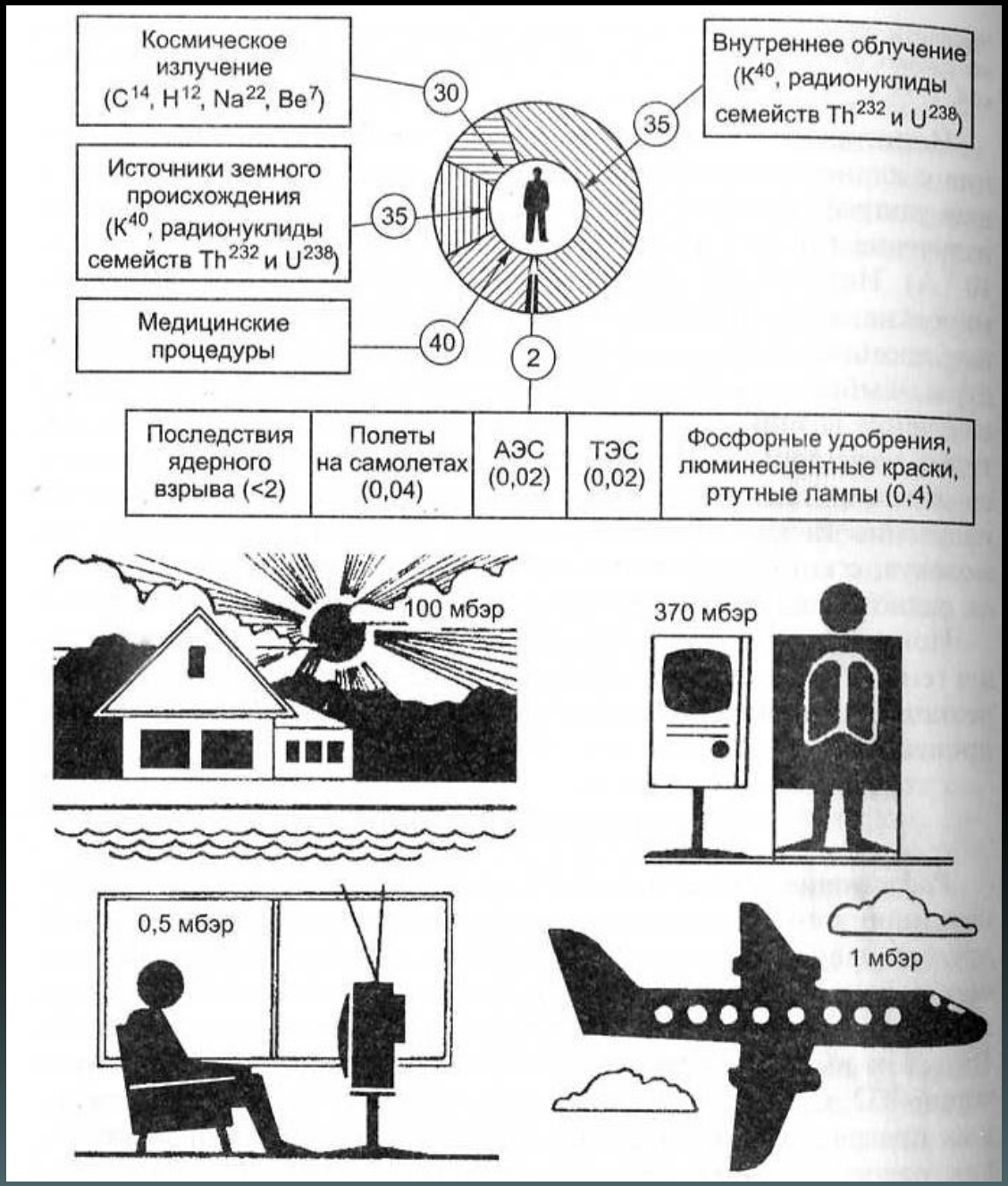
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ.

ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ
Низкочастотные волны
Радиоволны
Микроволны
Инфракрасные волны (ИК)
Видимый спектр
Ультрафиолетовые волны (УФ)
Рентгеновские лучи
Гамма-лучи
Диапазон волн, м
10^{8} 10^{6} 10^{4} 10^{2} 10^{0} 10^{-2} 10^{-4} 10^{-6} 10^{-8} 10^{-10} 10^{-12} 10^{-14}
Диапазон волн, Гц
$3 \cdot 10^{1}$ $3 \cdot 10^{3}$ $3 \cdot 10^{5}$ 10^{7} 10^{9} 10^{11} 10^{13} 10^{15} 10^{17} 10^{19} 10^{21} 10^{23}
«Звуковые» частоты
Высокие частоты (ВЧ)
Сверх-высокие частоты (СВЧ)
Гипервысокие частоты


