

Радиоактивность окружающей среды

**Техногенные радионуклиды в
окружающей среде**

Радиационный фон

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



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.**



□ 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 (1 мбэр).



Искусственный радиационный фон

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

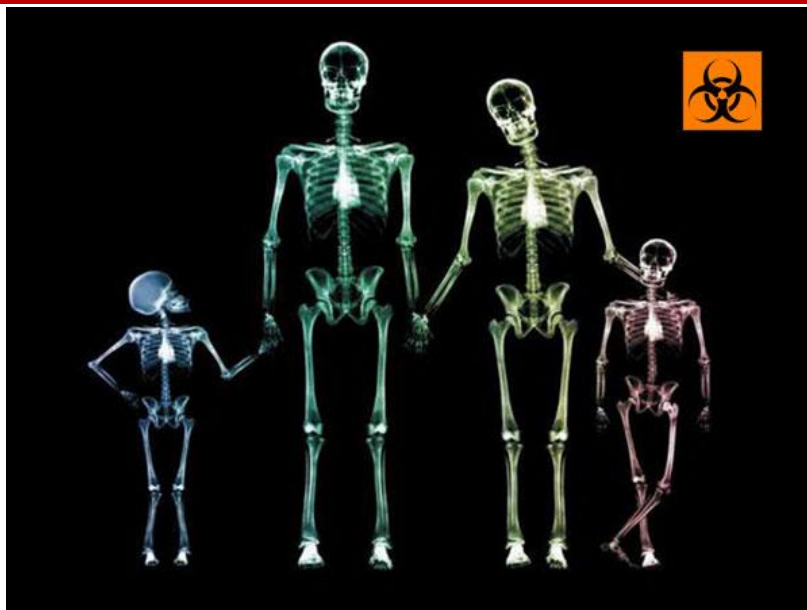


НАСЛАЖДАЙСЯ ЗРЕЛИЩЕМ

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.

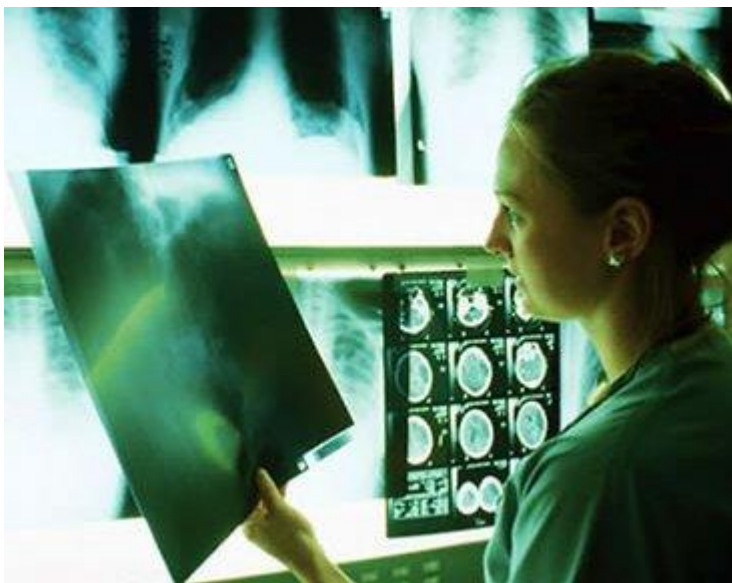


Медицинские процедуры и методы лечения, которые связаны с применением радиоактивного излучения, вносят основной вклад среди искусственных источников радиации-51,5%.

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



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.



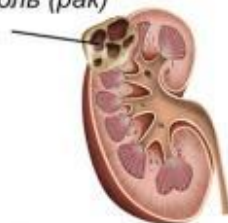
При диагностике применяются многие радиоактивные вещества:

- **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.

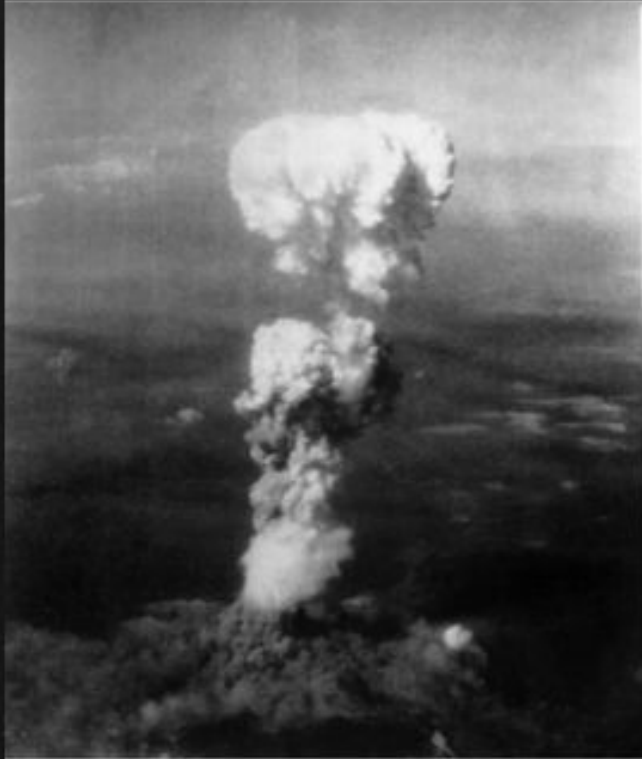
злокачественная опухоль (рак)



доброкачественная опухоль



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.**

Закономерности глобального переноса радиоактивности:

