.**

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

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

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

**Основной характеристикой любого радионуклида является его активность**

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.

## **РАДИАЦИОННЫЙ ФОН**

ионизирующее излучение от природных источников и от искусственных радионуклидов, рассеянных в биосфере в результате деятельности человека.

## Источники радиационного фона

Радиационный фон — ионизирующее излучение земного и космического происхождения



# Виды радиационного фона

- естественный (природный) радиационный фон (**ЕРФ**)
- технологически измененный повышенный естественный радиационный фон (**ТИЕРФ** или **ТПЕРФ**)
- искусственный радиационный фон (**ИРФ**)

# Естественный радиационный фон

это основной компонент радиационного фона и представляет собой ионизирующее излучение, действующее на человека на поверхности Земли, от природных источников космического и земного происхождения.



## *Технологически измененный естественный радиационный фон*

ионизирующее излучение от  
природных же источников,  
но претерпевающих изменения в результате  
деятельности человека.

Радионуклиды естественного происхождения,  
извлекаемые из глубин Земли вместе с углем,  
рудой, нефтью, газом, минеральными удобрениями,  
термальными водами

## *Факторы, способствующие появлению технологически измененного естественного радиационного фона*

- добыча полезных ископаемых
- добыча, использование и выброс в окружающую среду продуктов сгорания органического топлива
- изготовление и использование минеральных удобрений
- изготовление и использование строительных материалов



## ***Вклад в общую дозу от естественной радиации вносят:***

- **Уголь, сжигаемый как на тепловых электростанциях, так и для обычных бытовых нужд.** В 1 кг угля содержится до 50 Бк – урана, около 300 Бк – тория, 70 Бк – калия-40 и других радиоактивных элементов. Поэтому тепловые электростанции являются серьезным источником внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего на прилегающих территориях в  $R = 20$  км.

Каменный уголь может содержать радиоактивные элементы – уран, торий, калий-40, радий, полоний. Они попадают в породу на разных стадиях метаморфизма. Свойство материала излучать радиацию называется радиоактивностью. Оно измеряется в беккерелях на килограмм (Бк/кг).



➤ **промышленное использование продуктов переработки фосфоритов:**

- a. залежи фосфоритов содержат, как правило, продукты распада урана-238 в сравнительно высоких концентрациях.
- b. процесс переработки фосфорной руды также небезопасен, так как отходы руды содержат радионуклиды.
- c. применение фосфорных удобрений в с/х, стимулирует усвоение естественных радионуклидов из почвы.
- d. использование отходов фосфорного производства в качестве стройматериалов (гипса) также является важным дополнительным источником облучения.

- Человечество во всем мире для бытовых нужд использует большое количество потребительских товаров, содержащих естественные радионуклиды. Это часы со светящимся циферблатом, содержащим радий, специальные оптические приборы, аппаратуру и т.д.

**Среднегодовая доза, обусловленная использованием изделий, содержащих радионуклиды, составляет менее  $10^{-2}$  мЗв (миллизиверт) (1 мбэр).**



## *Искусственный радиационный фон*

обусловлен искусственными радионуклидами, рассеянными в биосфере и являющимися продуктами ядерных взрывов, отходами ядерной энергетики и предприятий, использующих радионуклиды.

