

Глобальная экология и глобальная безопасность

Лекция 8. Влияние радиации на человека и живую природу. Радиационная обстановка на Земле.

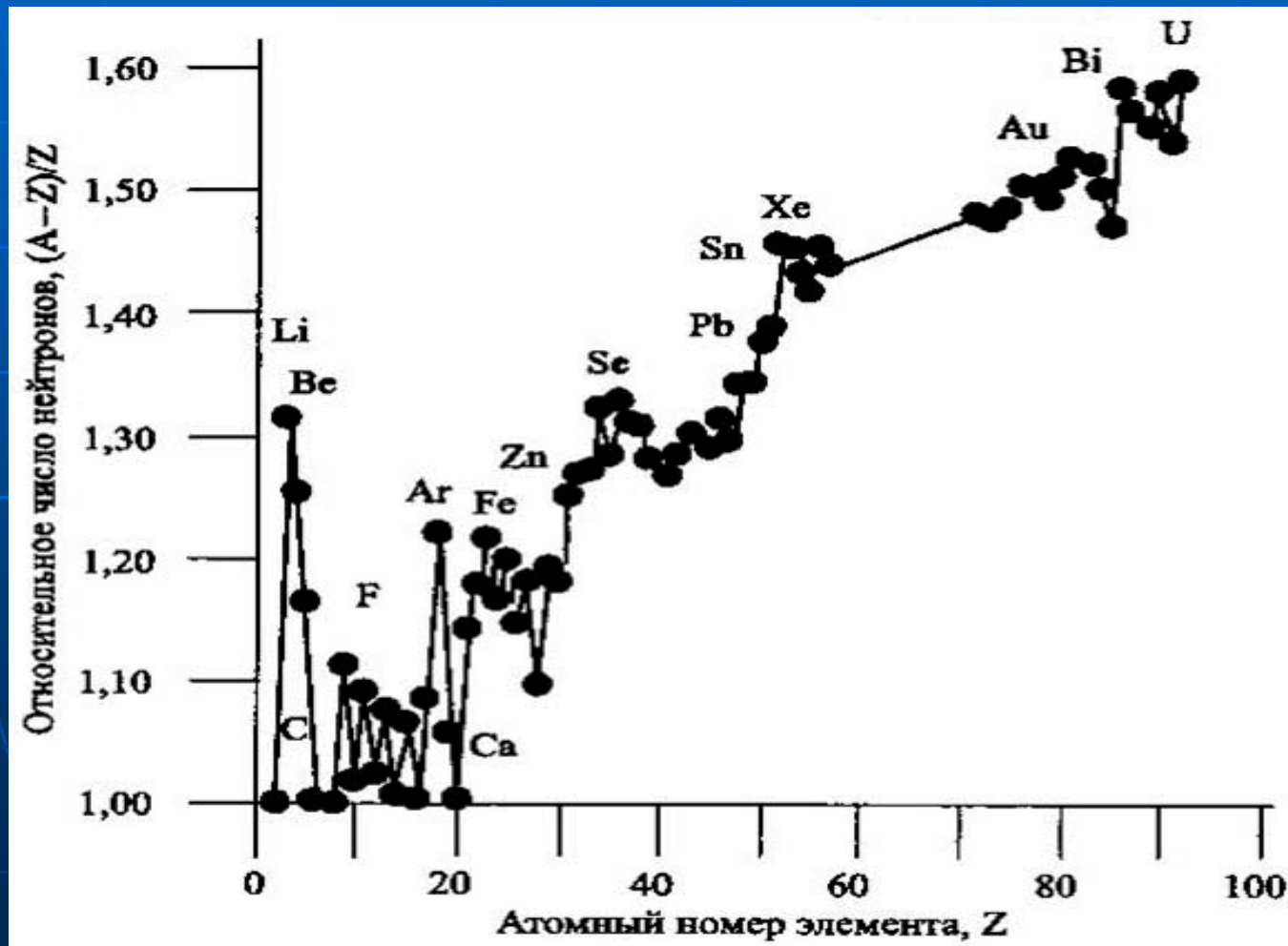
(С) Аржанников А. В.

1. Понятие о природном радиационном фоне. Составляющие ПРФ.
2. Воздействие радиации на человека и живую природу.
3. Влияние испытаний ядерного оружия на ПРФ.
4. Радиоактивность строительных и конструкционных материалов.
5. Радон и его вклад в радиационную обстановку.
6. Медицина как один из основных источников радиационного облучения населения.

(возможные темы презентаций)

- **Радиоактивность строительных и конструкционных материалов.**
- **Радон и его вклад в радиационную обстановку.**
- **Медицина как основной источник радиационного облучения населения.**

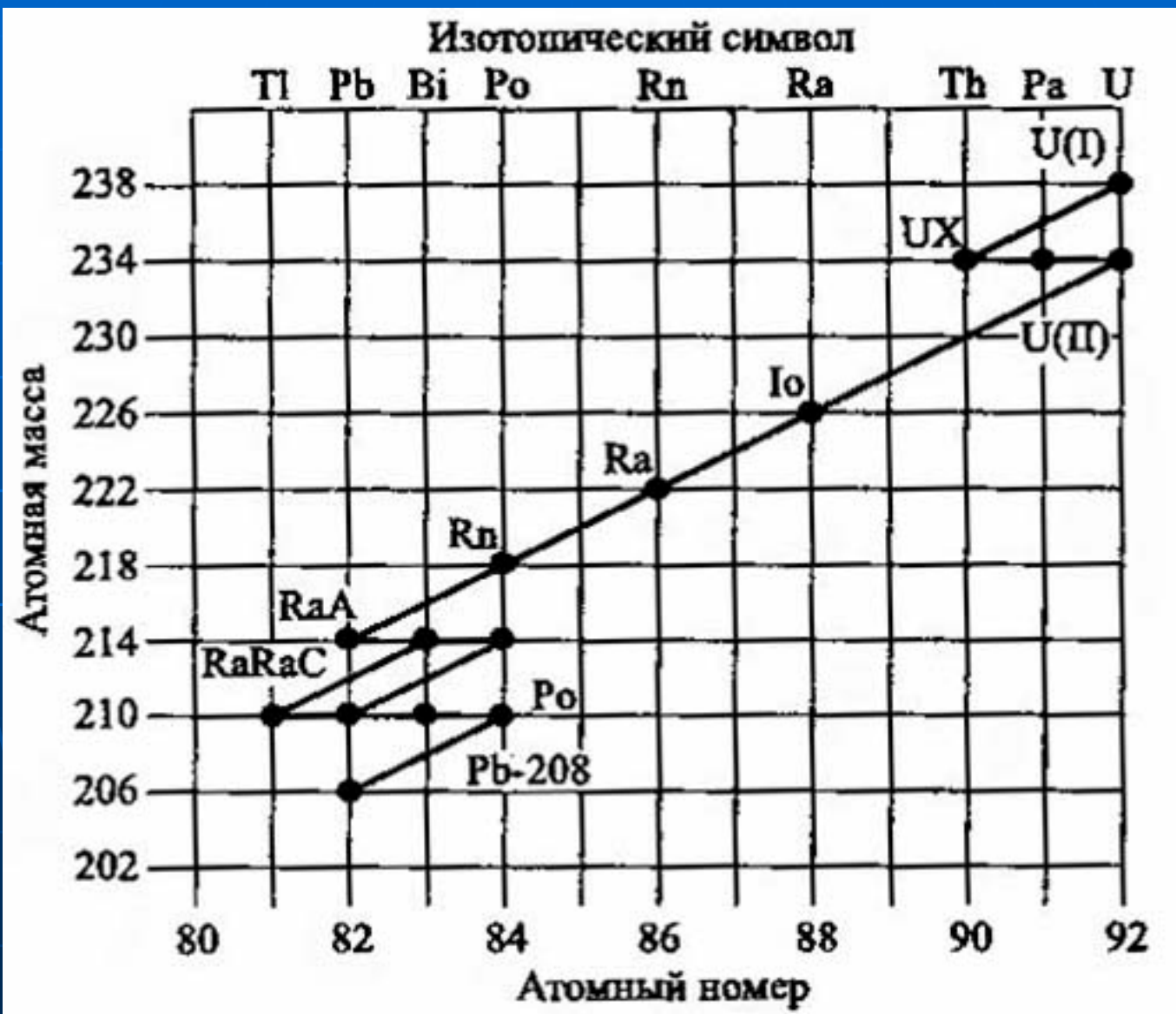
Соотношение нуклонов в стабильных ядрах различных элементах



Радиационные распады, протекающие на Земле

Материнский элемент	Процесс распада	Период полураспада, $\times 10^9$ лет	Конечный стабильный изотоп
^{40}K Калий	К-захват	1,3	^{40}Ar
^{87}Rb Рубидий	β -распад	47	^{87}Sr
^{232}Th Торий	Цепочка α - и β -распадов	14,1	^{208}Pb
^{235}U Уран		0,7	^{207}Pb
^{238}U Уран		4,5	^{206}Pb

Цепочка распада U-238

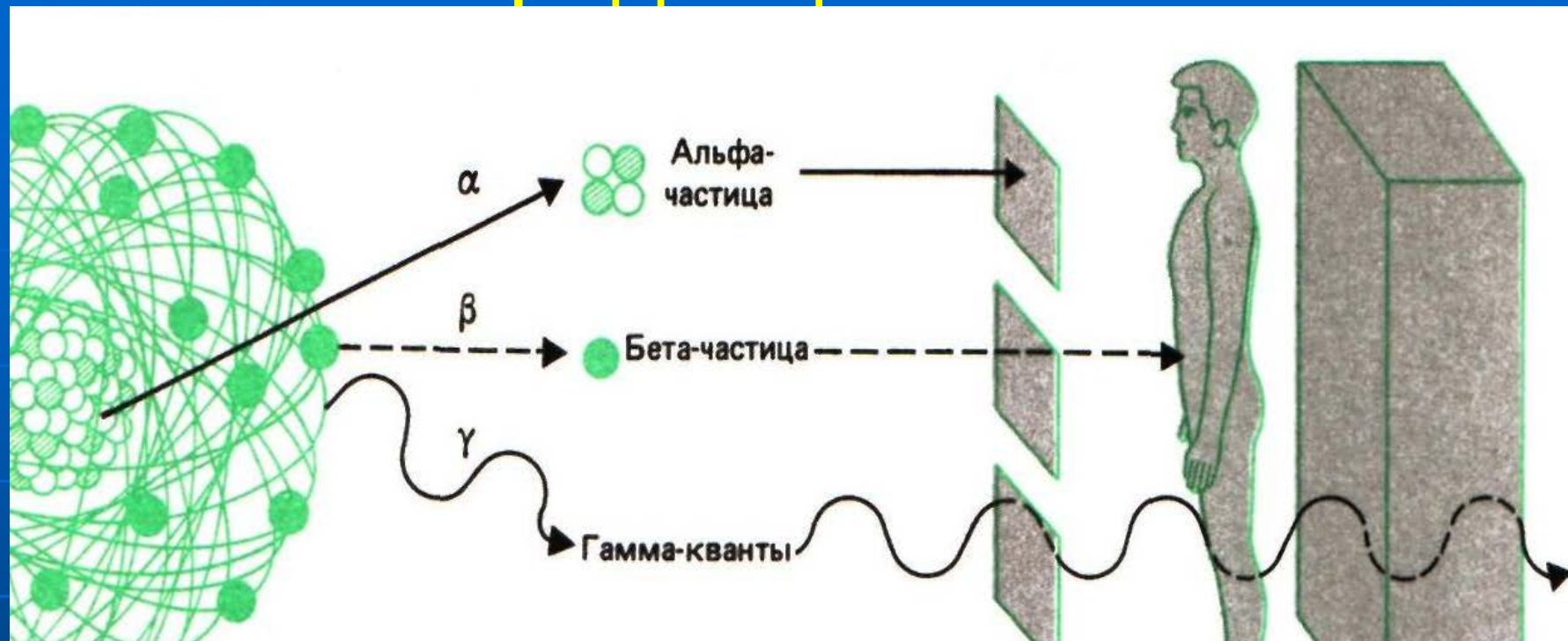


Цепочка распада урана U-238

Родон и его производные

$8 \cdot 10^3$ мин	Торий-230	4.7 МэВ
$1.6 \cdot 10^3$ мин	Радий-226	4.8 МэВ
3.8 суток	Родон-222	5.5 МэВ
3.05 мин	Полоний-218	6 МэВ
26.8 мин	Свинец-214	0.67 МэВ
19.7 мин	Висмут-214	3.36 МэВ
1.6 мс	Полоний-214	7.7 МэВ
22.3 лет	Свинец-210	0.06 МэВ