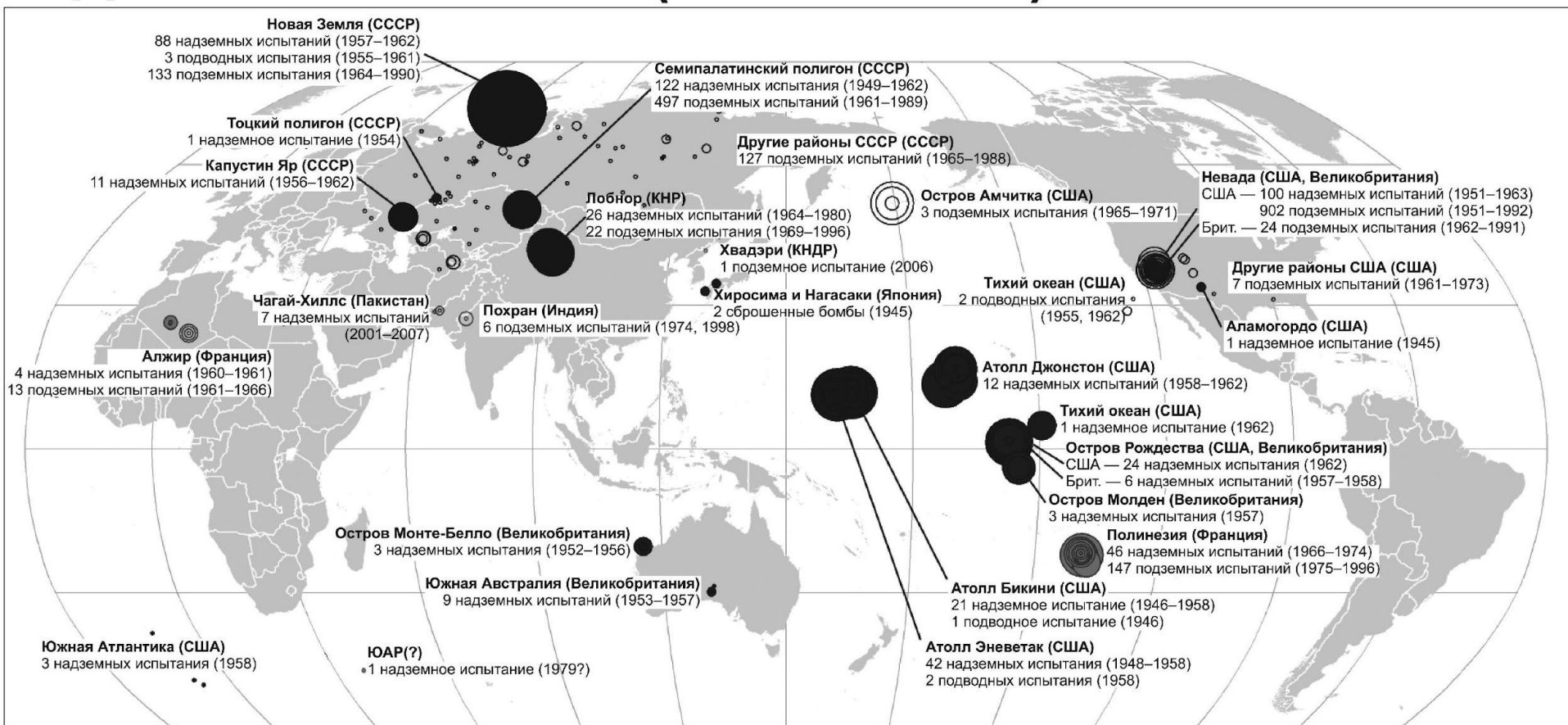
- Радиоактивные вещества, если они заброшены в верхние слои атмосферы, многократно огибают Землю, постепенно концентрируясь между 30-тым и 50-тым градусами широты в Северном и Южном полушариях, независимо от географических координат взрыва, причем в Северном в 3-4 раза больше.
- Постепенно опускаясь вниз, они выпадают на земную поверхность большей частью с проливными дождями.

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



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							

Источник: www.johnstonsarchive.net/nuclear/tests

«Мирные ядерные взрывы» или ядерные взрывы в мирных целях

Ядерные испытания и промышленные ядерные взрывы, целью которых являлись или декларировались **работы невоенного назначения: разработка месторождений, борьба с авариями при разработке месторождений, строительство каналов** и так далее. В настоящее время не производятся ввиду неизбежного радиационного заражения ископаемых или окружающей местности, запрещены **Договором о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний** и другими международными договорами.

ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

В мирных целях атомные взрывы производили два государства: **СССР** и **США**

В СССР проводили в период с 1965 по 1988 год в рамках секретной «Программы № 7».

- Осуществлением программы занимались специалисты двух секретных ядерных центров: «Арзамас-16» (Саров) и «Челябинск-70» (Снежинск).
- Аналогом данной программы в США был проект «Плаушер», запущенный в 1957 и свёрнутый в 1973 году
- Всего в СССР было проведено 169 мирных ядерных взрывах.
- Подорвано 186 ядерных устройств, (в том числе 117 — вне границ ядерных полигонов).

ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

- Глубинное сейсмическое зондирование земной коры, для выявления залежей полезных ископаемых — 39 взрывов;
- Создание подземных ёмкостей — 42 взрыва;
- Интенсификация добычи нефти и газа — 21 взрыв;
- Работы по дроблению руды - 2 взрыва;
- Работы по перекрытию скважин газовых фонтанов — 5 взрывов,
- Выемка и перемещение огромных объёмов породы и грунта — 6 взрывов;