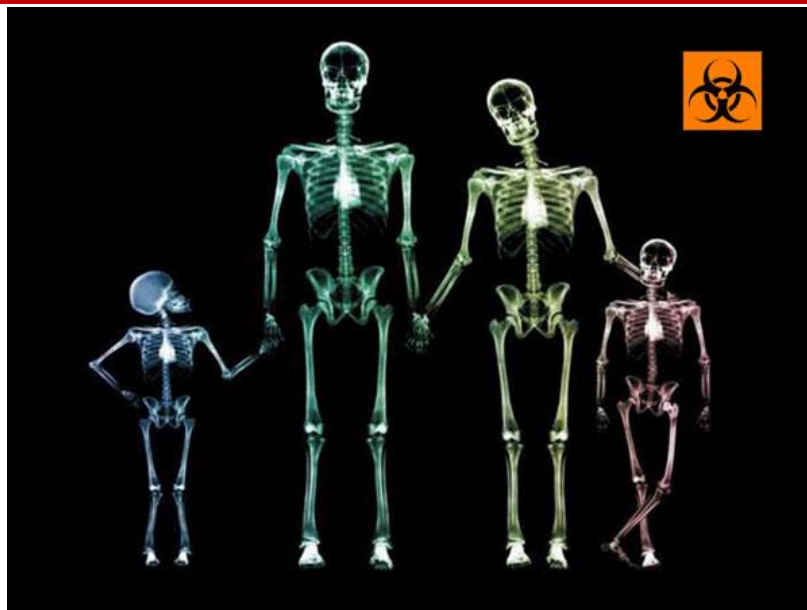


**НАСЛАЖДАЙСЯ ЗРЕЛИЩЕМ**

все равно в убежище тебя уже не пустят

# *Искусственные источники радиации*

1. излучение в медицине;
2. ядерные взрывы;
3. атомная энергия.



*По потенциальной опасности возможного поступления искусственных радионуклидов в биосферу все источники условно делятся на группы:*

- испытания ядерного оружия
- предприятия по добыче, переработке и получению расщепляющихся материалов и искусственных радионуклидов
- учреждения, лаборатории и предприятия, использующие радионуклиды в технологии производственного процесса.

# *Излучение в медицине.*



Медицинские процедуры и методы лечения, которые связаны с применением радиоактивного излучения, вносят основной вклад среди искусственных источников радиации-51,5%.

# ***Использования излучения в диагностических целях.***

## ***1. Рентгеновские лучи.***

- Принцип рентгенографии основан на способности рентгеновских лучей проходить сквозь человеческий организм. Как правило, они легче проходят сквозь мягкие ткани и труднее через кости. Результат фиксируется на фотопленке или мониторе компьютера.
- В развитых странах в среднем каждый человек раз в 2 года проходит рентгеновское обследование, не считая рентгенологических обследований зубов и массовой флюорографии.



## Электромагнитный спектр и положение на нем рентгеновских лучей



На территории РФ для населения средняя эффективная доза облучения равна 0,1 бэр в год

Ориентировочные нормы радиационной безопасности человека:

450 бэр — тяжелая степень лучевой болезни

100 бэр — нижний уровень развития лучевой болезни

75 бэр — кратковременное незначительное изменение состава крови

25 бэр — допустимое аварийное облучение персонала (разовое)

10 бэр - допустимое аварийное облучение населения (разовое)

5 бэр - допустимое облучение персонала в нормальных условиях за год

3 бэра — облучение при рентгеноскопии зубов (местное)

500 мбэр — допустимое облучение населения за год

100 мбэр — фоновое облучение за год.

**Бэр** — устаревшая единица измерения эквивалентной дозы ионизирующего излучения. В системе СИ для тех же целей используется единица измерения зиверт.

1 бэр = 0,01 Зв

*Годовая доза облучения людей естественными источниками  
составляет примерно 30 – 100 мбэр (0,03 – 0,1 бэр)*

| Вид облучения                                                                                     | Эффективная эквивалентная доза (облучения всего тела) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Просмотр кинофильма или хоккейного матча по цветному телевизору на расстоянии от экрана около 2 м | 1 мкбэр                                               |
| Ежедневный в течении года трехчасовой просмотр цветных телепрограмм                               | 0,5-0,7 мбэр                                          |
| Облучение за год из-за радиоактивных выбросов АЭС в районе расположения станции                   | 0,02-0,1 мбэр                                         |
| Полет в течение 1 часа на самолете, летящем со скоростью меньше скорости звука                    | 0,4-0,7 мбэр                                          |
| Полет в течение 1 суток на орбитальном космическом корабле ( без вспышек на Солнце)               | 18-35 мбэр                                            |
| Прием радоновой ванны                                                                             | 1-100 мбэр                                            |
| Флюорография                                                                                      | 0,01-0,05 мбэр                                        |
| Рентгенография грудной клетки                                                                     | 0,01-0,1 мбэр                                         |
| Рентгеноскопия грудной клетки                                                                     | 0,2-0,4 мбэр                                          |
| Рентгенография зубов                                                                              | 0,003 - 0,3 мбэр                                      |