Влияние радиации на человека



Вид излучения и диапазон энергий	Весовой множитель
Фотоны всех энергий	1
Электроны и мюоны всех энергий	1
Нейтроны с энергией < 10 КэВ	5
Нейтроны от 10 до 100 КэВ	10
Нейтроны от 100 КэВ до 2 МэВ	20
Нейтроны от 2 МэВ до 20 МэВ	10
Нейтроны > 20 МэВ	5
Протоны с энергий > 2 МэВ (кроме протонов отдачи)	5
альфа-частицы, осколки деления и другие тяжелые ядра	20

Радиологические единицы измерений

Основные радиологические величины и единицы

Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	Си	
Активность нуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	$1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с}$ $1 \text{ Бк} = 2.7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$
Экспозиционная доза, X	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	$1 \text{ Р} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ $1 \text{ Кл/кг} = 3.88 \cdot 10^3 \text{ Р}$
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)	$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$ $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$
Эквивалентная доза, Н	Бэр (бэр, rem)	Зиверт (Зв, Sv)	$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$ $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$
Интегральная доза излучения	Рад-грамм (рад·г, rad·g)	Грей·кг (Гр·кг, Gy·kg)	$1 \text{ рад·г} = 10^{-5} \text{ Гр·кг}$ $1 \text{ Гр·кг} = 10^5 \text{ рад·г}$

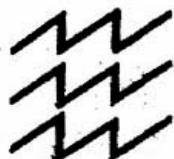
Рентген (Р) = 8.7×10^{-3} Дж/кг = 8.7×10^{-3} Гр
для воздуха

Воздействие на живые организмы

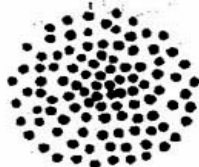
ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТКАНИ ОРГАНИЗМА



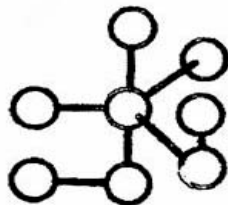
Заряженные частицы. Проникающие в ткани организма альфа- и бета-частицы теряют энергию вследствие электрических взаимодействий с электронами тех атомов, близ которых они проходят. (Гамма-излучение и рентгеновские лучи передают свою энергию веществу несколькими способами, которые в конечном счете также приводят к электрическим взаимодействиям.)



Электрические взаимодействия. За время порядка десяти триллионных секунды после того, как проникающее излучение достигнет соответствующего атома в ткани организма, от этого атома отрывается электрон. Последний заряжен отрицательно, поэтому оставшая часть исходно нейтрального атома становится положительно заряженной. Этот процесс называется ионизацией. Оторвавшийся электрон может далее ионизировать другие атомы.



Физико-химические изменения. И свободный электрон, и ионизированный атом обычно не могут долго пребывать в таком состоянии и в течение следующих десяти миллиардных долей секунды участвуют в сложной цепи реакций, в результате которых образуются новые молекулы, включая и такие чрезвычайно реакционноспособные, как "свободные радикалы".



Химические изменения. В течение следующих миллионных долей секунды образовавшиеся свободные радикалы реагируют как друг с другом, так и с другими молекулами и через цепочку реакций, еще не изученных до конца, могут вызвать химическую модификацию важных в биологическом отношении молекул, необходимых для нормального функционирования клетки.



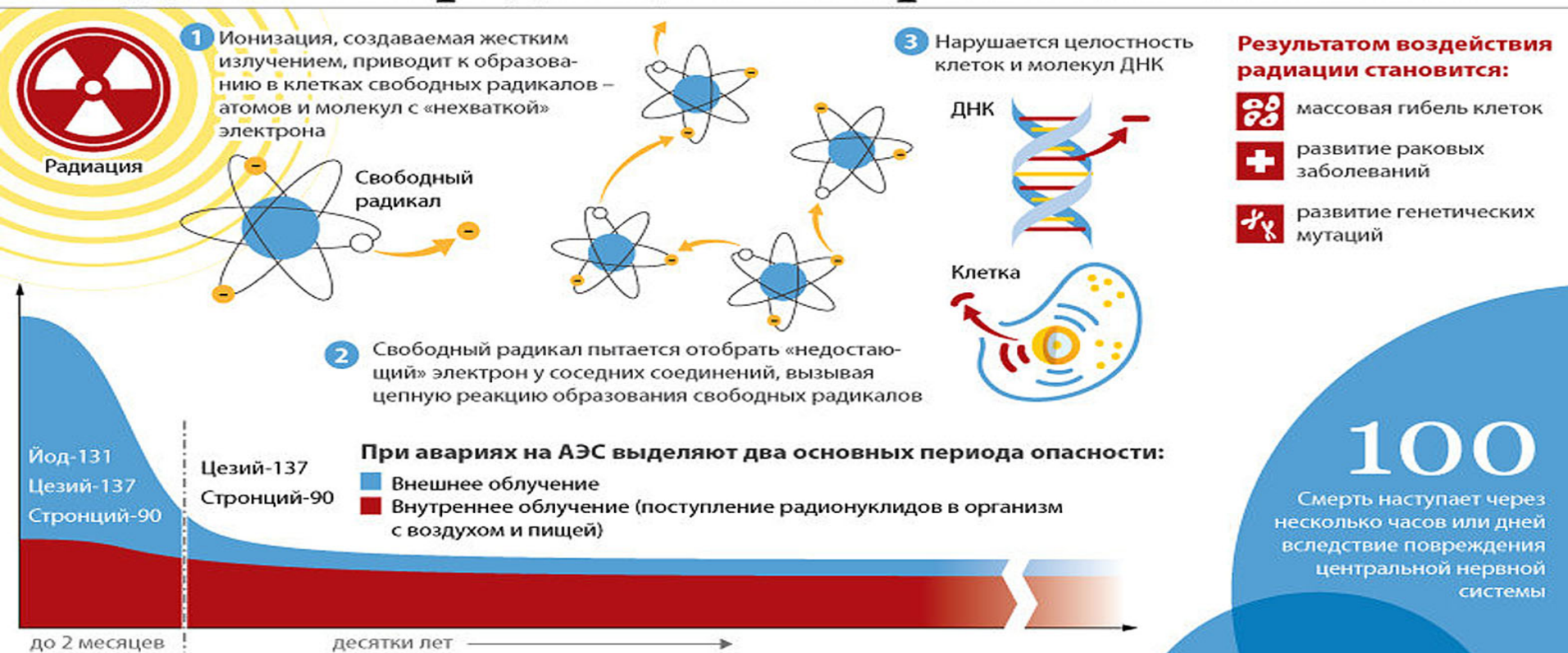
Биологические эффекты. Биохимические изменения могут произойти как через несколько секунд, так и через десятилетия после облучения и явиться причиной немедленной гибели клеток или таких изменений в них, которые могут привести к раку.

Воздействие на живые организмы



Воздействие на живые организмы

Воздействие радиации на организм человека



100

Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы

10-50

Смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений главным образом желудочно-кишечного тракта

* - Единица поглощенной дозы радиации – грэй (Гр)

Воздействие различных доз облучения

Доза, Гр*

0,0007-0,002

Доза, получаемая за год в нормальных условиях

0,05

Предельно допустимая доза профессионального облучения в год

0,1

Уровень удвоения вероятности генных мутаций

0,25

Однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах

1,0

Доза возникновения острой лучевой болезни

3-5

Без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга

Влияние на живые организмы

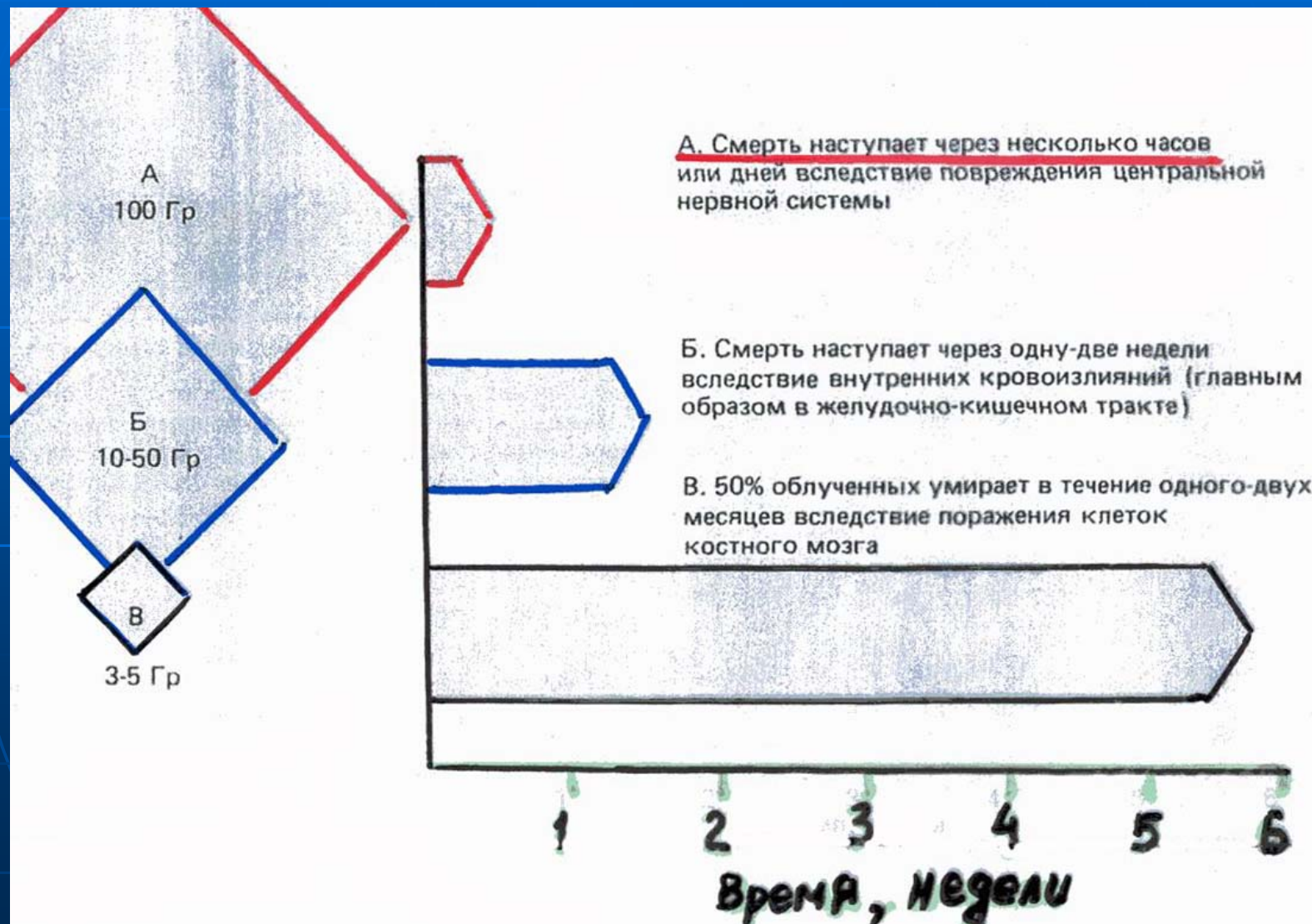
Единица экспозиционной дозы - Рентген (Р) соответствует $2.08 \cdot 10^9$ пар ионов ($2.08 \cdot 10^9 = 1/(4.8 \cdot 10^{-10})$). Если принять среднюю энергию образования 1 пары ионов в воздухе равной 33.85 эВ, то при экспозиционной дозе **1 Р** одному грамму воздуха передается энергия $0.113 / \text{возд} = 0.113 / 0.001293 = 87.3$ эрг. В одном килограмме воздуха выделится энергия 0.87×10^5 эрг, что соответствует 8.7×10^{-3} Дж/кг = **8.7×10^{-3} Гр.**

ПОГИБАЕТ 50% ОБЛУЧЕННЫХ В ТЕЧЕНИЕ 30 ДНЕЙ		
РЕНТГЕН		
1000-150 000	РАСТЕНИЯ	
100 000	АМЕБА	
20 000	УЛИТКА	
8000-20 000	ЗМЕИ	
1000-10 000	НАСЕКОМЫЕ	
800-2000	РЫБЫ, ПТИЦЫ	
600-1500	МЫШИ	
700-900	КРЫСЫ	

20-50 Гр

250-600	ОБЕЗЬЯНЫ	
400	3.5 Гр ЧЕЛОВЕК	
400	МОРСКАЯ СВИНКА	
250-400	СОБАКИ	
350	КОЗА	
300	ОСЕЛ	
200	ОВЦА	

Летальные дозы при облучении человека



Влияние на организм человека



ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

1.8 Гр

1 степень - менее 200 рентген

2 степень - 200-300 рентген

3 степень - 400-700 рентген

4 степень - более 700 рентген

6.3 Гр

ГРУППЫ КРИТИЧЕСКИХ ОРГАНОВ

- ☐ 1-я группа
- ☐ 2-я группа
- ☐ 3-я группа

Значения тканевых весовых множителей w_t для различных органов и тканей.