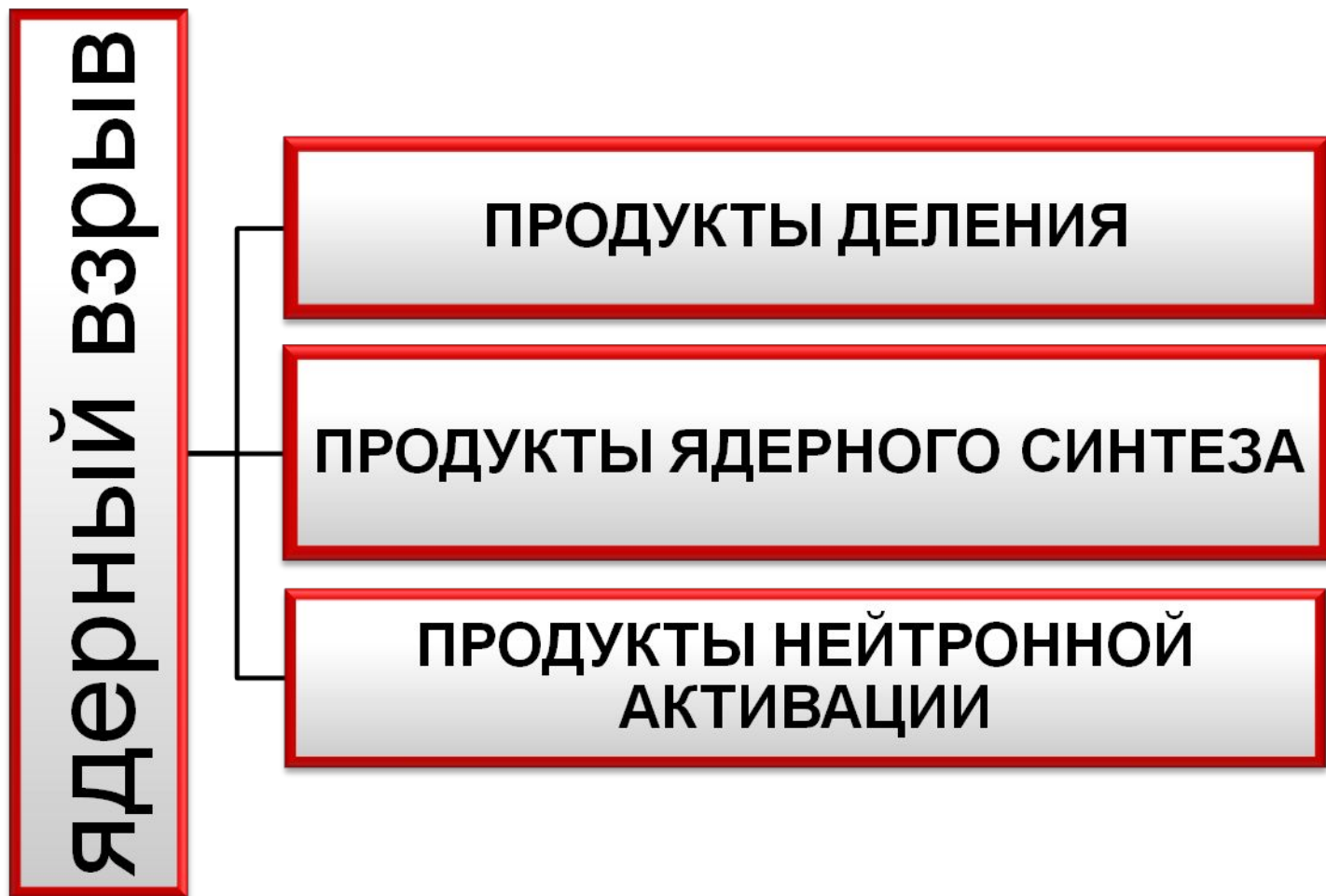
ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

- **Образование провальных воронок — 3 взрыва;**
- **Захоронение жидких токсичных отходов — 2 взрыва;**
- **Предупреждение внезапных выбросов угольной пыли и метана — 1 взрыв;**
- **Создание плотины-хвостохранилища путем рыхления породы — 1 взрыв.**

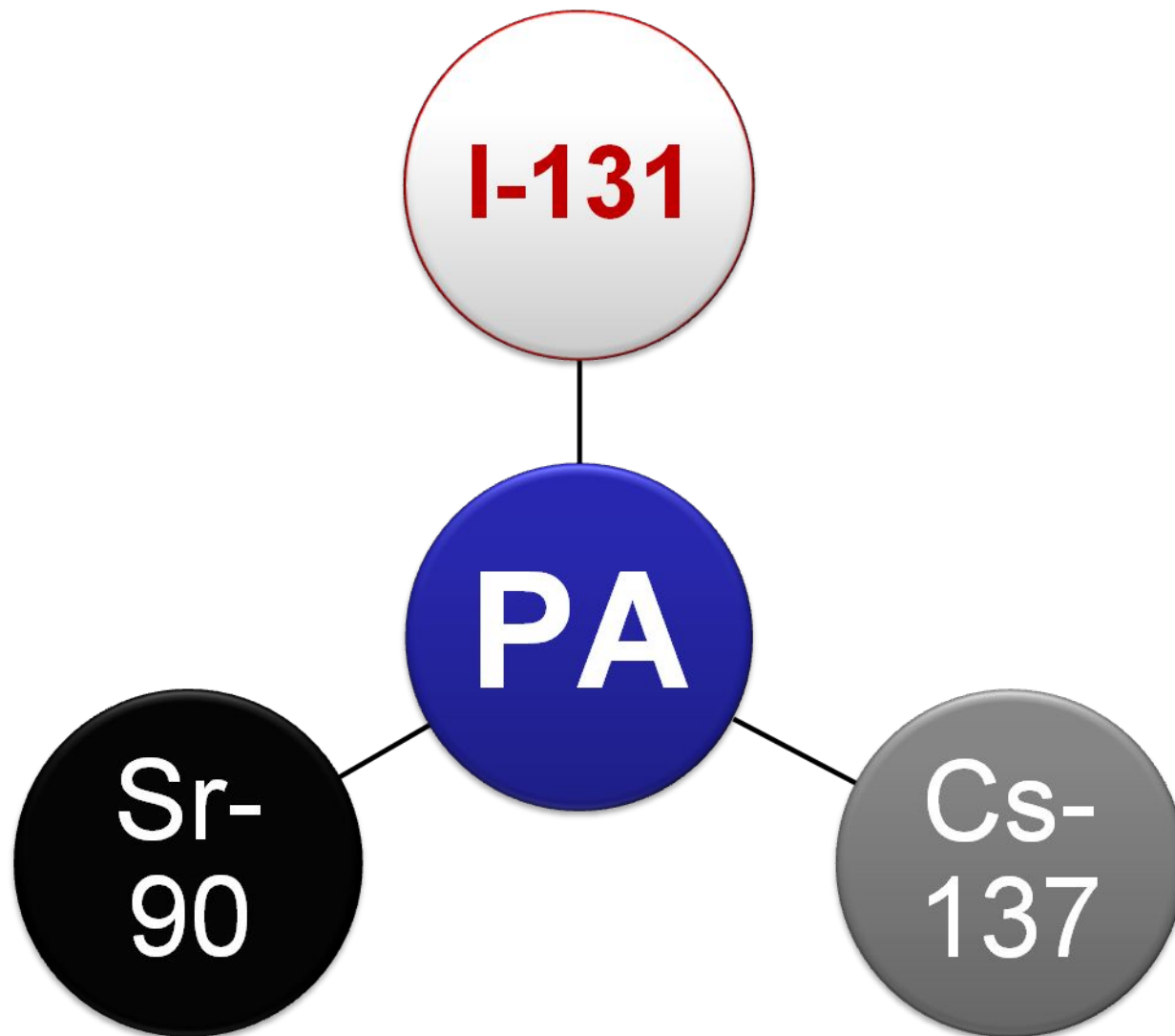
Аварийные ситуации на ядерных объектах, объектах ядерного оружейного комплекса и в народном хозяйстве