## Последствия однократного общего облучения (1 Зв = 100 бэр)

| ДОЗА, бэр | ПОСЛЕДСТВИЯ                                                             |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|
| <50       | Отсутствие клинических симптомов                                        |
| 50-100    | Незначительное недомогание, которые обычно быстро проходит              |
| 100-200   | Острая лучевая болезнь лёгкой (I) степени                               |
| 200-400   | ОЛБ средней (II) степени                                                |
| 400-600   | ОЛБ тяжёлой (III) степени                                               |
| > 600     | ОЛБ крайне тяжелой (IV) степени. В большинстве случаев наступает смерть |

# Области применения радиоактивных изотопов

## 1. МЕТОД «МЕЧЕНЫХ» АТОМОВ

Метод «меченых» атомов — это использование стабильных и радиоактивных изотопов в качестве индикаторов для изучения распределения и путей перемещения вещества в разнообразных системах.

В **биологии** — исследование процессов биосинтеза, обмена веществ, изучение структуры и функций сложных биологических молекул.

В **медицине** — изучение динамики активности тех или иных органов, диагностика заболеваний, радиоиммунный анализ, автордиография, сцинтиграфия и т.д.

В **сельском хозяйстве** — изучение процессов фотосинтеза, изучение усвояемости удобрений и определение эффективности использования растениями азота, фосфора, калия, микроэлементов, водных ресурсов; определение солевого режима почв, исследование эффективности применения, переноса и динамики распада агрохимикатов и пестицидов.

В **экологии** — определение причин и масштаба загрязнения, исследование глобальных путей переноса, накопления и динамики распада загрязняющих веществ в воде, воздухе и почвах, исследование причин возникновения парникового эффекта.

В **гидрогеологии** — изучение подземных и поверхностных вод, определение механизмов подпитки подземных вод, получение данных о литологии, пористости и проницаемости водоносных горизонтов, динамика озёр и водоёмов, утечка через дамбы, измерение расхода рек, перенос донных и взвешенных отложений.

В **физике** — исследование кристаллизации веществ, структуры и однородности высокотемпературных сверхпроводников, тонких плёнок, изучение диффузии примесей в полупроводниках.

В **химии** — определение качественного и количественного состава веществ, определение растворимости, плотности насыщенных паров, коэффициентов диффузии, исследования в области химической кинетики и электрохимии, изучение гетерогенного катализа, изучение механизмов и кинетики органических реакций.

В **промышленности** — определение расхода материалов, скорости и длительности протекания технологических процессов, исследование процессов диффузии, сорбции, фазовых превращений, разделения смесей, изучение процессов смешивания, определение однородности смесей, времени смешивания и характеристик смесителей, обнаружение течей, исследование коррозии, износа, процессов смазки.

## 2. ИЗОТОПЫ КАК ИСТОЧНИКИ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Нестабильные изотопы используются как источники радиоактивного ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и нейтронного) излучения, используемого для решения практических задач в различных областях науки и техники.

В **биологии** — мутации живых организмов, индуцированные радиоактивным излучением.

В **медицине** — диагностическое оборудование, терапевтическая ядерная медицина (телетерапия, брахитерапия), радиационная стерилизация медицинского оборудования.