Ткань или орган	w_t	Ткань или орган	w_t
Половые железы	0.20	Печень	0.05
Красный костный мозг	0.12	Пищевод	0.05
Толстый кишечник	0.12	Щитовидная железа	0.05
Легкие	0.12	Кожа	0.01
Желудок	0.12	Поверхность костей	0.01
Мочевой пузырь	0.05	Остальные органы	0.05
Молочные железы	0.05		

Примеры проявления клинических эффектов в зависимости от дозы.

Значения имеют ориентировочный характер

Объект	Доза, Гр					
	0,15	0,5	1	2,5	4	10
Все тело			Легкая форма ЛБ		50%-ная смертность	100%-ная смертность
Костный мозг		Признаки временного угнетения				
Яичники		Риск обратимого нарушения функции и аменорреи		Порог постоянной стерильности	В большинстве аменоррея и у трети бесплодие	
Яички	Порог угнетения сперматогенеза				Обычно постоянная стерильность	
Хрусталик				Порог для катаракты		
Щитовидная железа			Порог гипотериоза у детей		Порог гипотериоза у взрослых	
Кожа					Порог для эритемы	
Головной мозг <i>in utero</i>	Порог для тяжелой умственной отсталости		Заметный риск тяжелой умственной отсталости			Риск атрофии коры

Составляющие радиационного фона

РАДИАЦИОННЫЙ ФОН

ЕСТЕСТВЕННЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН

КОСМИЧЕСКИЕ
ИЗЛУЧЕНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ

АНТРОПОГЕННЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ
ИЗМЕНЕННЫЙ
ЕСТЕСТВЕННЫЙ
РАДИАЦИОННЫЙ ФОН

ИСКУССТВЕННЫЙ
РАДИАЦИОННЫЙ ФОН

ГАЛАКТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ:
> ПЕРВИЧНОЕ
> ВТОРИЧНОЕ

РАДИОНУКЛИДЫ ЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

КОСМОГЕННЫЕ
РАДИОНУКЛИДЫ

ОБЪЕКТЫ АТОМНОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ И ЗАХОРОНЕНИЕ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

АВАРИИ НА ОБЪЕКТАХ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА
ЗЕМЛИ:
> ВНЕШНИЙ
> ВНУТРЕННИЙ

РАДИОНУКЛИДЫ
РАДИОАКТИВНЫХ СЕМЕЙСТВ

РАДИОНУКЛИДЫ СРЕДИНЫ
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
д.и. мЕНДЕЛЕЕВА

ДОБЫЧА И СЖИГАНИЕ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ,
ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА
ФОСФОРА И ЕГО
ПРОИЗВОДНЫХ

ДИСПАНСЕРНОЕ
НАБЛЮДЕНИЕ И
ЛЕЧЕНИЕ

СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ

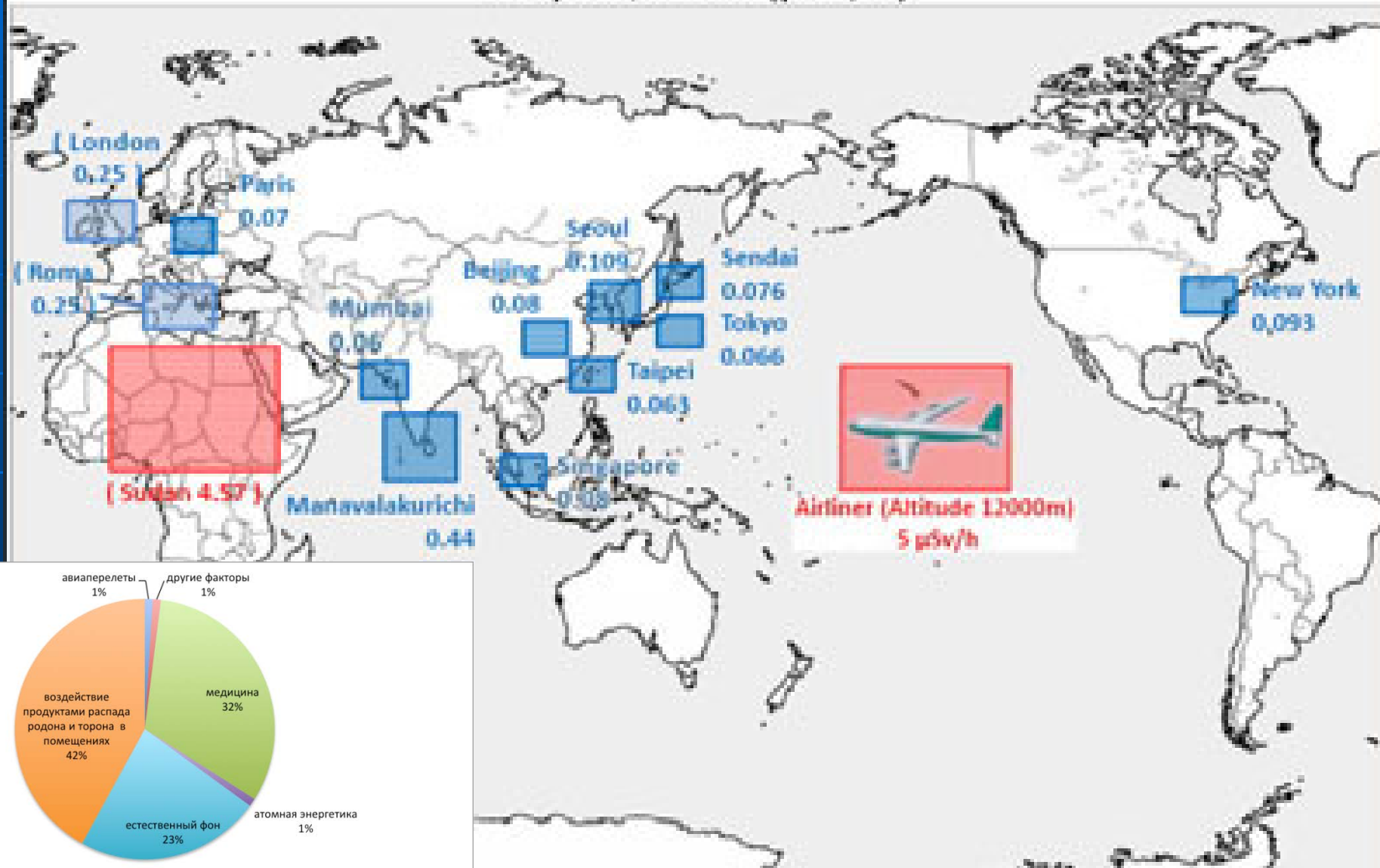
ПРОБЛЕМА
РАДОНА

БЫТОВЫЕ И
МЕДИЦИНСКИЕ
ИСТОЧНИКИ
ОБЛУЧЕНИЯ

Радиационный фон в разных городах

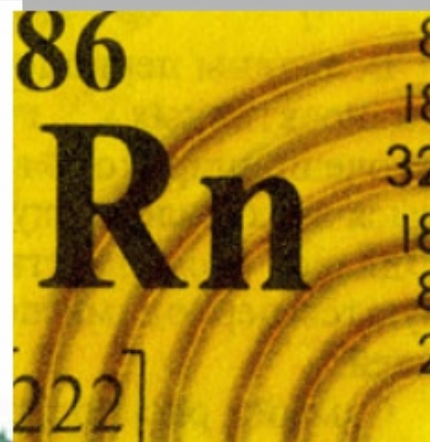
AMOUNT OF RADIATION AROUND THE WORLD

May 30, 2011 ($\mu\text{Sv/h}$)