Космическое излучение (C^{14}, H^{12}, Na^{22}, Be^{7})
30
Источники земного происхождения (K^{40}, радионуклиды семейств Th^{232} и U^{238})
35
Медицинские процедуры
40
35
Внутреннее облучение (K^{40}, радионуклиды семейств Th^{232} и U^{238})
2
Последствия ядерного взрыва (<2)
Полеты на самолетах (0,04)
АЭС (0,02)
ТЭС (0,02)
Фосфорные удобрения, люминесцентные краски, ртутные лампы (0,4)
100 мбэр
370 мбэр
0,5 мбэр
1 мбэр

Уран-238
4,47 млрд лет
Торий-234
24,1 сут
Протактиний-234
1,17 мин
Уран-234
245 000 лет
Торий-230
8000 лет
Радий-226
Радий-226
1600 лет
Радон-222
3,823 сут
Полоний-218
3,05 мин
Свинец-214
26,8 мин
Висмут-214
19,7 мин
Полоний-214
Полоний-214
0,000164 с
Свинец-210
22,3 года
Висмут-210
5,01 сут
Полоний-210
138,4 сут
Свинец-206
стабильный

Основные свойства α-, β- и γ-излучений естественных радиоактивных веществ
(*Сивинцев*, 1988)

Излучение	Природа	Ионизирующая способность	Проникающая способность
α	Ион He^{++}	Очень высокая	Низкая: 0,1 мм воды, лист бумаги
β	Электрон	Высокая	Высокая: до 0,5 мм алюминия
γ	Электромагнитное излучение	Низкая	Очень высокая: до нескольких сантиметров свинца

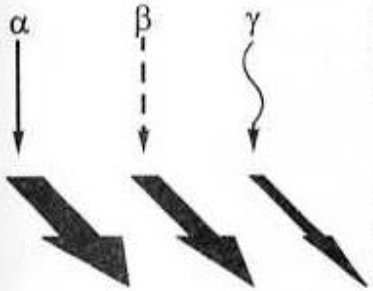
Некоторые радиоактивные изотопы, изначально присутствовавшие на Земле
(http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_6.htm, с изменениями)

Радионуклид	Весовое содержание в земной коре	Период полураспада, лет	Тип распада
Уран-238	$3 \cdot 10^{-6}$	$4{,}5 \cdot 10^{9}$	α-распад
Торий-232	$8 \cdot 10^{-6}$	$1{,}4 \cdot 10^{10}$	α-распад, γ-излучение
Калий-40	$3 \cdot 10^{-16}$	$1{,}3 \cdot 10^{9}$	β-распад, γ-излучение
Ванадий-50	$4{,}5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{14}$	γ-излучение
Рубидий-87	$8{,}4 \cdot 10^{-5}$	$4{,}7 \cdot 10^{10}$	β-распад
Индий-115	$1 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{14}$	β-распад
Лантан-138	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$	$1{,}1 \cdot 10^{11}$	β-распад, γ-излучение
Самарий-147	$1{,}2 \cdot 10^{-6}$	$1{,}2 \cdot 10^{11}$	α-распад
Лютеций-176	$3 \cdot 10^{-8}$	$2{,}1 \cdot 10^{10}$	β-распад, γ-излучение

Единицы измерения радиоактивного излучения и доз облучения (Соотношение между единицами СИ и внесистемными единицами)

(http://ehelper.ru/ghk/atom6.shtml, 30.08.2004)

Величина	Наименование и обозначение		Соотношение между единицами
	единица СИ	внесистемная единица	
Активность радионуклида в источнике	Беккерель (Бк)	Кюри (Ки)	1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ расп/с = $3,7 \cdot 10^{10}$Бк 1 Бк = 1 расп/с 1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки
Доза поглощения	Грей (Гр)	Рад (рад)	1 рад = 100 эрг/г = 10^{-2}Гр 1 Гр = 1 Дж/кг 1 Гр = 100 рад
Доза эквивалентная	Зиверт (Зв)	Бэр (бэр) (биологический эквивалент рентгена — единица поглощенной дозы излучения, эквивалентная по биологическому воздействию дозе в 1 Р жесткого рентгеновского излучения)	1 бэр = $k \cdot 1$ рад = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв 1 Зв = $k \cdot 1$ Гр = 100 бэр 1 мЗв = 0,001 Зв 1 мкЗв = 0,000001 Зв
Мощность эквивалентной дозы	Зиверт в секунду (Зв/с)	Бэр в секунду (бэр/с)	1 бэр/с = $k \cdot 1$ рад/с = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв/с 1 Зв/с = $k \cdot 1$ Гр = 100 бэр/с
Доза эффективная	Зиверт (Зв)	Бэр (бэр)	1 бэр = $k \cdot 1$ рад = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв 1 Зв = $k \cdot 1$ Гр = 100 бэр
Доза экспозиционная	Кулон на килограмм (Кл/кг)	Рентген (Р)	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг 1 Кл/кг = $3,88 \cdot 10^{3}$ Р
Мощность экспозиционной дозы	Ампер на килограмм (А/кг)	Рентген в секунду (Р/с)	1 Р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ А/кг 1 А/кг = $3,88 \cdot 10^{3}$ Р/с
Удельная поверхностная активность радионуклида	Беккерель на квадратный метр (Бк/м^2)	Кюри на квадратный километр (Ки/км^2)	1 Ки/км^2 = $3,7 \cdot 10^{4}$ Бк/м^2 1 Бк/м^2 = $2,7 \cdot 10^{-5}$ Ки/км^2