В **сельском хозяйстве** — разведение высококачественных, хорошо адаптированных к местным условиям и устойчивых к болезням сельскохозяйственных и садовых растений с помощью радиационно-индуцированных мутаций, борьба с вредными насекомыми путём их стерилизации или генетического изменения с помощью излучения, уменьшение потерь урожая с помощью облучения.

В **геологии** — радиометрический полевой анализ, активационные методы поиска и разведки в геофизике.

В **физике** — ядерно-физические эксперименты.

В **технике** — методы измерений, основанные на измерении поглощения радиоактивного излучения (толщиномеры, измерители длины, измерители уровня), активационные методы (измерители плотности, влажности), активационное выявление взрывных устройств, гамма-радиография, гамма-дефектоскопия, нейтронная радиография, детекторы дыма, образцовые источники разных типов излучения для калибровки детекторов, радиоактивные ионизаторы среды для снятия статического электричества, светосоставы длительного действия, датчики уровня, толщины и др.

В **ядерной энергетике** — радионуклидный термоэлектрический генератор (РИТЭГ). Действие РИТЭГ основано на преобразовании тепла, выделяемого при радиоактивном распаде, в электрическую энергию постоянного тока с помощью полупроводниковой термоэлектрической батареи. РИТЭГи применимы как источники энергии для автономных систем, удалённых от традиционных источников электроснабжения и нуждающихся в сравнительно небольшой электрической мощности (несколько десятков-сотен ватт) при очень длительном времени работы. РИТЭГи применялись в космических аппаратах, зондах (если условия их работы делали неэффективным или невозможным использование солнечных батарей); в навигационных маяках, радиомаяках, метеостанциях (в частности, обслуживавших Северный морской путь, СССР), в морских буях и подводных установках (США)..

В **микроэлектронике** — радиационный отжиг полупроводников.

### 3. ИНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОТОПОВ

В **биологии, физике, химии** — исследования структуры и свойств веществ методами ядерного магнитного резонанса.

В **физике** — ядерно-физические эксперименты, мёссбауэровская спектроскопия на основе ядерного гамма-резонанса (ЯГР, или эффект Мёсбауэра).

В **лазерной физике** — сужение линий генерации лазеров и перестройка частоты их излучения.

В **химии** — нейтронно-активационный анализ, используемый для определения концентраций химических элементов в твёрдых телах, жидкостях, суспензиях, растворах и газах. После бомбардировки нейтронами в образце образуются элементы с радиоактивными изотопами, обладающими коротким периодом полураспада, по спектрам излучения которых и определяются концентрации элементов. Особое преимущество метода в том, что он не разрушает образец, а продолжительность наведенной радиации обычно составляет от нескольких наносекунд до часов. Метод часто используется **для анализа произведений искусства и исторических артефактов**.

В **ядерной энергетике** — топливо для атомных электростанций.

В **реакторостроении** — конструкционные материалы, замедлители и поглотители нейтронов (используются малые или, наоборот, большие сечения поглощения нейтронов теми или иными изотопами).

В **производстве изотопов** — получение других стабильных и радиоактивных изотопов в ядерных реакциях на ускорителях и реакторах.

В **медицине** — томография с использованием ядерного магнитного резонанса (ЯМР), позитронная томография (ПЭТ), магнитно-резонансная томография (МРТ).

## **2. Введение радиоактивных изотопов в организм человека.**

- Метод основан на регистрации излучения снаружи организма, после того, как изотопы сконцентрируются в определенном органе, расположенном в глубине тела.
- Область использования радиоактивных веществ для диагностики и лечения называют **радиоизотопной медициной**.
- *Величину излучения оценивают с помощью счетчиков и определяют локализацию, количество и характер распределения введенного изотопа.*
- **Годовая эффективная эквивалентная доза от данных видов исследований составляет 20 мкЗв на человека.**

### ***3. Использование ионизирующего излучения для борьбы со злокачественными болезнями.***

- Лучевая терапия основана на способности рентгеновских лучей (или других видов ионизирующих излучений) воздействовать на клетки биологической ткани посредством устранения их способности к делению и размножению.
- Успешное лечение зависит от точного направления луча и обеспечения строгого режима облучения дозами распределенными в течении длительного периода времени.
- В мире насчитывает несколько тысяч радиотерапевтических установок, которые используются для лечения рака. Суммарные дозы для каждого человека довольно велики, однако их получает небольшое число людей.