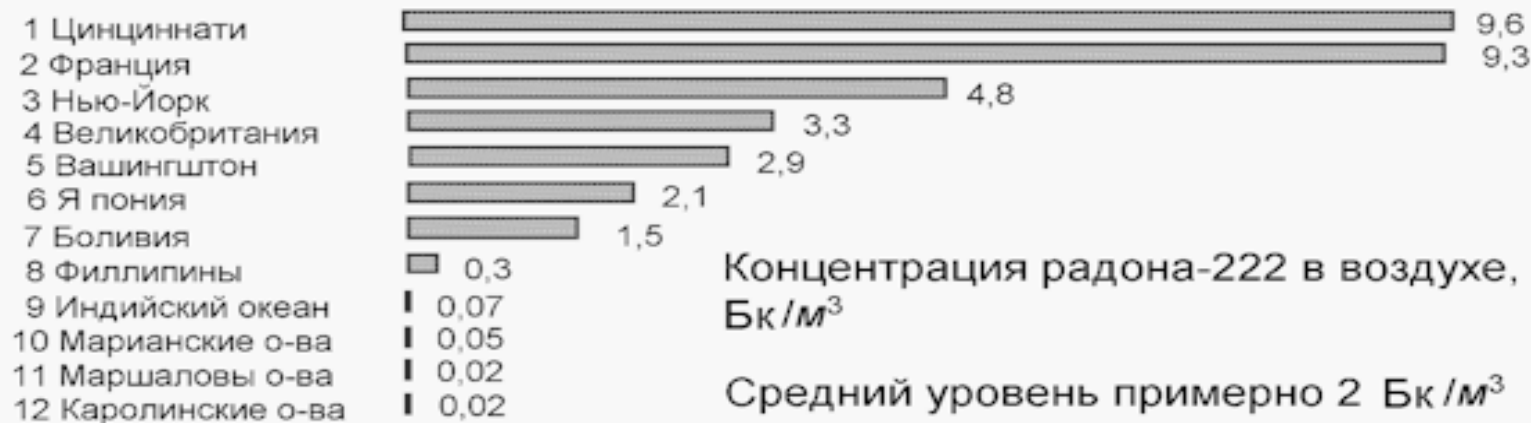
Составляющие радиационного фона

Естественный радиационный фон

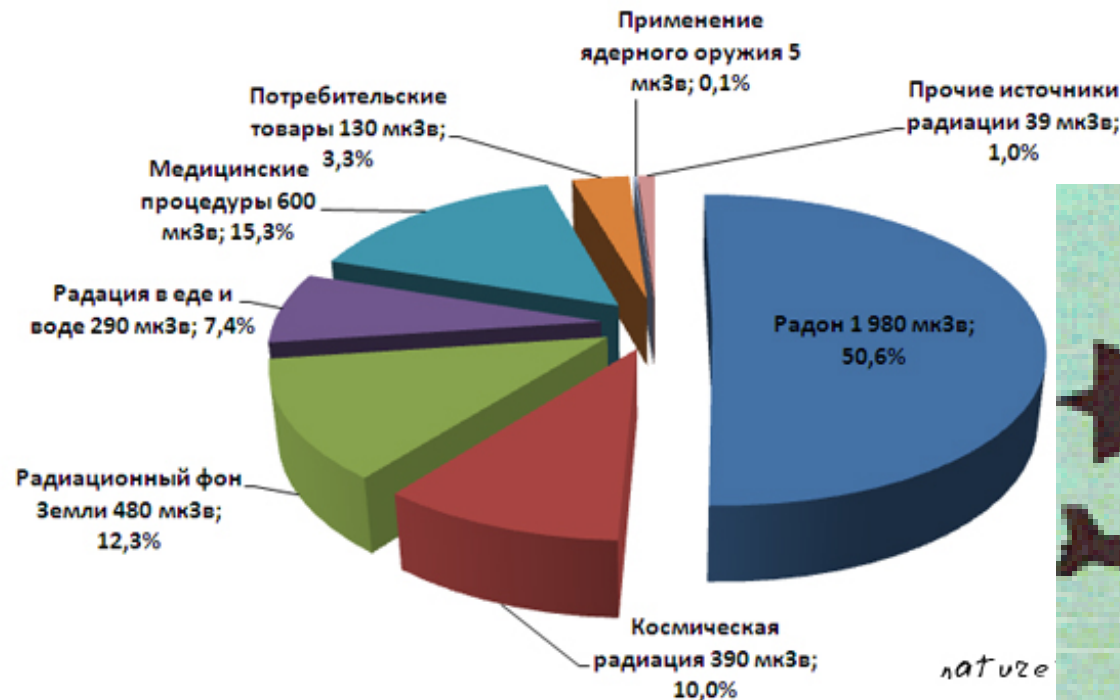


2 мЗв в год

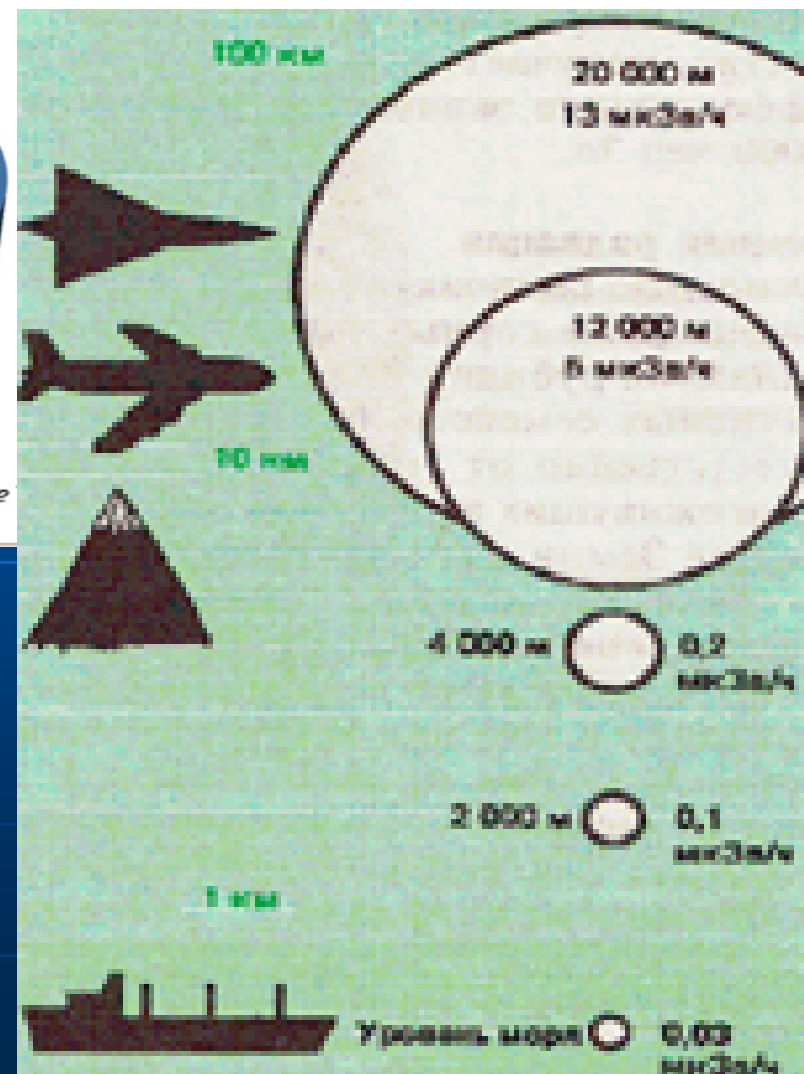
Радон как составляющая радиационного фона



Составляющие радиационного фона



Безопасным считается уровень радиации примерно до 0,5 мкЗв в час. Но люди могут без особого вреда своему здоровью переносить излучение в 10 мкЗв в час в течение нескольких часов. Поэтому полет на самолете, который дает дополнительно 5 мкЗв в час, не причиняет особого вреда человеку, однако больше 72 часов в месяц летать не рекомендуется. Поглощённая доза облучения, накапливаемая в организме в течение жизни, должна не превышать 100 000 - 700 000 мкЗв.



Возможные генетические болезни

Менделевские

1100 клинических
болезней

Для 767 генов

658 $\rightarrow$ 1 1 $\rightarrow$ 5

71 $\rightarrow$ 2 1 $\rightarrow$ 6

30 $\rightarrow$ 3 1 $\rightarrow$ 7

5 $\rightarrow$ 4

Хромосомные

Генетические болезни

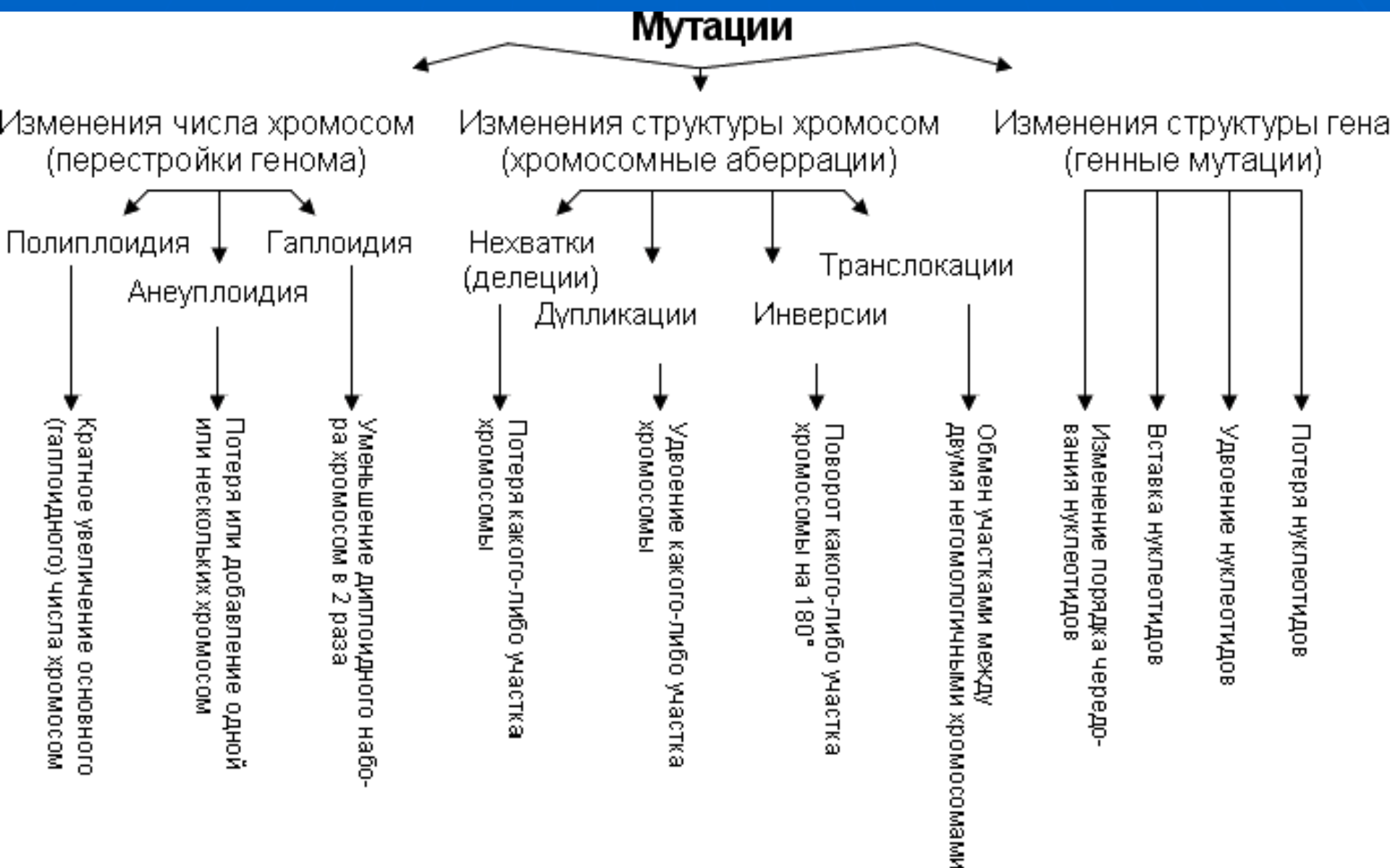
соматических клеток

Генетическая несовместимость

матери и плода

Мультифакториальные

Возможные варианты мутаций



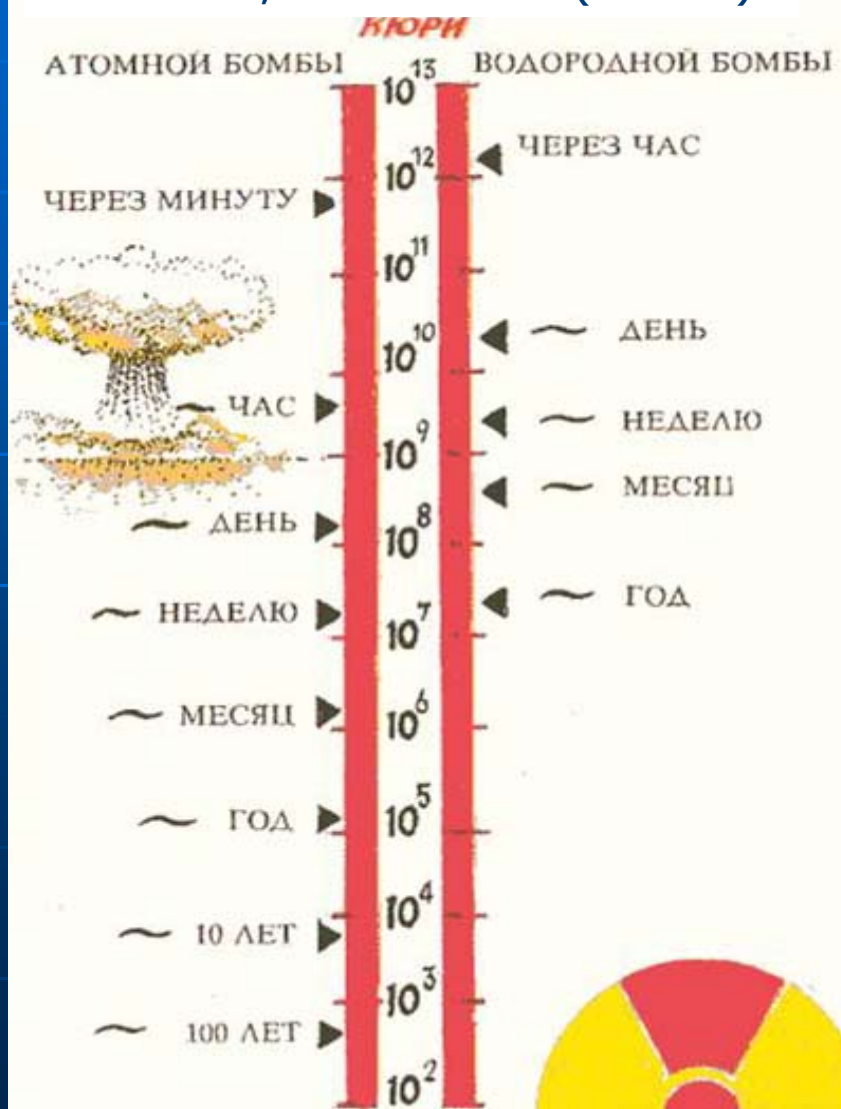
Возможные дозы облучения



Радиоактивные последствия от взрыва ядерных боеприпасов

Кюри (Ки) — внесистемная единица измерения активности, определяемая как радиоактивность вещества, в котором каждую секунду происходит $3,7 \cdot 10^{10}$ радиоактивных распадов. Таким образом: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ (точно) и $1 \text{ Бк} = 2,7027 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$. 1 кюри приблизительно равен радиоактивности 1 грамма изотопа радия ^{226}Ra .