- Аварии на предприятиях ЯТЦ: Челябинск-40**
- Аварии на объектах атомной энергетики (Чернобыль, Фукусима)**
- Сброс радиоактивных отходов в моря и реки**
- Аварийные ситуации на морских и воздушных судах**
- Аварийные ситуации на искусственных спутниках Земли**
- Боеприпасы с обеднённым ураном**

Загрязнение окружающей среды при ядерных взрывах



Основные радионуклиды, загрязняющие окружающую среду



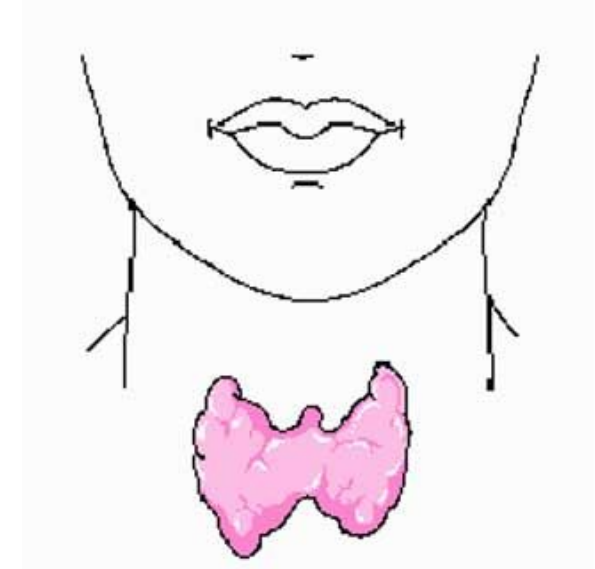
I-131

Природный изотоп **I-127**
стабилен, 25 техногенных
изотопов радиоактивны

Йод входит в состав гормонов
щитовидной железы

В организм человека поступает
с пищей, водой и воздухом

Основным резервуаром йода
для биосферы служит
мировой океан



ЗНАЧЕНИЕ ЙОДА ДЛЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

- В теле человека до 40 мг йода, до 50% этого количества сконцентрировано в щитовидной железе
- Суточное поступление с пищей 10-1000 мкг
- Минимальная суточная потребность 75 мкг
- Недостаточное поступление йода – базедова болезнь, нарушение физического и психического развития, кретинизм
- Определить уровень содержания йода в организме можно сделав биохимический анализ утренней мочи

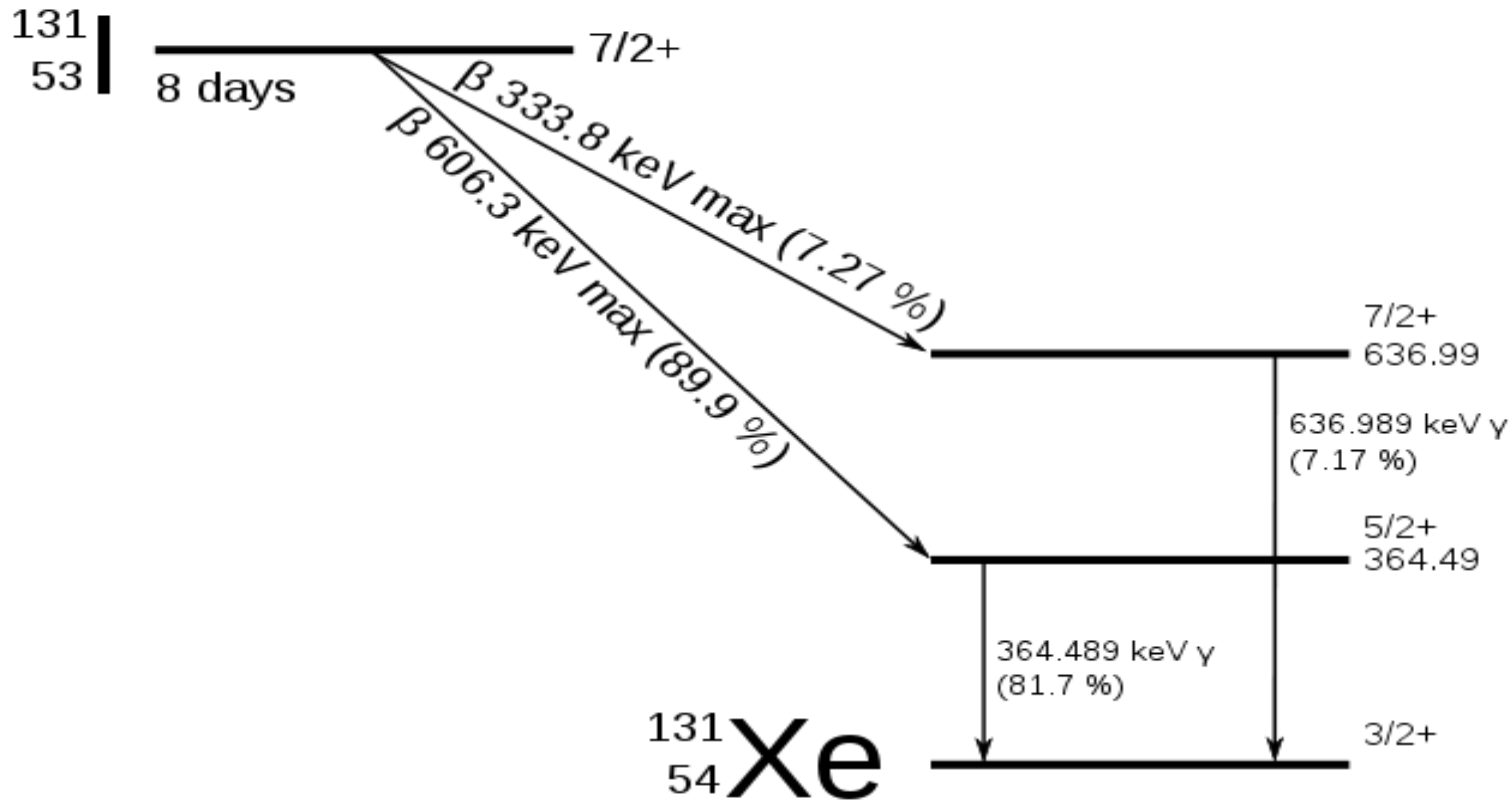
Более 50% России – йоддефицитные районы



Основной поражающий фактор I-131

В начальный период аварии :

- большой выход в реакциях деления
- высокая миграционная способность
- биологическая доступность



Метаболизм радионуклидов в биологическом организме

Наибольшая концентрация в щитовидной железе сельскохозяйственных животных ***I-131*** при длительном поступлении в организм наблюдается на 10–15-е сутки и составляет 150 % суточного поступления с едой (в расчете на массу всего органа).