***При диагностике применяются многие радиоактивные вещества:***

- **йод-131** используется для проверки функционирования щитовидной железы; для легких и печени;
- **технеций-99** для исследования деятельности мозга;
- **золото-198** для печени;
- **стронций-85** для костной системы;
- **ртуть-203** для почек.

- В злокачественные опухоли вводят – йод-125, иридий-192 и радий-226.
- Для лечения больных раком также применяется кобальт-60.

**Средняя эффективная эквивалентная доза, получаемая от всех источников облучения в медицине в развитых странах, составляет около 1 мЗв на каждого жителя, т.е. примерно половина средней дозы от естественных источников.**

злокачественная опухоль (рак)



доброкачественная опухоль



**Ионизирующее излучение** — излучение (электромагнитное, корпускулярное), которое вызывает ионизацию (образование ионов обоих знаков) вещества (среды).

Основными видами ионизирующего излучения являются:

- альфа-излучение;
- бета-излучение;
- гамма-излучение;
- рентгеновское излучение.

Источники радиоактивности бывают *природными или искусственными*. Природные источники ионизирующего излучения — это радиоактивные элементы, находящиеся в земной коре и образующие природный радиационный фон вместе с космическим излучением.

Искусственные источники радиоактивности, как правило, образуются в ядерных реакторах или ускорителях на основе ядерных реакций. Источниками искусственных ионизирующих излучений могут быть и разнообразные электровакуумные физические приборы, ускорители заряженных частиц и др. Например: монитор компьютера, рентгеновская трубка, кенотрон и др.

**Эквивалентная** доза (или часто употребляемое понятие «доза») – равна произведению поглощенной дозы на коэффициент качества воздействия ионизирующего излучения (например: коэффициент качества воздействия гамма-излучения составляет 1, а альфа-излучения – 20).

Единица измерения эквивалентной дозы – **бэр** (биологический эквивалент рентгена) и его дольные единицы: миллибэр (мбэр) микробэр ( мкбэр) и т.д.,  $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Дж/кг}$ . Единица измерения эквивалентной дозы в системе СИ – **зиверт, Зв**,

$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ бэр}$ .

$1 \text{ мбэр} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ бэр}$ ;  $1 \text{ мкбэр} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ бэр}$ ;

**Поглощенная** доза — количество энергии ионизирующего излучения, которое поглощено в элементарном объеме, отнесенной к массе вещества в этом объеме.

Единица поглощенной дозы – **рад**,  $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Дж/кг}$ .

Единица поглощенной дозы в системе СИ – **грей, Гр**,  $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 1 \text{ Дж/кг}$

*Мощность эквивалентной* дозы (или мощность дозы) – это отношение эквивалентной дозы на промежуток времени ее измерения (экспозиции), единица измерения бэр/час, Зв/час, мкЗв/с и т.д.

**Доза эффективная** ( $E$ ) — величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органе на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани.

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.

Биологическое действие радиации на живой организм начинается на клеточном уровне. Ионизирующее излучение вызывает поломку хромосом за которым происходит соединение разорванных концов в новые сочетания. Это и приводит к изменению генного аппарата и образованию дочерних клеток, неодинаковых с исходными. Если стойкие хромосомные поломки происходят в половых клетках, то это ведет к мутациям, т. е. появлению у облученных особей потомства с другими признаками. Помимо генетических эффектов, которые могут сказываться на последующих поколениях (врожденные уродства), наблюдаются и так называемые соматические (телесные) эффекты, которые опасны не только для самого данного организма (соматическая мутация), но и его потомства. Соматическая мутация распространяется только на определенный круг клеток, образовавшихся путем обычного деления из первичной клетки, претерпевшей мутацию.