$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ (точно)



Шкала уровней облучения человека

10 Зв - немедленная болезнь и последующую смерть в течение нескольких недель.

2 – 10 Зв - острая лучевая болезнь с вероятным фатальным исходом.

1 Зв - временное недомогание, но без смертельного исхода, риск появления раковых заболеваний многими годами позже.

0,32 Зв – средняя эффективная доза после аварии на ПО «Маяк» в 50-51 гг. По 28 тысячам человек. Свыше 1 Зв – 8%

Шкала уровней облучения человека

<0,1 Зв – 77% переживших бомбардировку в Японии

0,05 Зв/ год – самая низкая мощность дозы, при которой еще возможно появление раковых заболеваний.

0,05 Зв/ год – естественный фоновый уровень в четырех местах в Индии и Европе

0,02 Зв/ год - усредненный более чем 5 лет - предел для персонала в ядерной и горнодобывающих отраслях промышленности.

5 мЗв/ год – на большинстве загрязненной в результате аварии ЧАЭС территории

3 - 5 мЗв/ год - обычная мощность дозы, получаемая шахтерами, добывающими уран (10 мЗв/ год – максимальная для них доза).

1.0 – 3.5 мЗв/ год – естественный фоновый уровень радиации

0.3 – 0.6 мЗв/ год - типичный диапазон мощности дозы от искусственных источников излучения, главным образом медицинских.

0.05 мЗв/ год - уровень естественной фоновой радиации, требуемый по нормам безопасности, вблизи ядерных электростанций.

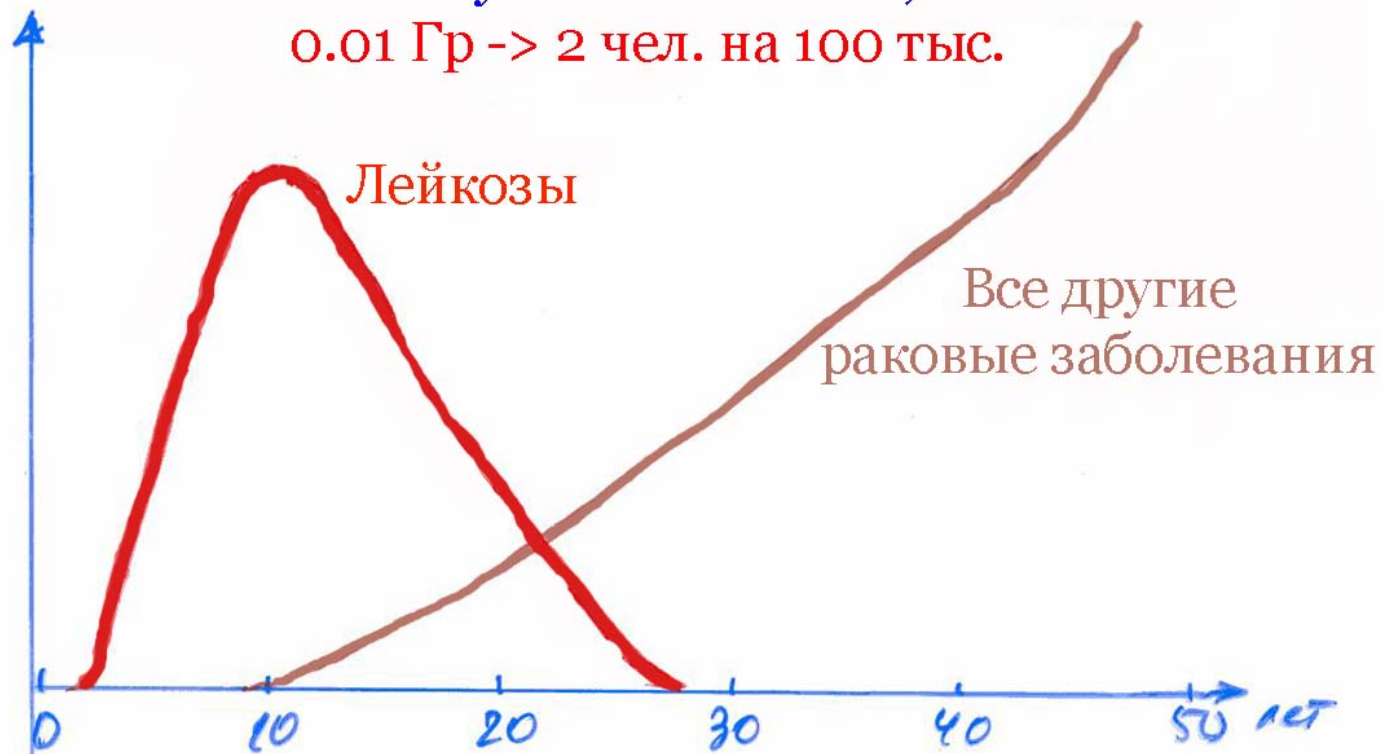
Вероятность заболевания раком при однократном облучении.

Известно, что

$$\underline{1 \text{ рад} \equiv 0.01 \text{ Гр}}$$

Если 1 Гр $\rightarrow$ 2 чел. из 1 тысячи умрут от лейкоза;
считается, что вероятность заболевания
пропорциональна дозе.

Поэтому можно считать, что
0.01 Гр $\rightarrow$ 2 чел. на 100 тыс.



Испытания ядерного оружия на Земном шаре

Годы	США	СССР	Ан глия	Фран ция	КНР	Сумма за год
1945	3	0	0	0	0	3
1946	2	0	0	0	0	2
1947	0	0	0	0	0	0
1948	3	0	0	0	0	3
1949	0	1	0	0	0	1
1950	0	0	0	0	0	0
1951	16	2	0	0	0	18
1952	10	0	1	0	0	11
1953	11	4	2	0	0	17
1954	6	7	0	0	0	13
1955	18	5	0	0	0	23
1956	18	9	6	0	0	33
1957	32	15	7	0	0	54
1958	77	28	5	0	0	111
1959	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	3	0	3
1961	10	50	0	2	0	62
1962	96	44	2	1	0	143
1963	44	0	0	3	0	47
1964	38	6	1	3	1	49
1965	36	9	1	4	1	51

Испытания ядерного оружия на Земном шаре

1965	36	9	1	4	1	51
1966	43	15	0	7	3	68
1967	34	17	0	3	2	56
1968	45	13	0	5	1	64
1969	38	16	0	0	2	58
1970	35	17	0	8	1	61
1971	17	19	0	6	1	43
1972	18	22	0	3	2	45
1973	16	14	0	5	1	36
1974	14	18	1	8	1	42
1975	20	15	0	2	1	38
1976	18	17	1	4	4	44
1977	19	18	0	6	1	44
1978	17	27	2	8	3	57
1979	15	29	1	9	1	5
1980	14	21	3	13	1	52
1981	16	22	1	12	0	51
1982	18	31	1	6	1	57
1983	17	27	1	9	2	56
1984	17	29	2	8	2	58
1985	17	9	1	8	0	35
1986	14	0	1	8	0	23
1987	14	23	1	8	1	47
1988	14	17	0	8	1	40
1989	11	7	1	8	0	27

Наземные испытания ядерных зарядов различной мощности

20 км



22

килотонны — тротиловый эквивалент мощности первого заряда

РДС-1

для советской атомной бомбы.
Взорван 29 августа 1949 г.
на Семипалатинском полигоне

11 км — высота полёта пассажирского самолёта



8 км



15

килотонн — мощность американской бомбы

LITTLE BOY

сброшена на Хиросиму
6 августа 1945 г.

3 км



0,9

килотонны —
мощность бомбы,
взорванной 9 октября
2006 г. в КНДР



Нагретый взрывом воздух поднимается вверх, закручивается в кольцеобразный вихрь и тянет за собой «ножку» ядерного гриба — столб пыли и дыма с поверхности земли. По краям вихря воздух охлаждается, становясь похожим на обычное облако

Подземные испытания ядерного оружия

При выборе места для испытаний учитываются следующие факторы:

1. Расстояние до населенных пунктов.
2. Наличие водоносных слоев и подземных рек.
3. Геологический состав и структура горных пород.
4. Глубина бурения, необходимая для закладки заряда.

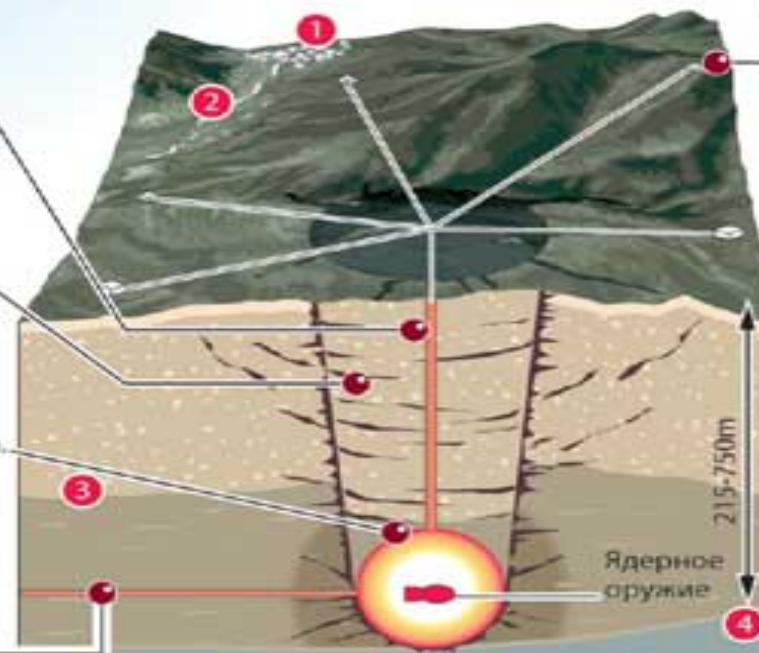
Вертикальная скважина: 1—3 метра в диаметре — ее сооружение требует наличия специальной буровой платформы и оборудования. После заложения заряда герметизируется, чтобы не допустить утечки радиации.

Воронка: во время взрыва происходит обрушение пород в эпицентр взрыва, что приводит к появлению кратера на поверхности земли.

Полость: испаряющиеся скальные породы оставляют после себя полость, размер которой зависит от величины заряда — скажем, бомба мощностью в одну килотонну создает пещеру радиусом 12м.

Горизонтальный штрек: необходим для контроля за эффективностью взрыва, например для отслеживания изменений температуры и уровня радиации в ходе испытаний.

Вспомогательные постройки: должны быть расположены по крайней мере в 2 км от места взрыва. С шахтой соединены кабелями, позволяющими следить за ходом испытаний и их последствиями.

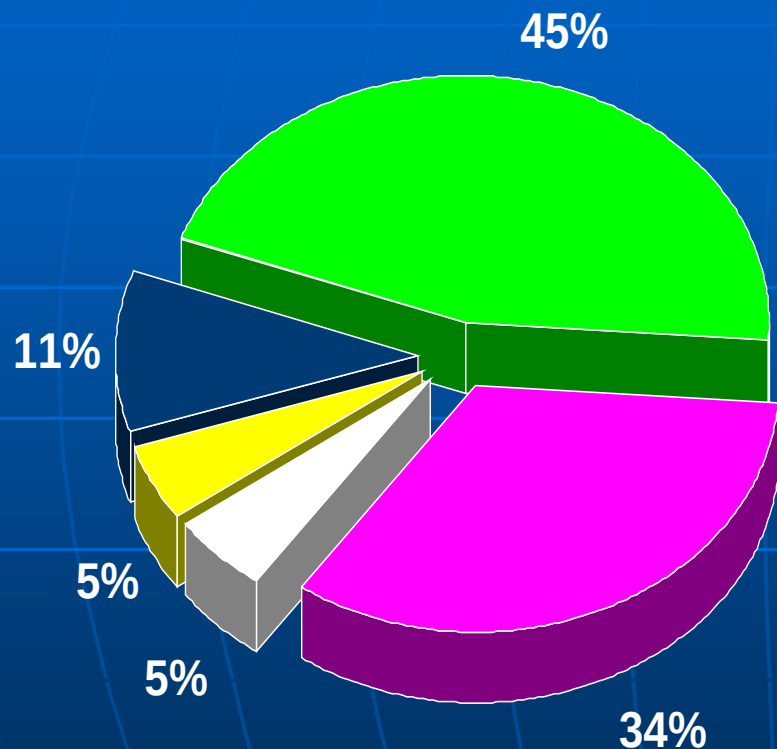


Испытания ядерного оружия на Земном шаре

- **Атмосферные ядерные испытания США** — испытания ядерного оружия, проводимые **США** с 1945 г. по 1962 г. По официальным данным, США провели 1054 ядерных испытания (как минимум 1151 устройств, 331 наземное испытание), в основном на полигоне в штате Невада и на Pacific Proving Grounds на Маршалловых островах, ещё 10 испытаний проводились в разных местах на территории США, в том числе на Аляске, в Колорадо, Миссисипи и Нью-Мексико (см. [1]). С июля 1962 года, все ядерные испытания, проводимые в Соединенных Штатах были подземными, и большинство из них были на полигоне в Неваде.