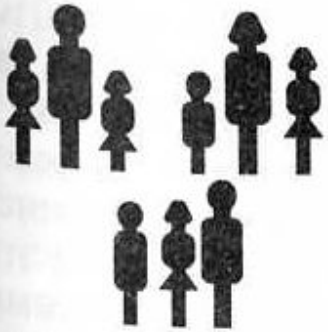


Поглощенная доза – энергия ионизирующего излучения, поглощенная облученным телом (тканями организма). В пересчете на единицу массы

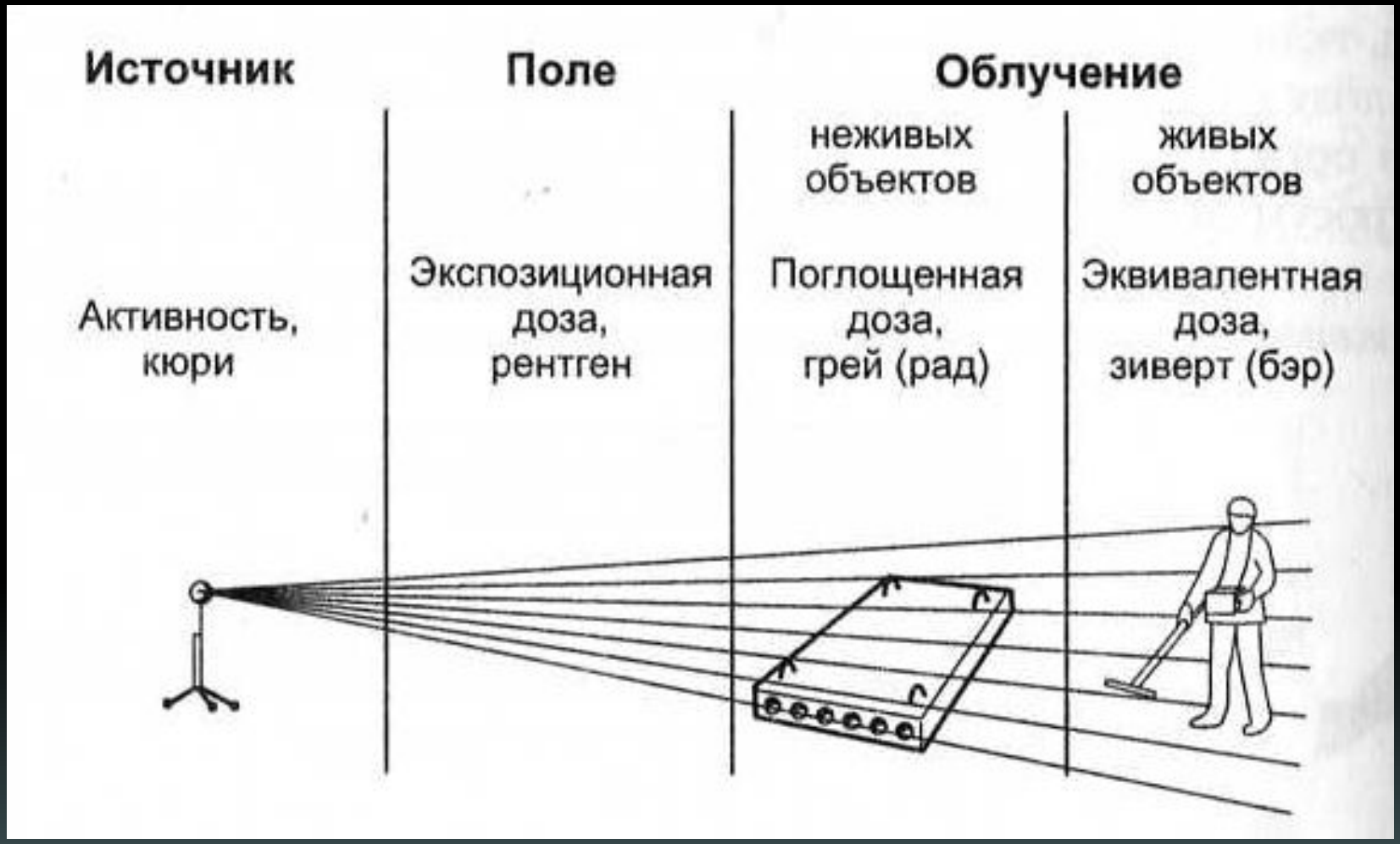
Эквивалентная доза – поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма

Эффективная эквивалентная доза – эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей к облучению

Коллективная эффективная эквивалентная доза – эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации



Полная коллективная эффективная эквивалентная доза – коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получат поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования


Источник
Поле
Облучение
неживых объектов
живых объектов
Активность, кюри
Экспозиционная доза, рентген
Поглощенная доза, грей (рад)
Эквивалентная доза, зиверт (бэр)

Хронология основных событий в истории открытия и использования эффекта ионизирующего излучения

(Наука и жизнь. 1997. № 2)

1895 г.	—	К. Рентген открыл новый вид излучения, которое назвали его именем
1898 г.	—	П. Кюри и М. Склодовская-Кюри выделили радиоактивные элементы — радий и полоний
1914 г.	—	основан Радиевый институт в Париже, где разрабатывались методы лечения с помощью радиоактивных веществ
1916 г.	—	основано Российское общество рентгенологов
1918 г.	—	в Петрограде организован Государственный рентгенологический институт
1920–1925 гг.	—	В.И. Вернадский разрабатывает учение о биогеохимии радиоактивных веществ
1925 г.	—	российские генетики Г. Надсон и Г. Филиппов открыли, что рентгеновские лучи вызывают наследственные изменения у грибов
1927 г.	—	американский генетик Г. Меллер исследовал изменения наследственного материала — мутации, возникшие под влиянием рентгеновских лучей у плодовой мушки дрозофилы, а Л. Стэдлер показал, что такие же изменения происходят в живых клетках растений

1934 г.	—	супруги И. Жолио-Кюри и Ф. Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность
1938 г.	—	американский физик Э. Ферми получил Нобелевскую премию за исследование цепной реакции, вызванной бомбардировкой нейтронами ядер урана
1942 г.	—	Э. Ферми осуществляет первую цепную ядерную реакцию в созданном им ядерном реакторе в Соединенных Штатах Америки
1945 г.	—	сброшены атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки
1946 г.	—	в Москве под руководством И.В. Курчатова запущен первый в Европе ядерный реактор
1946–1947 гг.	—	английский исследователь Д. Ли, российский генетик Н. Тимофеев-Ресовский и немецкий ученый К. Циммер делают основополагающие открытия, описывающие действие различных доз радиации на живые клетки
1949 г.	—	произведен первый испытательный ядерный взрыв в СССР
1953 г.	—	первое в СССР испытание водородной бомбы
1954 г.	—	открытие первой атомной электростанции в Обнинске
1986 г.	—	авария на Чернобыльской АЭС
1995 г.	—	международная общественность отказалась в масштабах планеты отметить столетие открытия Рентгена

Млекопитающие
Хвойные леса
Смешанные леса
Кустарники
Тропические леса
Луговые травы
Насекомые
Мхи и лишайники
Бактерии
10¹
10²
10³
10⁴
10⁵
Гр

Клинические последствия острого облучения человека

(*Сивинцев*, 1988)

Доза облучения, бэр	Тотальное облучение	Локальное облучение	Повреждения
Не более 25	Все тело		Не обнаруживается клинических симптомов
50	Все тело		Временное снижение количества лимфоцитов
100	Все тело		Тошнота, рвота, вялость во всем теле и значительное снижение лимфоцитов
150	Все тело		Смертность 5%; "похмелье" от облучения 50%
200	Все тело		Снижение количества лейкоцитов на долгое время
400	Все тело		Смертность 50% за 30 сут
600	Все тело		Смертность 90% за 14 сут
Не менее 700	Все тело		Смертность 100%
300–500		Кожа	Выпадение волос и краснота кожи
300–500		Гонады	Бесплодие на всю жизнь

Средние индивидуальные (эффективные) дозы облучения в России в 1990 г.
(в мбэр в год; в скобках разброс)

(*Книжников и др.*, 1992)

Источники облучения	Доза за год
Природные	
внешнее космическое	32 (30–100)
внешнее от нуклидов земной коры	30 (20–60)
внутреннее за счет калия-40 в пище	20 (15–25)
внутреннее за счет радия-226, углерода-14 в воде, пище и воздухе	8 (5–50)
в том числе техногенно усиленный фон естественных нуклидов:	
внешнее от нуклидов в стройматериалах	10 (5–60)
внутреннее от радона-222 в помещениях	140 (20–10 000)
внутреннее от радионуклидов удобрений	0,02
внутреннее и внешнее от выбросов угольных ТЭС (суммарной мощностью 100 ГВт)	0,25
Искусственные	
рентгенодиагностика	140 (0–10 000)
глобальные выпадения стронция-90 и цезия-137	2,0 (1–5)
атомные электростанции 40 ГВт (эл)	0,04
Все основные источники в сумме	380 (200–12 000)
Авария на ЧАЭС, зона загрязнения	350 (100–4000)