# *Ядерные взрывы*



**Hiroshima**  
**August 6, 1945**



**Nagasaki**  
**August 9, 1945**

Испытания ядерного оружия в атмосфере, начатые после Второй мировой войны, являются дополнительным источником облучения населения Земли. Наибольшее количество испытаний было проведено в **1954-1958** гг и **1961-1962** гг. С **1963** г до **1996** г проводились в основном подземные испытания.

Последние (уже подземные) ядерные испытания были проведены:

**СССР — в 1990 году,  
Великобританией — в 1991 году,  
США — 23 сентября 1992 года,  
Францией — в январе 1996 года,  
Китаем — в июле 1996 года.**

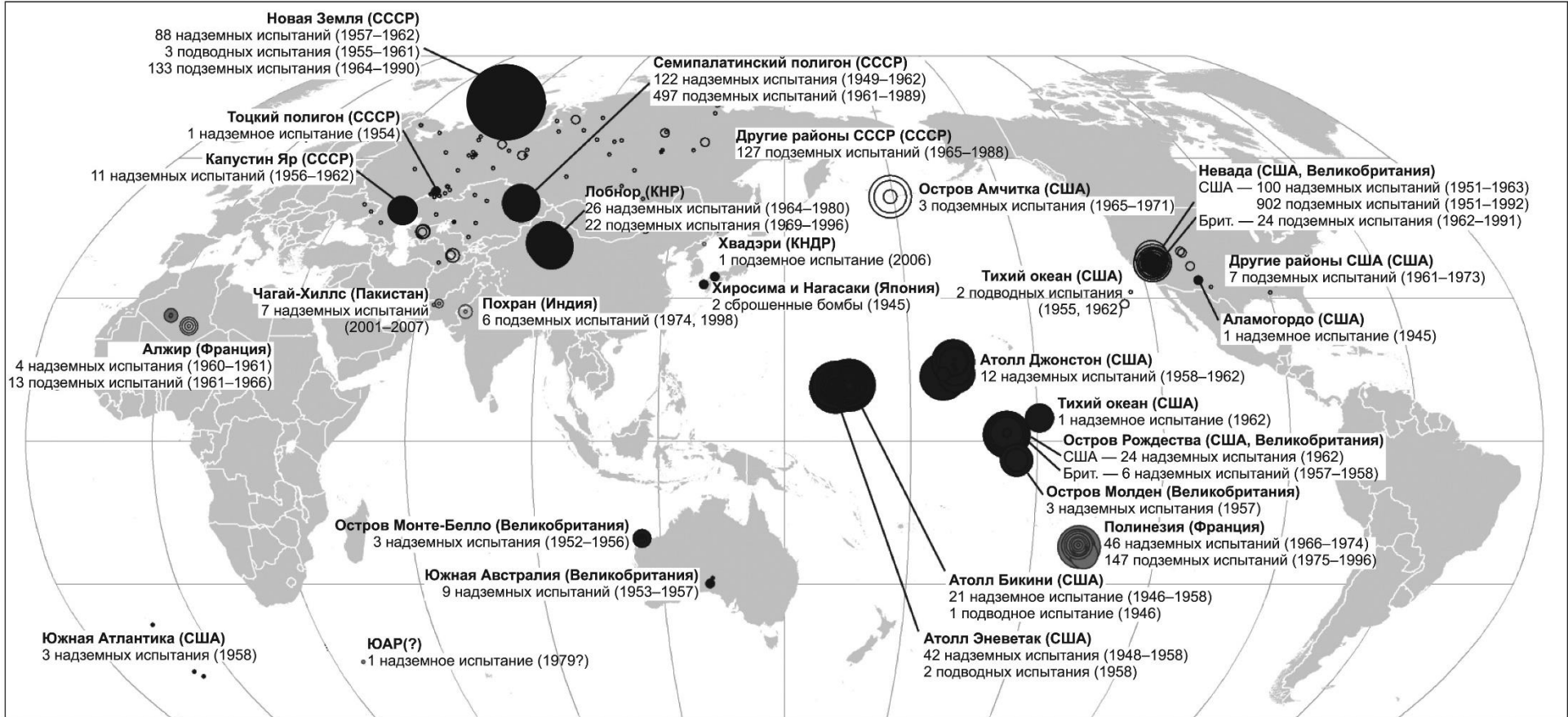
- В результате взрывов на планете образовалось огромное количество радионуклидов.
- Часть радиоактивного материала выпадала неподалеку от места взрыва (локальные осадки).
- Тропосферные осадки выпадали на расстоянии нескольких сотен-тысяч километров в течении месяца после взрыва. Их распределение зависит от погодных условий на данной широте.
- Большая часть радиоактивного материала сосредоточилась в стратосфере (10-50 км от поверхности Земли), обуславливая **глобальное радиоактивное загрязнение окружающей среды.**

# ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

- США (1054 взрывов, основная масса штат Невада и Маршалловы острова)
- Советский Союз (715 взрывов, основная масса Семипалатинск и Новая Земля)
- Франция (210 взрывов, острова Полинезии и пустыня Сахара)
- Китай (45)
- Великобритания (45, Австралия, острова Монте-Белло)
- Индия (6) Пакистан (6) КНДР (2).

***Всего в мире в период с 1945 до 1998 гг. проведено 2053 ядерных взрыва.***

# ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ (1945 — 2008)



Мощность ядерных взрывов,  
килотонн тротилового эквивалента



Источник: [www.johnstonsarchive.net/nuclear/tests](http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/tests)

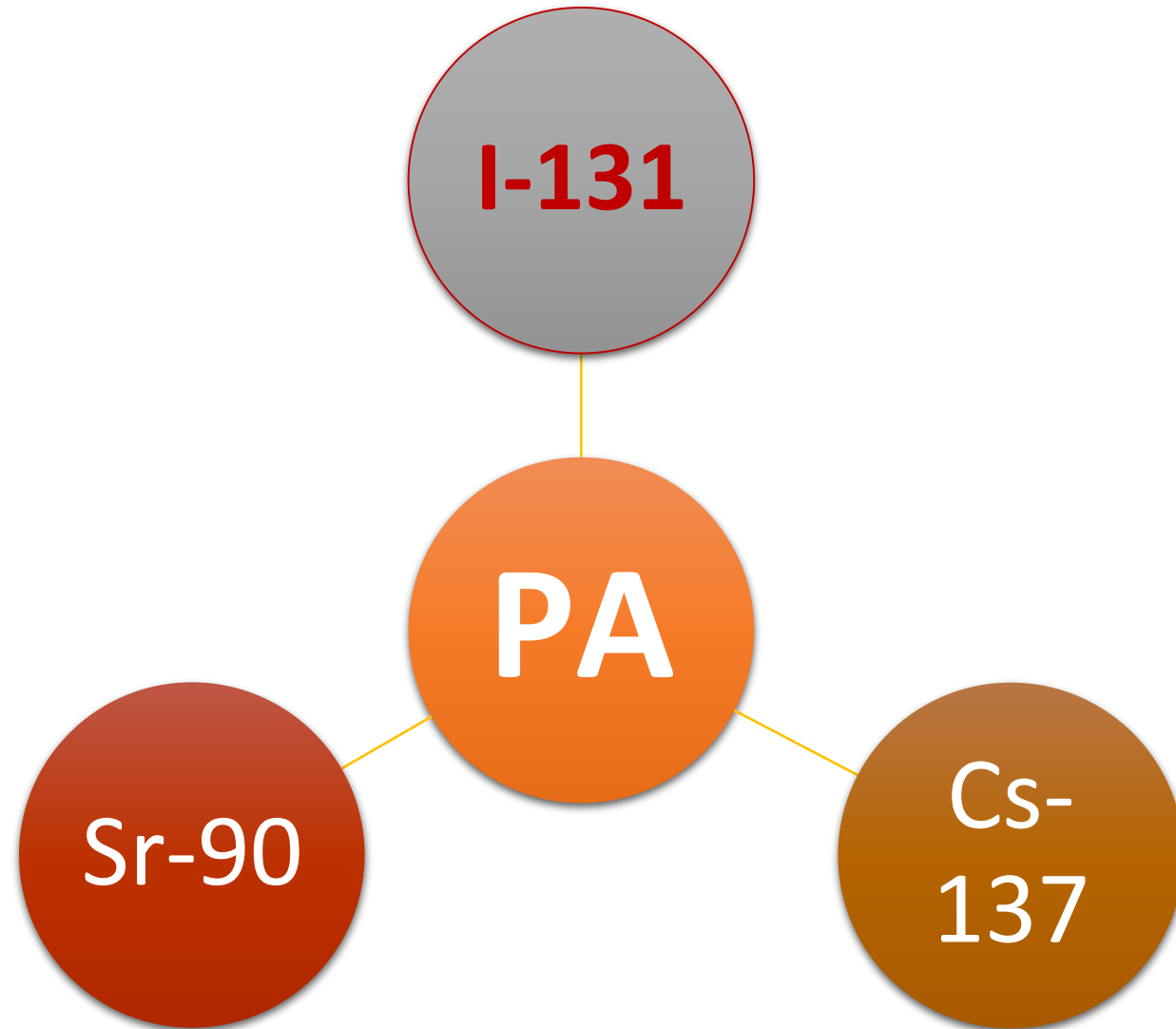
Страны, проводившие ядерные испытания (на карте указаны в скобках)