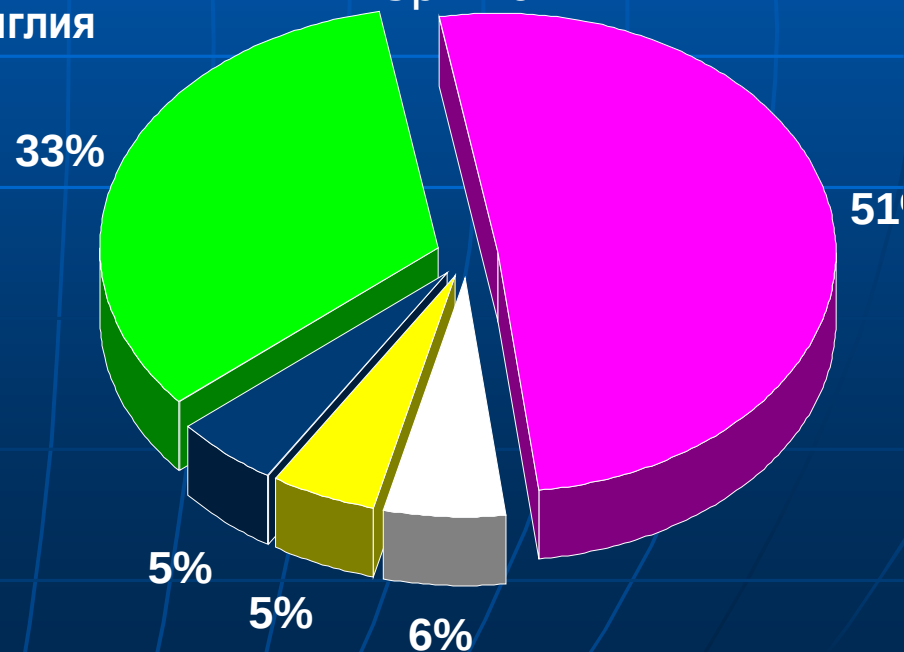
Вклад различных стран в объем ядерных испытаний

Число взрывов



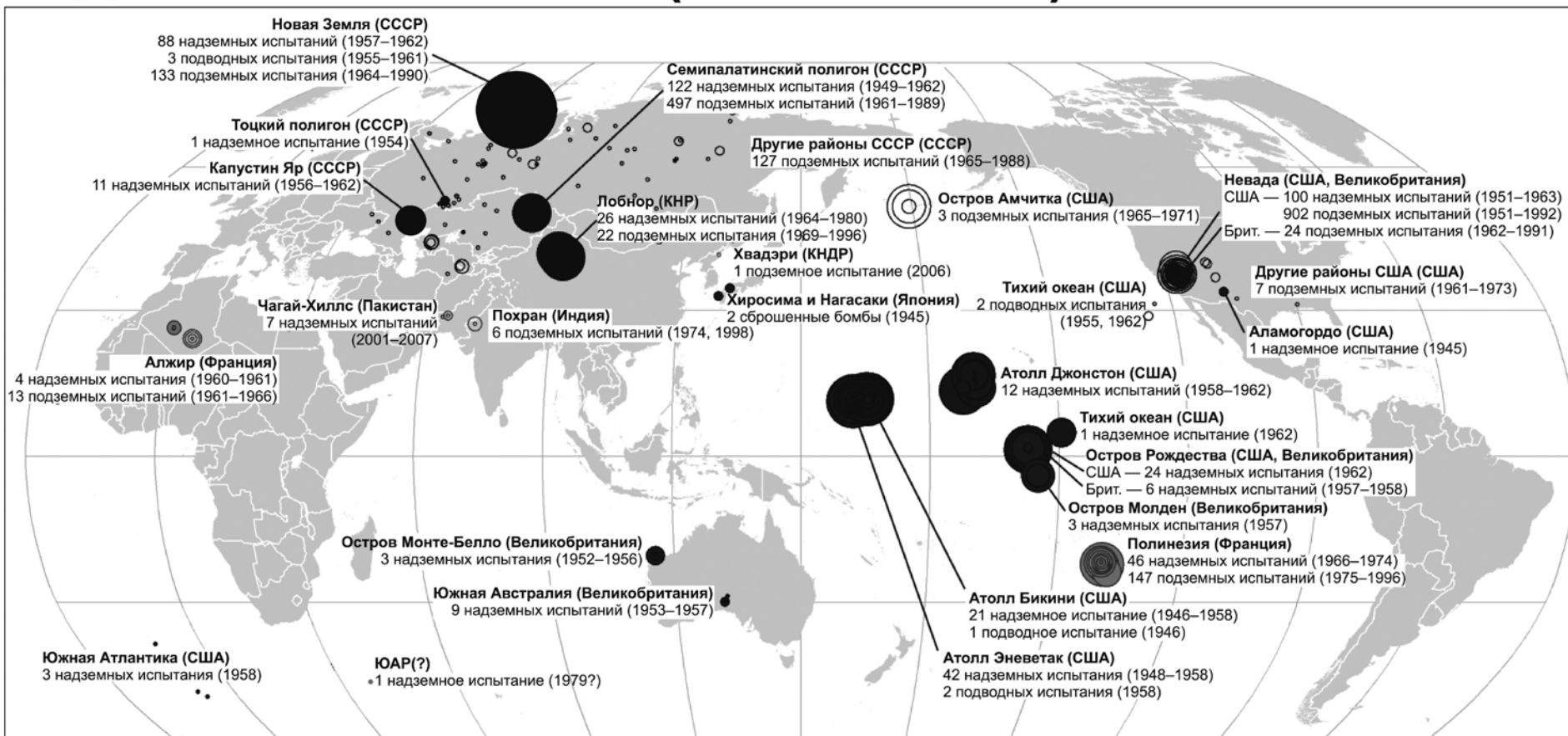
- США
- СССР
- Китай
- Франция
- Англия

Суммарная мощность взрывов



Вклад различных стран в объем испытаний ядерных зарядов

ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ (1945 — 2008)



Мощность ядерных взрывов,
килотонн тротилового эквивалента



Год первого взрыва
Всего взрывов
Из них:
надземных
подземных
подводных

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

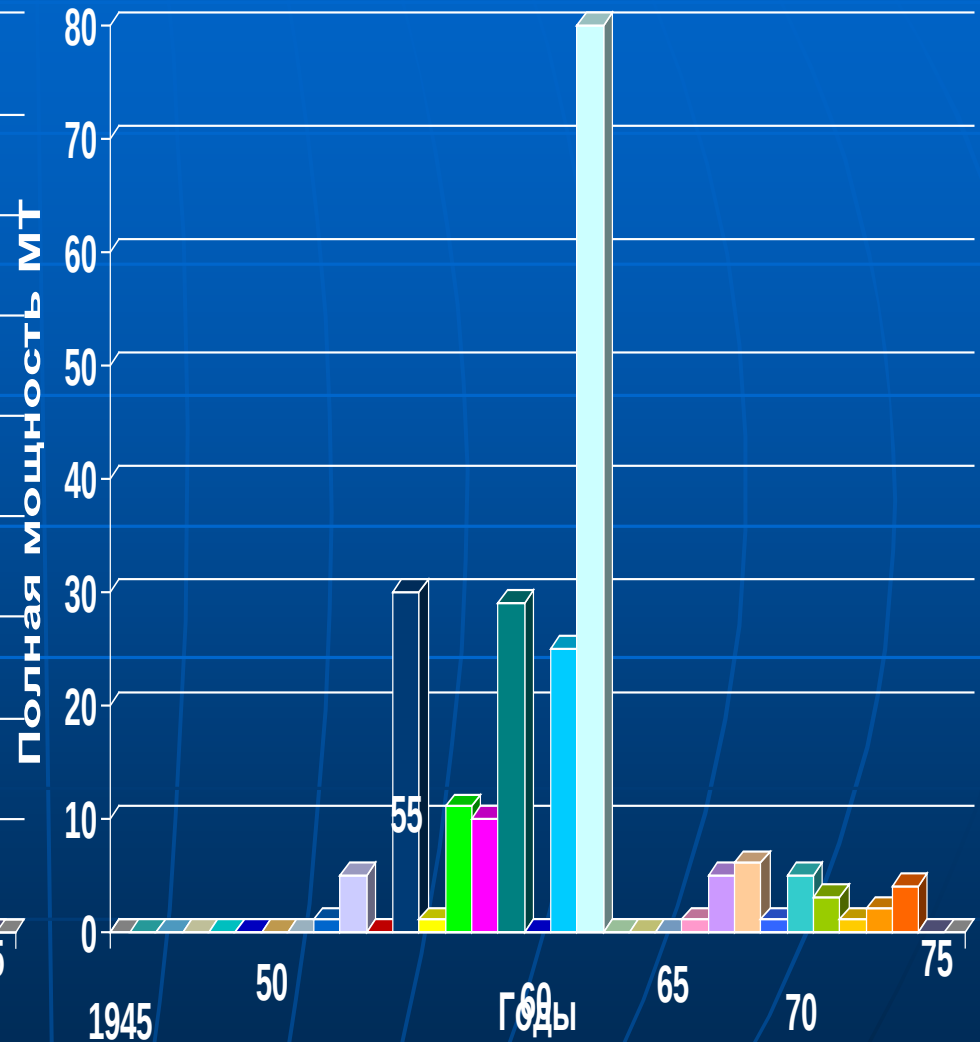
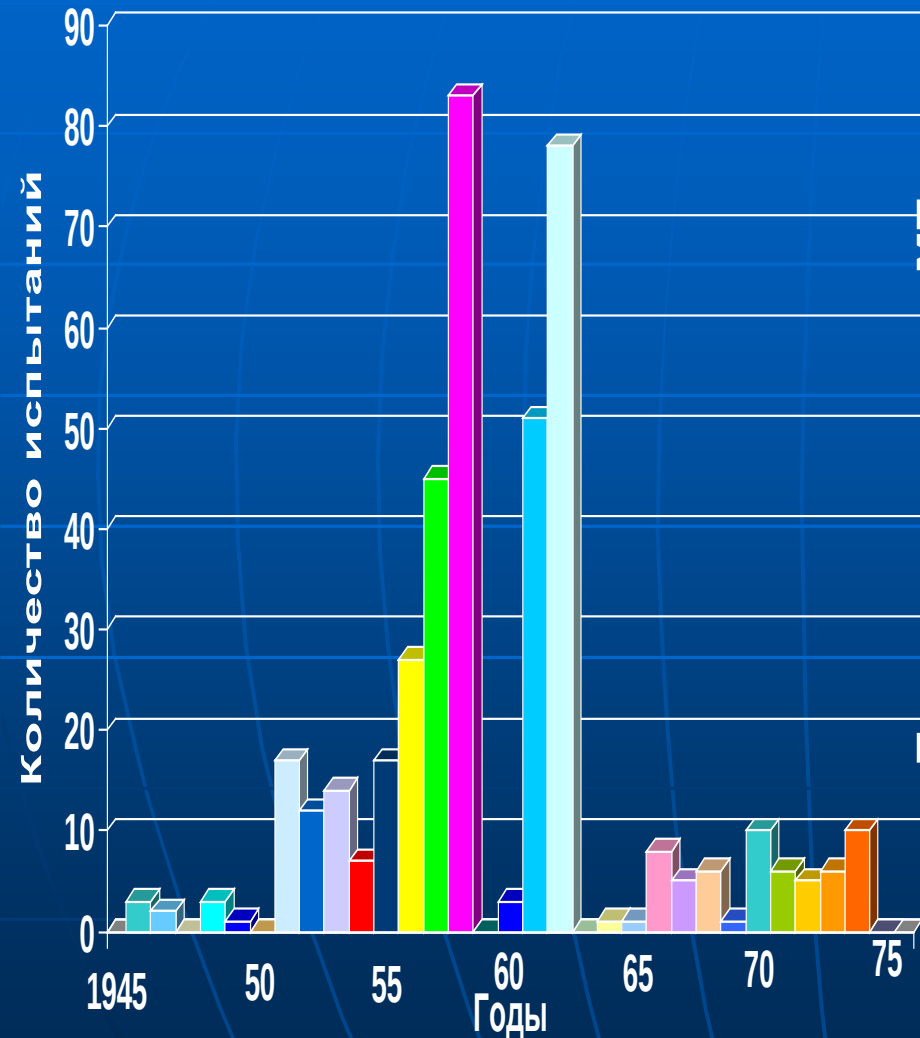
	США	СССР	Великобритания	Франция	КНР	Индия	Пакистан	КНДР	ЮАР(?)
Год первого взрыва	1945	1949	1952	1960	1964	1974	1998	2006	1979(?)
Всего взрывов	1123	982	45	210	48	6	7	1	1(?)
Из них:									
надземных	206	223	21	50	22				1(?)
подземных	912	756	24	160	26	6	7	1	
подводных	5	3							