Среднегодовая эффективная эквивалентная доза внутреннего облучения от различных изотопов

(http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_6.htm)

Радионуклид	Период полураспада	Среднегодовая эффективная эквивалентная доза, мкЗв
Калий ^{40}K	$1{,}4 \cdot 10^9$ лет	180
Рубидий ^{87}Rb	$4{,}8 \cdot 10^{10}$ лет	6
Полоний ^{210}Po	160 сут	130
Радон ^{220}Rn	54 с	170–220
Радон ^{222}Rn	3,8 сут	800–1000
Радий ^{226}Ra	1600 лет	13

Дерево (Финляндия)
1,1
Природный гипс (Великобритания)
29
Песок и гравий (ФРГ)
менее 34
Портландцемент (ФРГ)
менее 45
Кирпич (ФРГ)
126
Гранит (Великобритания)
170
Зольная пыль (ФРГ)
341
Глинозем (Швеция) 1974–1979
496
Глинозем (Швеция) 1929–1975
1367
Фосфогипс (ФРГ)
менее 594
Кальций-силикатный шлак (США)
2140
Отходы урановых обогатительных предприятий (США)
4625

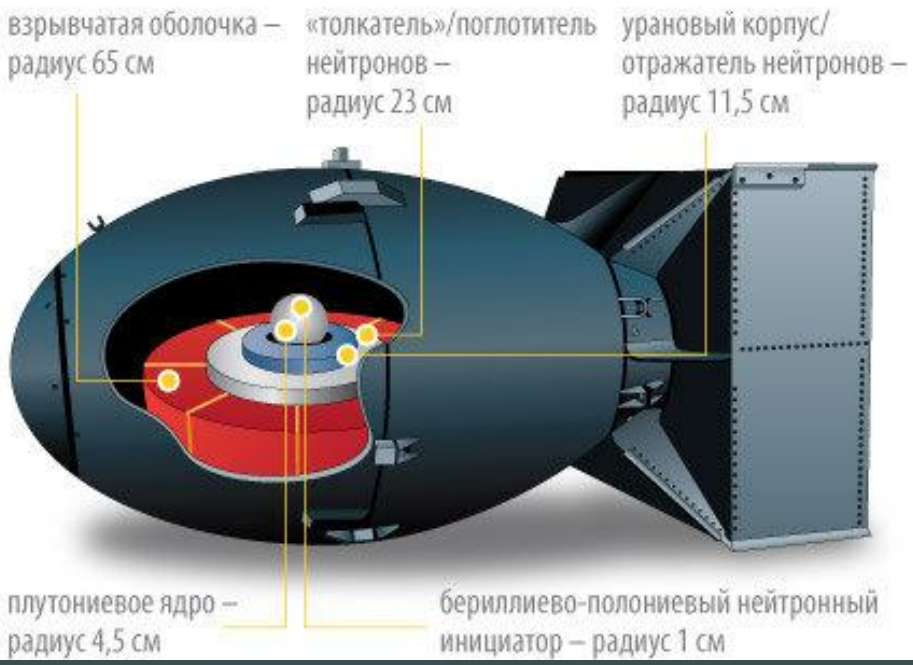
В рамках проекта по изготовлению атомного оружия в США в 1940-е годы, велись работы по созданию двух ядерных бомб – урановой («Малыш») и плутониевой («Толстяк»)

Little Boy («Малыш»)	
Ширина, м	0,7
Длина, м	3,0
Заряд	15-16 кт, урановый

Fat Man («Толстяк»)	
Ширина, м	1,5
Длина, м	3,2
Заряд	21 кт, плутониевый

Плутониевая бомба «Fat Man» («Толстяк»)

На первом ядерном испытании был взорван прототип этой бомбы, под кодовым именем «The Gadget»



Первое испытание 16 июля 1945 г.

Ракетный полигон «Белые пески» в пустыне Аламогордо (штат Нью Мексико)

Через три недели после первого испытания ядерное оружие было применено в боевых целях:

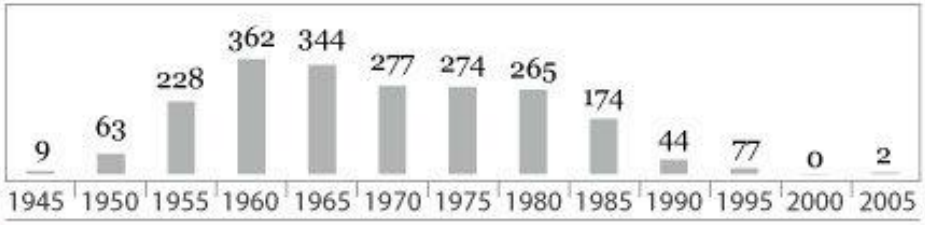
6 августа 1945 г. «Малыш» был сброшен на Хиросиму