Коэффициент накопления ***I-131*** в щитовидной железе по сравнению с другими органами примерно в 100 раз больше.

Метаболизм радионуклидов в биологическом организме

Радионуклиды, поступившие в организм, не только концентрируются в органах и тканях, но и выводятся из них через ЖКТ, почки, легкие, кожу и молочную железу.

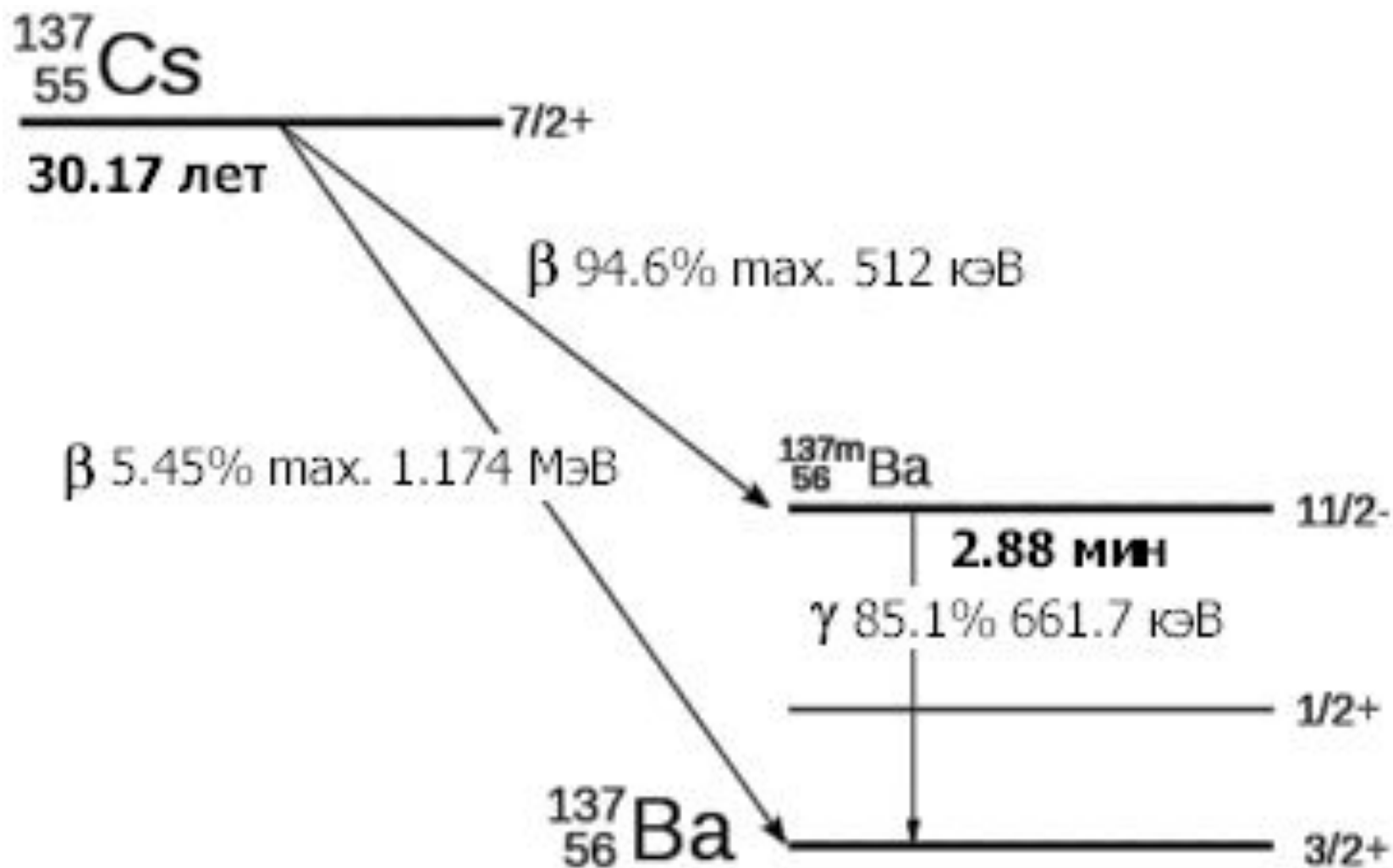
Первыми удаляются радионуклиды, депонирующиеся в мягких тканях, — **Mo-99**, **I-131**, **Cs-137** и др. (преимущественно почками).

Напротив, остеотропные радионуклиды выводятся медленно.

Основной поражающий фактор Cs-137

- Высокая миграционная способность в окружающей среде;
- Микроэлемент, щелочной элемент, физико-химический аналог калия, замещает его;
- Поступает в организм с продуктами питания;
- Среднее содержание 0, 0015 г в организме при суточном поступлении 10 мкг
- Накапливается в мышечной ткани (80%) и в скелете (10%);
- Создает техногенный гамма-фон на территории распространения.