Выход продуктов деления при ядерном взрыве

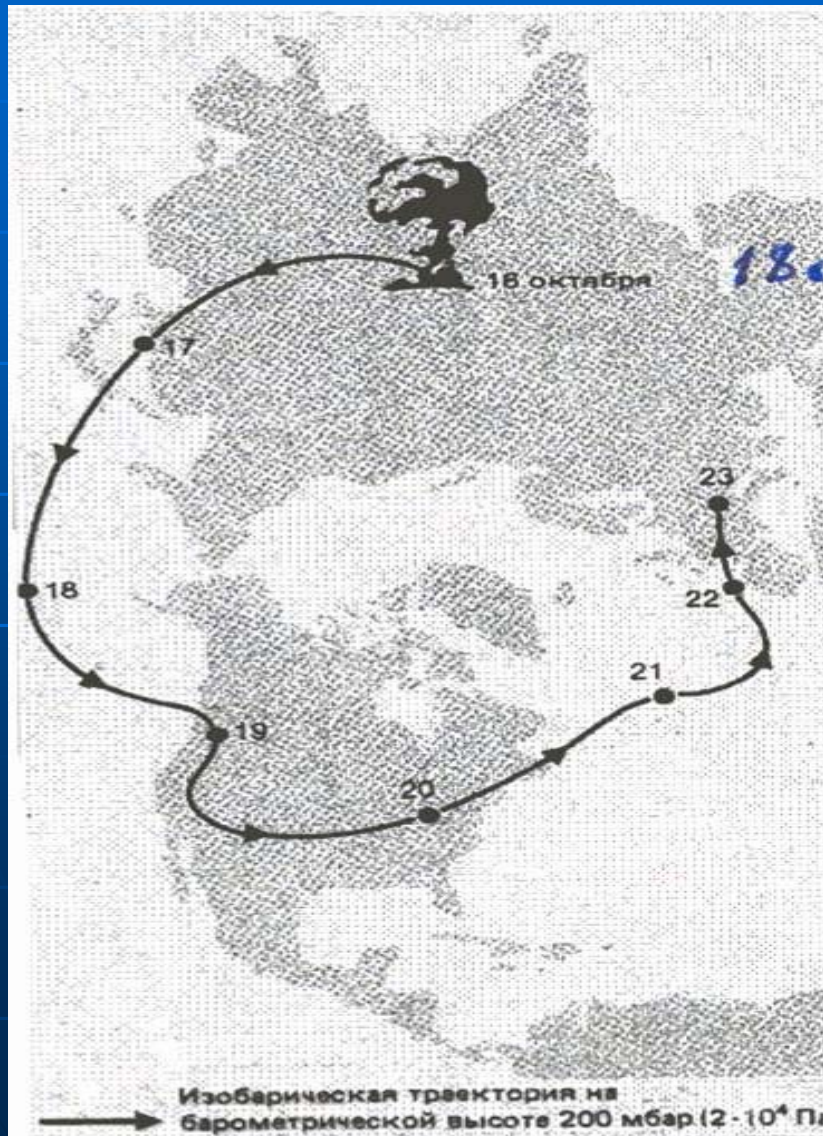
Выход некоторых продуктов деления при ядерном взрыве.

Элемент	Заряд	Период полураспада	Выход на одно деление, %	Активность на 1 Мт, (10^{15} Бк)
Стронций-89	38	50.5 сут	2.56	590
Стронций-90	38	28.6 лет	3.5	3.9
Цирконий-95	40	64 сут	5.07	920
Рутений-103	44	39.5 сут	5.2	1500
Рутений-106	44	368 сут	2.44	78
Иод-131	53	8 сут	2.90	4200
Цезий-136	55	13.2 сут	0.036	32
Цезий-137	55	30.2 лет	5.57	5.9
Барий-140	56	12.8 сут	5.18	4700
Церий-141	58	32.5 сут	4.58	1600
Церий-144	58	284 сут	4.69	190
Водород-3	1	12.3 лет	0.01	$2.6 \cdot 10^{-2}$

Объем ядерных испытаний



Пример движения радиоактивного облака после ядерного взрыва

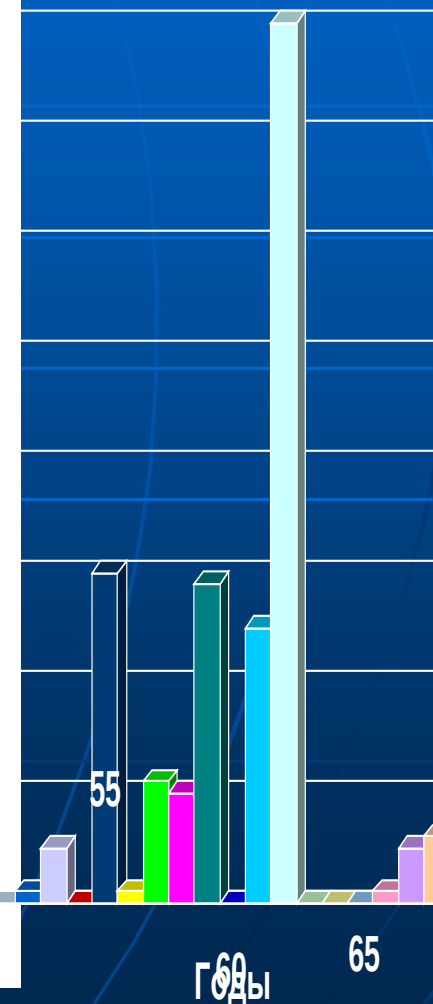
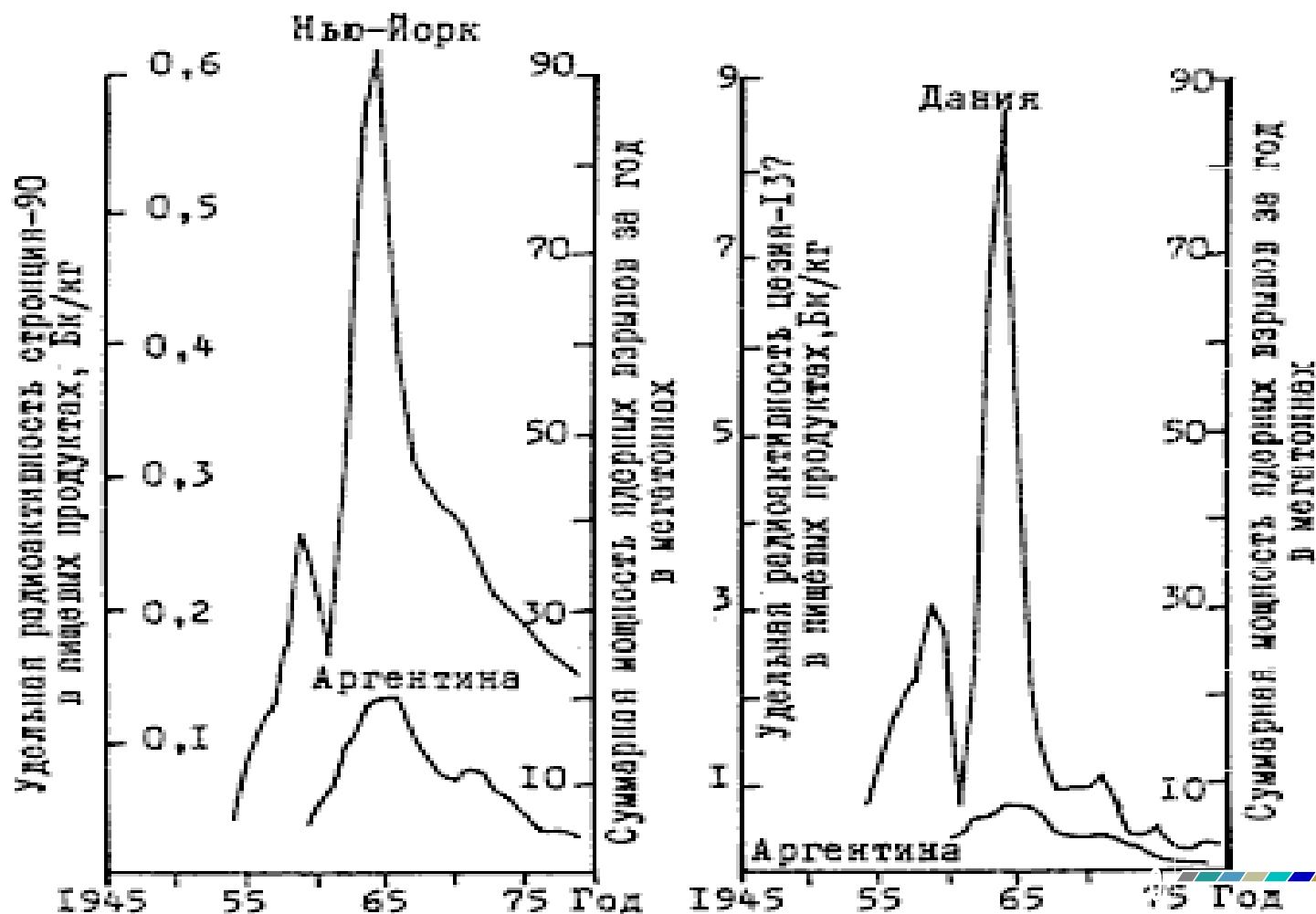