9 августа 1945 г. «Толстяк» был сброшен на Нагасаки

Взрыв сопровождался вспышкой, которая была видна за 300 км
Ядерный гриб поднялся на высоту более 10 км
Образовался кратер диаметром почти 250 м
Мощность взрыва составила 20–22 кт

Испытания ядерного оружия

(по официальным данным)

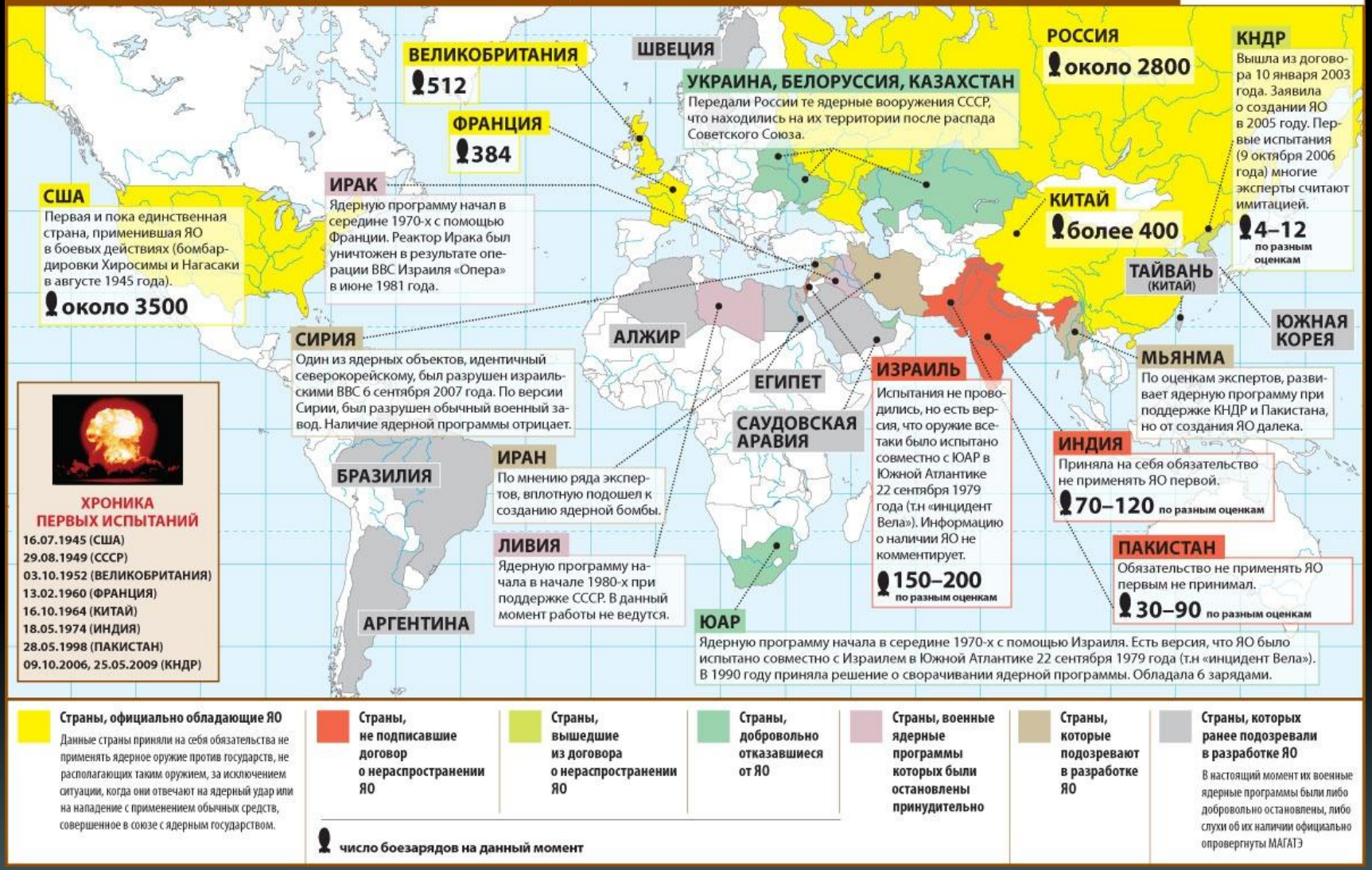


РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ (ЯО)

Какие страны владеют, владели или пытаются овладеть технологией создания атомной бомбы

ВЗГЛЯД
ДЕЛОВАЯ ГАЗЕТА

© Все права защищены



ХРОНИКА ПЕРВЫХ ИСПЫТАНИЙ

16.07.1945 (США)
29.08.1949 (СССР)
03.10.1952 (ВЕЛИКОБРИТАНИЯ)
13.02.1960 (ФРАНЦИЯ)
16.10.1964 (КИТАЙ)
18.05.1974 (ИНДИЯ)
28.05.1998 (ПАКИСТАН)
09.10.2006, 25.05.2009 (КНДР)

Страны, официально обладающие ЯО
Данные страны приняли на себя обязательства не применять ядерное оружие против государств, не располагающих таким оружием, за исключением ситуации, когда они отвечают на ядерный удар или на нападение с применением обычных средств, совершенное в союзе с ядерным государством.