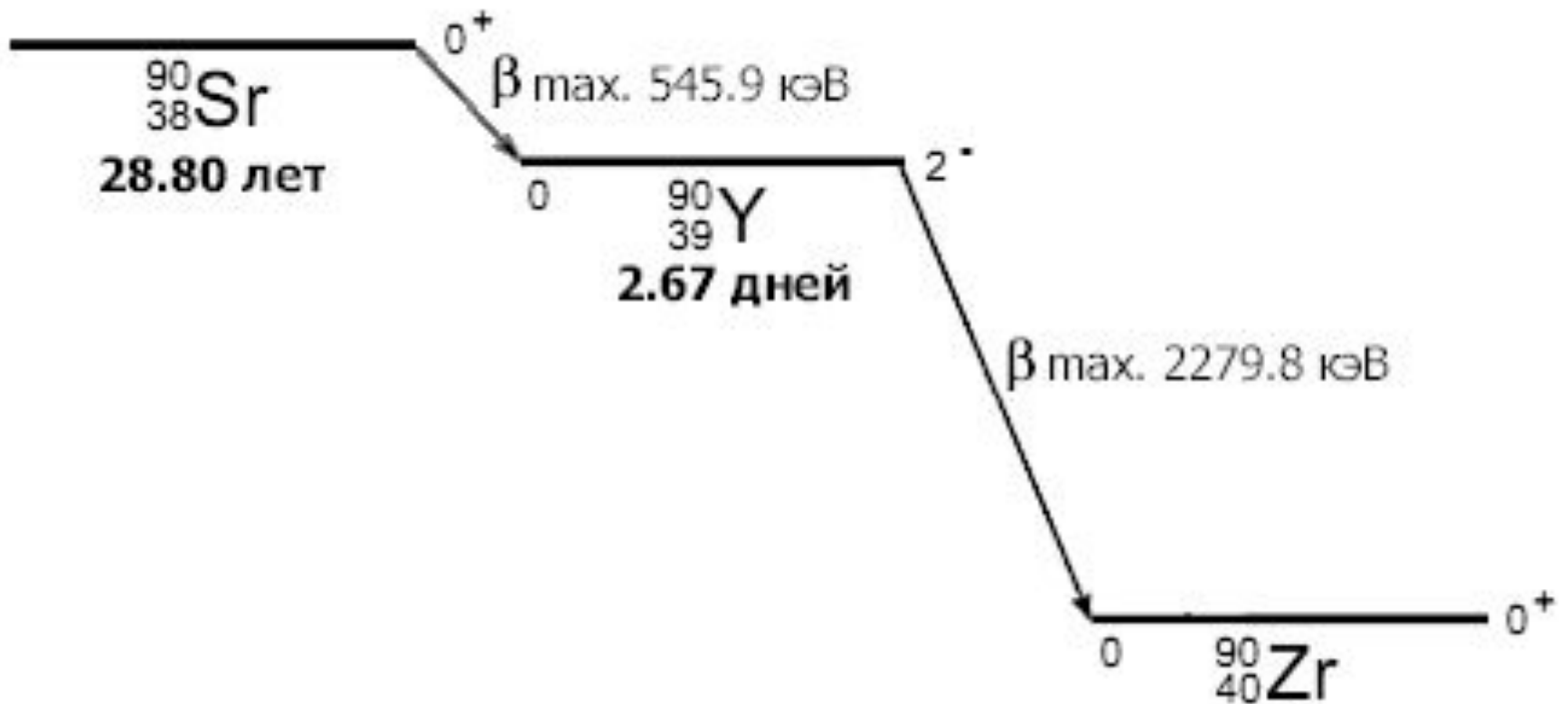
Cs-137

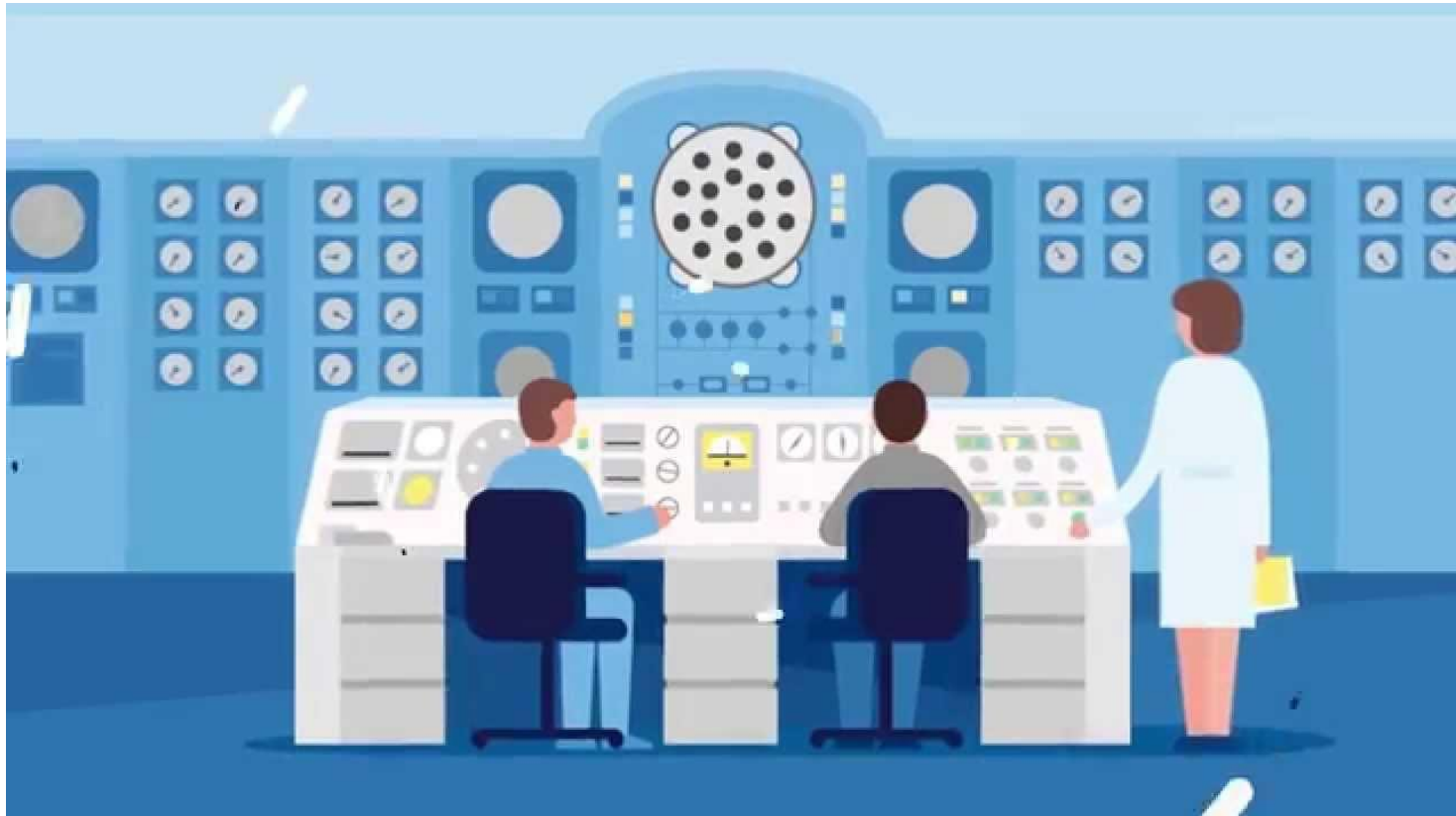


Основной поражающий фактор Радионуклида Sr-90

- Микроэлемент, физико-химический аналог кальция, встраивается в костную систему человека наравне с другими изотопами **Sr**;
- **Sr** содержится в организме взрослого человека до $\sim 0,3$ г, главным образом в скелете;
- Превышение токсично, избыточное содержание в организме оказывает рахитогенное действие.