Траектория движения радиоактивных продуктов после взрыва

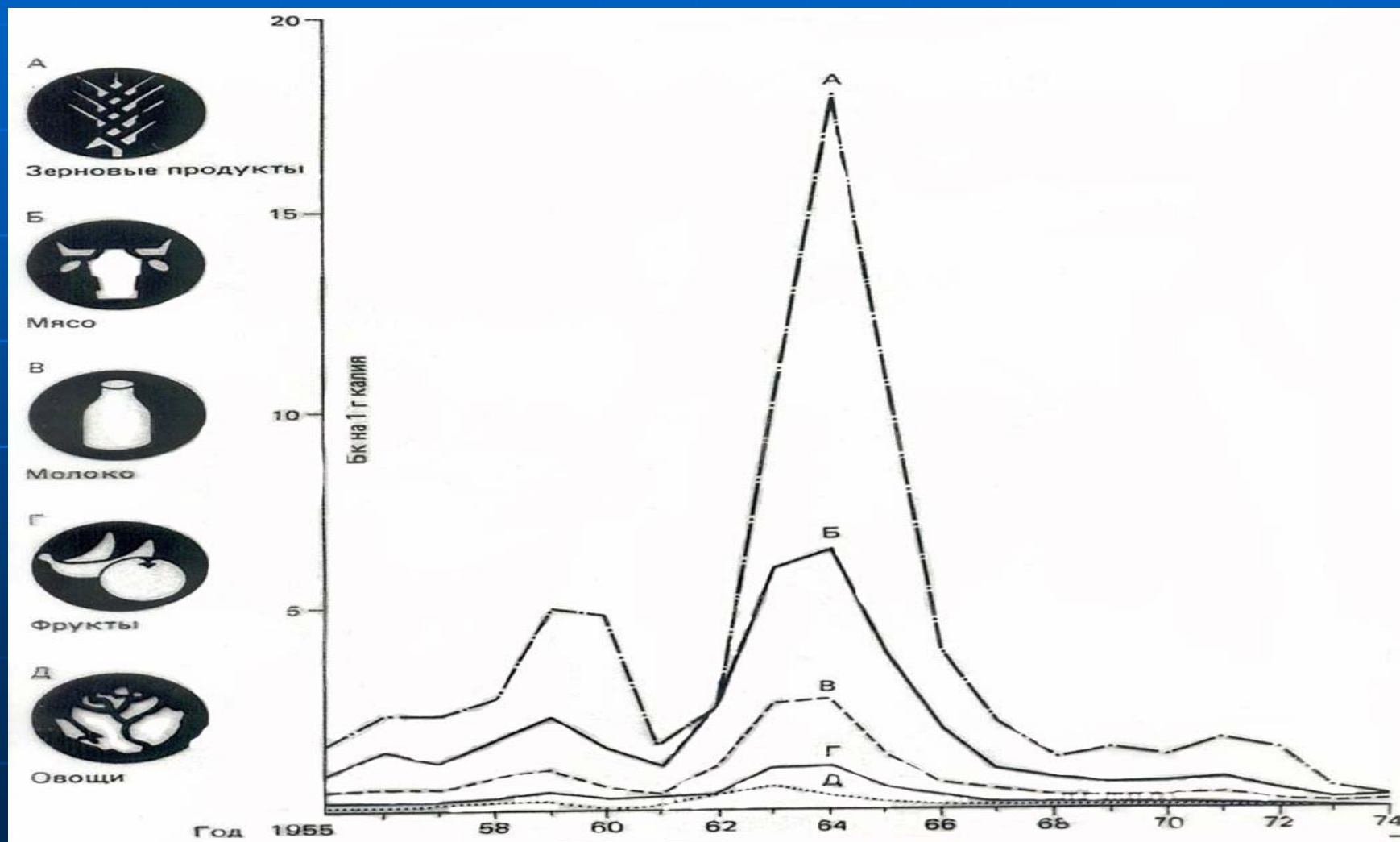
В тропосфере около месяца

В стратосфере многие месяцы

Заражение продуктов питания стронцием и цезием Cs-137



Различие в заражении цезием Cs-137 разных продуктов питания в Европе



Последствия от испытаний зарядов

Дозы облучения населения от глобальных выпадений в год.

Зона	Индивидуальная ожидаемая доза, мЗв	Вклады отдельных видов облучения, %		
		внешнее	пища	воздух
Умеренный пояс Северного полушария	4.5	24	71	5
Умеренный пояс Южного полушария	3.1	8	90	2
Весь земной шар	3.8	18	79	3

суммарная ожидаемая коллективная эффективная доза от всех испытаний, произведенных к настоящему времени, составит в будущем около $3 \cdot 10^7$ чел-Зв. К 1980г. человечество получило лишь 12% этой дозы. Из этой суммарной дозы основной вклад дадут следующие радионуклиды:

^{14}C	$T_{1/2} = 5730$ лет	69% общей дозы;
^{137}Cs	$T_{1/2} = 30$ лет	14%;
^{95}Zr	$T_{1/2} = 65$ дней	5.3%;
^{90}Sr	$T_{1/2} = 28$ лет	3.2%;
^{106}Ru	$T_{1/2} = 373$ дня	2.2%;
^{144}Ce	$T_{1/2} = 285$ дней	1.4%;
^3H	$T_{1/2} = 12$ лет	1.2%;
^{131}I	$T_{1/2} = 8$ дней	0.9%;

Примеры радиационных загрязнений

Добыча щёлочноземельных металлов | Карунагаппалли (Karunagappally), Индия.

Здесь добываются редкоземельные металлы. Минерал монацит, из-за эрозии превратился в пляжный песок и аллювиальные отложения. Благодаря этому, радиация в некоторых местах на пляже достигает до 70 мГр/год.

ФортД'Обервильер (Fortd'Aubervilliers) | Париж, Франция. Тесты на радиоактивное излучение обнаружили довольно сильную радиацию в Форте Д'Обервильер. В 61-ом из хранящихся там баков были обнаружены цезий-137 и радий-226. Кроме того, 60 кубических метров его территории также оказались загрязнёнными радиацией.

Завод по переработке металлолома Ачеринокс (AcerinoxScrapMetalProcessingPlant) | Лос-Барриос (LosBarrios), Испания. Источник цезия-137 оказался незамеченным контрольно-измерительными устройствами на свалке металлолома и при его расплавлении произошёл выброс радиоактивного облака с уровнями радиации, превышающими нормальные в 1000 раз. Загрязнение зарегистрировано в Германии, Франции, Италии, Швейцарии и Австрии.

Полевая лаборатория НАСА Санта Сусанна (NASA SantaSusanaFieldLaboratory) | Сими-Валли (SimiValley), штат Калифорния. За многие годы неполадки выявлялись приблизительно на десяти ядерных реакторах малой мощности с возникновением нескольких пожаров с участием радиоактивных металлов. На данный момент на этом сильно загрязнённом месте проводятся операции по очистке.

Квартира | Краматорск, Украина

В 1989 году небольшая капсула, содержащая высокорadioактивный цезий-137, была обнаружена внутри бетонной стены жилого дома в Краматорске, Украина. Из этой капсулы шло гамма-излучение с мощностью дозы 1800 Р/год. В результате пострадало более 20 человек.

Радиационные загрязнения на территории РФ

18. Радиационное загрязнение



Масштабы варьирования мощности ядерных зарядов в различных боеприпасах

Самая маленькая ядерная бомба



Атомная бомба W54, которая производилась в 1961-1971 годах в США и Европе, является самым маленьким из когда-либо произведенных ядерных зарядов. Радиус ее действия был 4 км, вес – 34,47 кг. Диаметр бомбы в самом широком месте составлял всего 27 см.

В 1953 г. в СССР прошли испытания водородной, или термоядерной, бомбы. Мощность нового оружия в 20 раз превышала мощность бомбы, сброшенной на Хиросиму, хотя размерами они были одинаковыми.

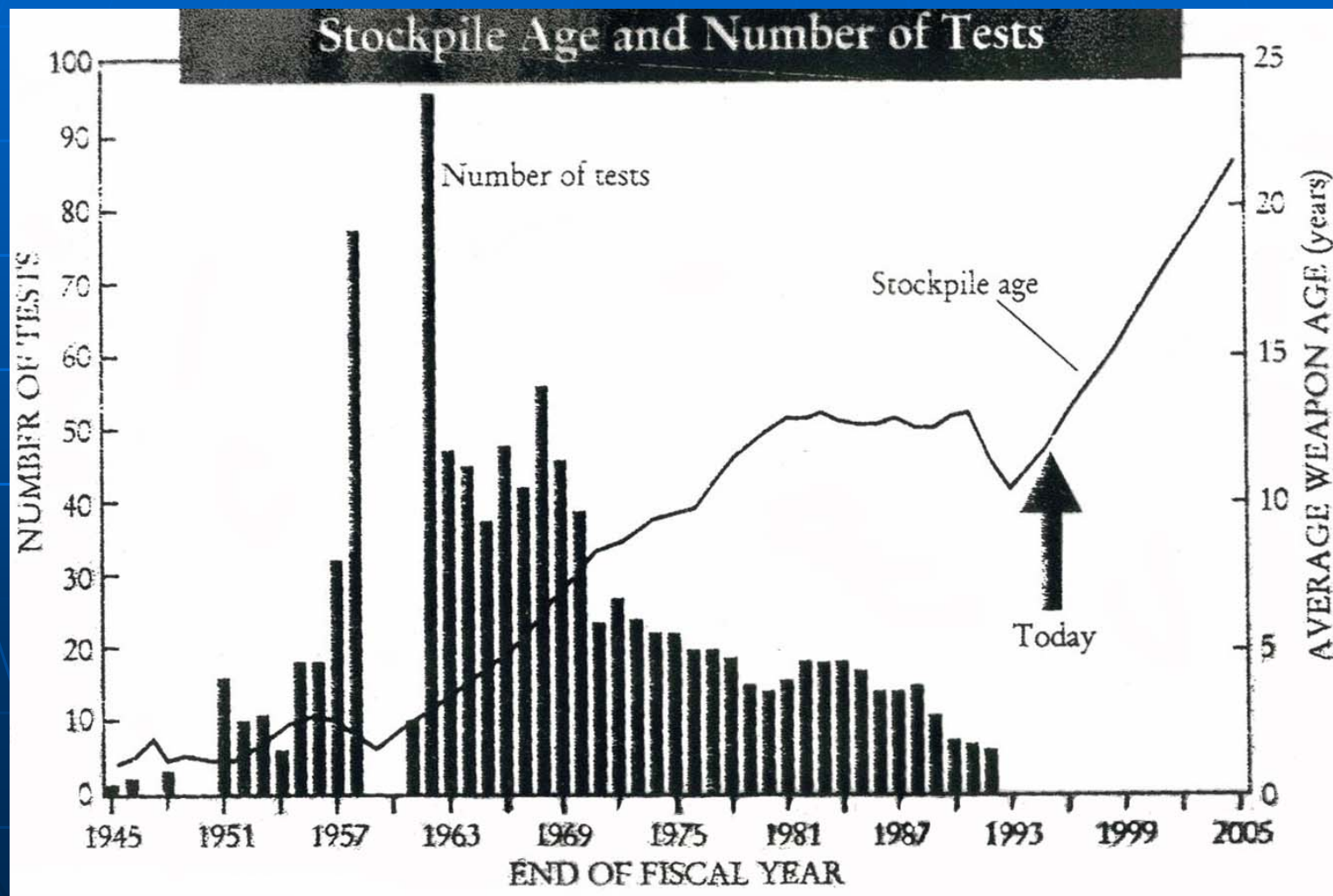


В Советском Союзе ядерным оружием занималась группа ученых под руководством Игоря Васильевича Курчатова (1902 или 1903-1960 гг.).

Царь-Бомба 60 мегатонн



Число испытаний ядерного оружия в различные годы и средний возраст боеприпасов



Контрольные вопросы

- Какое значение имеет относительное число нейтронов в ядрах тяжелых элементов?
- Какое значение имеет период полураспада изотоп уран-235 (годы)?
- Какое значение имеет период полураспада изотоп уран-238 (годы)?
- Какое значение имеет период полураспада изотоп торий-232?
- При какой дозе однократного облучения гамма-квантами погибает 50% облученных в течение одного месяца после облучения?
- Какую дозу облучения получают в среднем за год обитатели планеты Земля?
- При какой дозе однократного облучения гамма-квантами человек погибает в течение одной-двух недель вследствие внутренних кровоизлияний?

Контрольные вопросы

- Типичный уровень мощности дозы радиоактивного облучения, получаемого шахтерами в урановых шахтах (Зв за год)?
- При какой дозе однократного облучения гамма-квантами 2 человека из тысячи облученных умрет из-за заболевания лейкозом?
- При какой дозе однократного облучения гамма-квантами головного мозга имеется заметный риск умственной отсталости?
- Какая доза однократного облучения гамма-квантами считается порогом наступления у женщин постоянной стерильности?
- В каком году США провели наибольшее число испытаний ядерного оружия?

Контрольные вопросы

- Какой максимальный уровень суммарной мощности взрыва за год (в тротиловом эквиваленте) был достигнут в ходе испытаний ядерного оружия?
- С какого года прекращены испытания ядерного оружия на Земном шаре?
- В каком году наблюдался в северном полушарии максимум в радиоактивном загрязнении продуктов питания из-за испытания ядерного оружия?

Спасибо за внимание