Страны, не подписавшие договор о нераспространении ЯО

Страны, вышедшие из договора о нераспространении ЯО

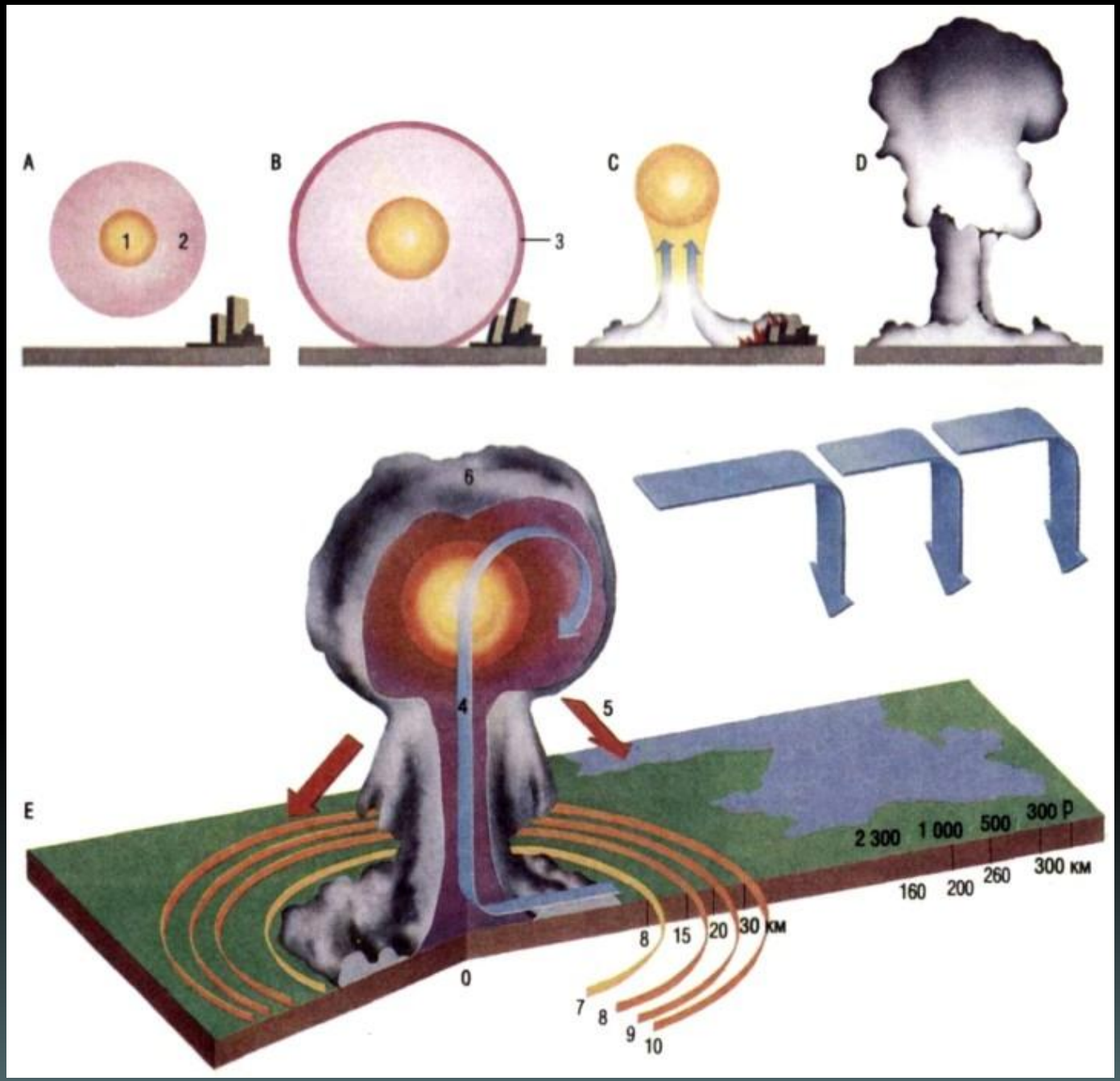
Страны, добровольно отказавшиеся от ЯО