Sr-90





Атомная энергетика

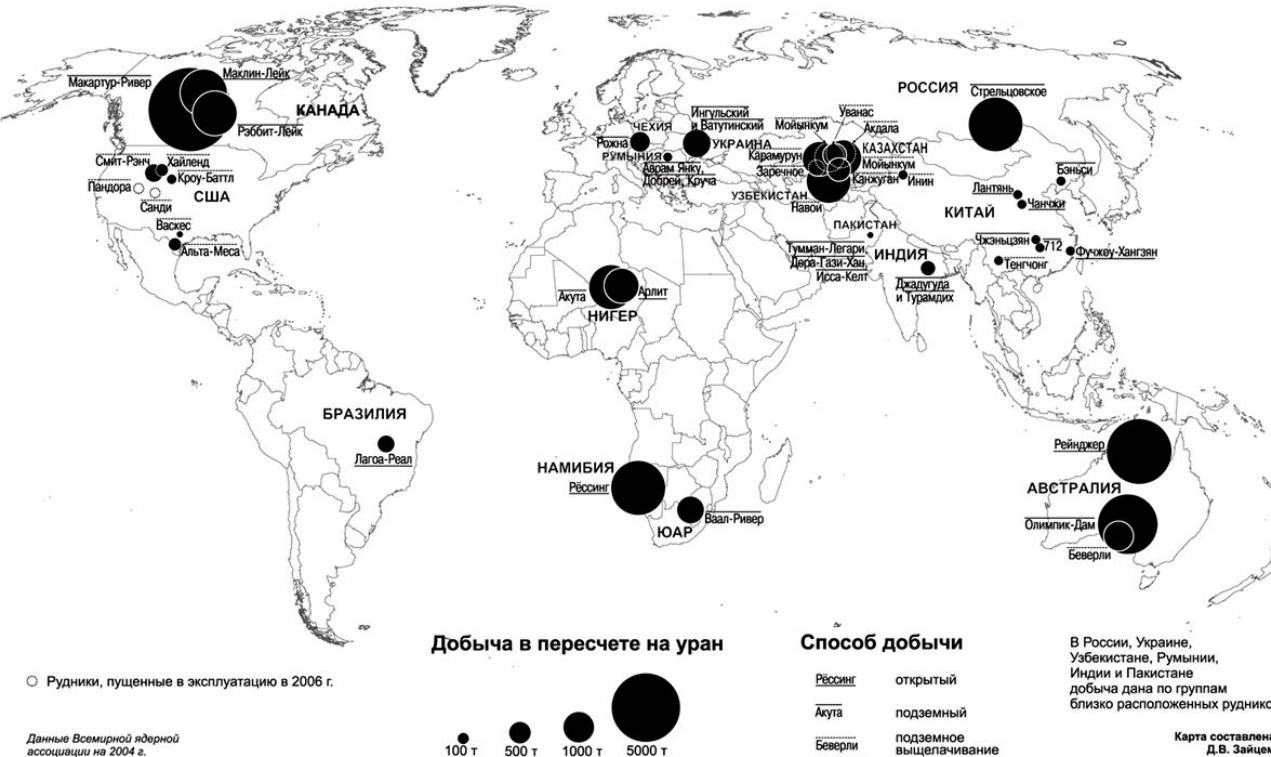
Ядерный топливный цикл (ЯТЦ):

комплекс производственных процессов, которые последовательно повторяются и основной их целью является получение тепла или электричества на основе использования атомной энергии.



ЯТЦ начинается с добычи урановой руды. Процент содержания урана в почве составляет примерно 3×10^{-4} . Руда после измельчения поступает на обогатительную фабрику, где природный уран выделяется из породы. При переработке руды образуется большое количество **отходов, т.н. «хвостов», которые являются основным источником радиоактивного загрязнения**

ДОБЫЧА УРАНОВЫХ РУД на крупнейших рудниках мира



Урановый концентрат с обогатительной фабрики поступает на дальнейшую очистку от побочных примесей и на специальных заводах преобразуется в **ядерное топливо**, которое используется в ядерных реакторах на **АЭС**. Отработанное в АЭС ядерное топливо проходит повторную переработку (регенерацию) для выделения из **использованного ядерного топлива урана и плутония** для повторного их применения в ЯТЦ.



- **В ЯТЦ** входит также транспортировка радиоактивных материалов для обеспечения всех этих этапов.
- На каждом этапе ЯТЦ в окружающую среду переходят радионуклиды с разными периодами полураспада. **Заканчивается цикл захоронением радиоактивных отходов.**
- Годовая коллективная эффективная эквивалентная доза облучения от всего ядерного цикла в 1980 г составила 500 чел.–Зв. К 2010 году она возросла до 200000 чел.–Зв.
- **Облучение от ЯТЦ составляет 1% от естественного фона, без учета аварии на АЭС.**

ЯТЦ. ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ



Источники излучения	Среднегодовая доза	
	мЗв	Мбэр
Облучение в медицинских целях	1,5	150
- рентгенография зуба – 3 бэр		
- рентгеноскопия легких – 2-8 бэр		
- рентгеноскопия желудка – 30 бэр		
Строительные материалы (гранит, бетон и т.д.)	1,0	100
Полеты в самолете (расстояние 2000км, высота 12км)	0,05	5
Телевизор – 4 часа в день	0,01	1
ЯТЦ	0,025	2,5
ТЭЦ на угле – расстояние 20км	0,006-0,06	0,6-6,0
Осадки на ядерных испытаниях	0,02	2,0
Удобрения	0,000136	0,136
Другие источники	0,4	40
Всего (округленно)	3,0	300