|                    | США  | СССР | Великобритания | Франция | КНР  | Индия | Пакистан | КНДР | ЮАР(?)  |
|--------------------|------|------|----------------|---------|------|-------|----------|------|---------|
| Год первого взрыва | 1945 | 1949 | 1952           | 1960    | 1964 | 1974  | 1998     | 2006 | 1979(?) |
| Всего взрывов      | 1123 | 982  | 45             | 210     | 48   | 6     | 7        | 1    | 1(?)    |
| Из них:            |      |      |                |         |      |       |          |      |         |
| надземных          | 206  | 223  | 21             | 50      | 22   |       |          |      | 1(?)    |
| подземных          | 912  | 756  | 24             | 160     | 26   | 6     | 7        | 1    |         |
| подводных          | 5    | 3    |                |         |      |       |          |      |         |

# Загрязнение окружающей среды при ядерных взрывах



# Основные радионуклиды, загрязняющие окружающую среду



# Радиационная стерилизация

## МЕДИЦИНА

Стерилизация медицинских изделий и материалов. Обеспечение стерильности без нагрева изделий и сквозь упаковку, что повышает качество продукции. Экологическая чистота производства.

## КОСМЕТИКА

Уменьшение микробной обсемененности косметики и ингредиентов, используемых в косметическом производстве. Доведение продукции до соответствия требованиям.

## ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШ- ЛЕННОСТЬ

Ликвидация патогенной микрофлоры. Увеличение сроков хранения и реализации продукции без применения консервантов, существенное уменьшение потерь и высокий экономический эффект.

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Радиационная обработка для дезинфекции и дезинсекции сельскохозяйственной продукции. Ликвидация патогенной микрофлоры, содержащейся в кормах для животных.

# Вопросы для самопроверки

- Радиация как экологический фактор. Источники радиоактивного загрязнения планеты
- Радиационный фон. Его виды
- Направления использования радиации в мирных целях
- Нормы радиационной безопасности
- Радиационные технологии в медицине

Благодарю за внимание!