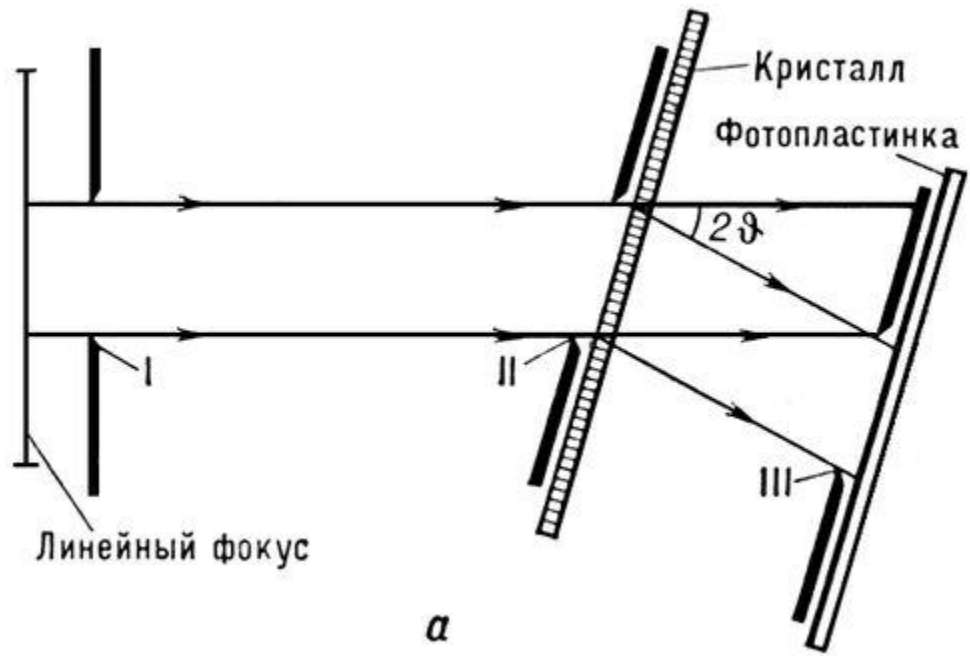
Искусственные источники излучения

***Применение излучений и
изотопов в технике***

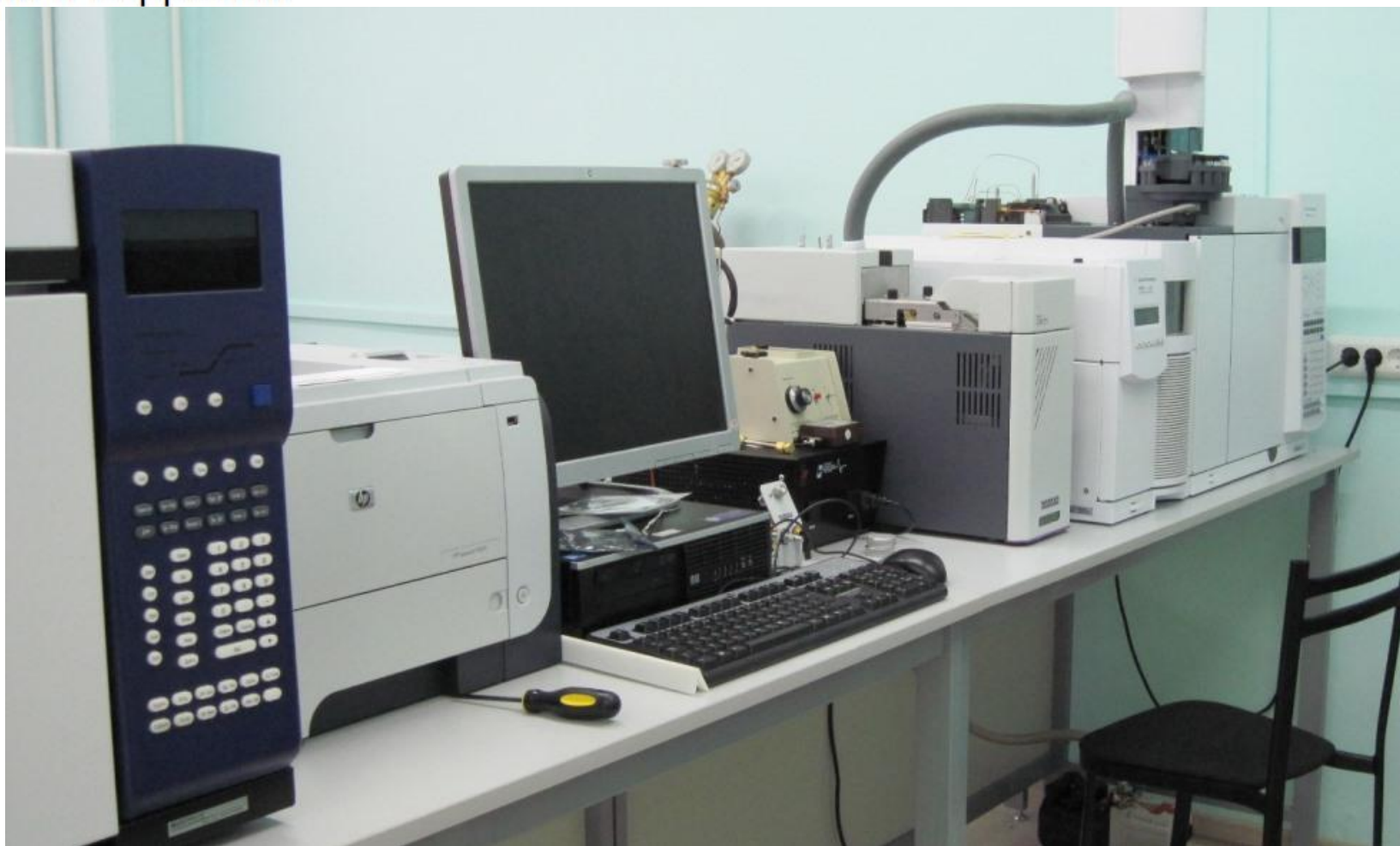
1) рентгеноструктурный анализ. Он основан на исследовании дифракционной картины, возникающей при прохождении рентгеновского излучения через кристаллы, и позволяет получить информацию о строении металлов, сплавов и полупроводников, определить форму и размеры элементарной кристаллической ячейки, размеры и ориентацию кристаллов, исследовать деформации решетки и т.д. Лаборатории рентгеноструктурного анализа есть на всех машиностроительных и металлургических заводах.



2) метод рентгеновской топографии, позволяет осуществить массовый контроль качества полупроводниковых кристаллов, используемых для создания электронных приборов.



3) рентгеноспектральный анализ широко используется для качественного и количественного элементарного анализа исследуемых препаратов, определения фазового состава металлических срезов, изучения процессов диффузии и коррозии.



4) радиационная дефектоскопия позволяет установить наличие, местонахождение, форму и размеры внутренних дефектов в металлах и изделиях, шлаковые включения, непровар, выявить картину внутреннего строения контролируемого объекта без его разрушения.