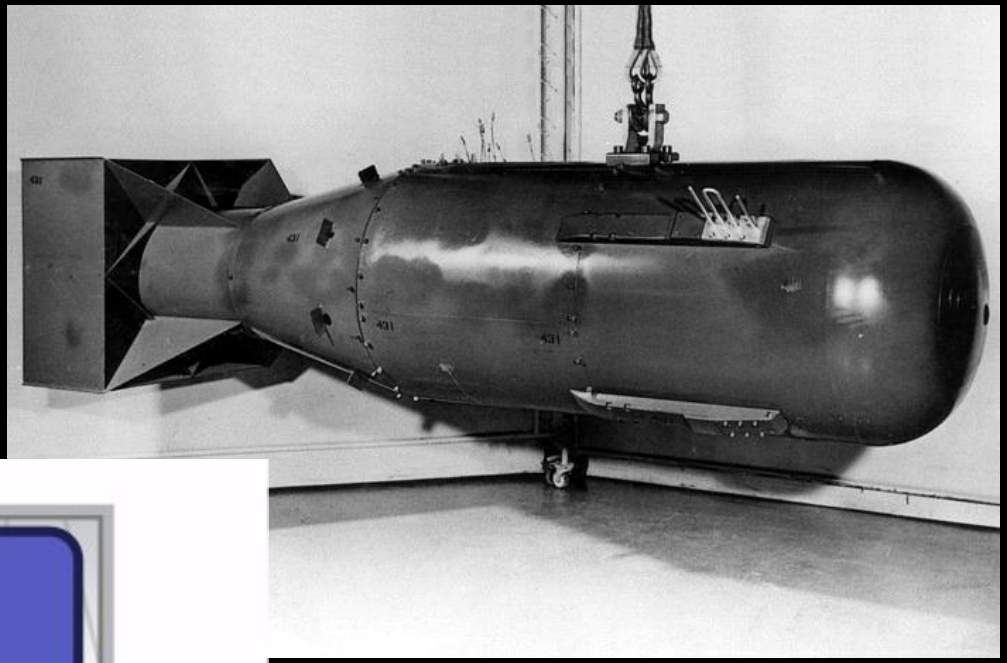
Страны, военные ядерные программы которых были остановлены принудительно

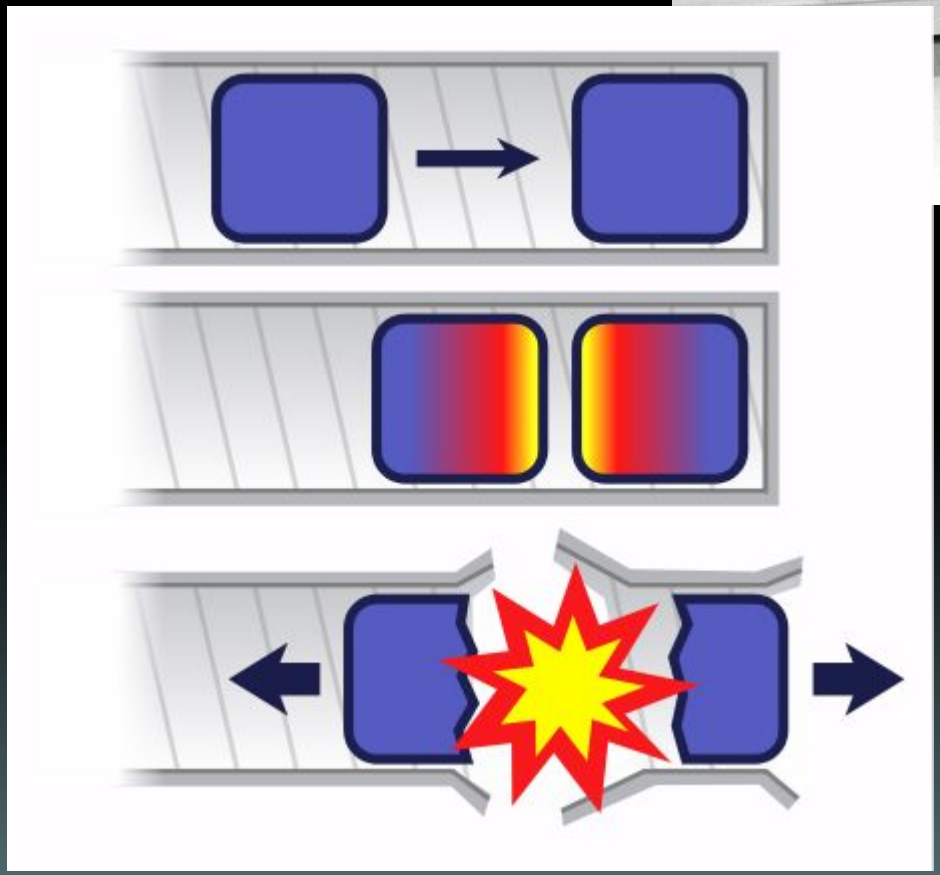
Страны, которые подозревают в разработке ЯО

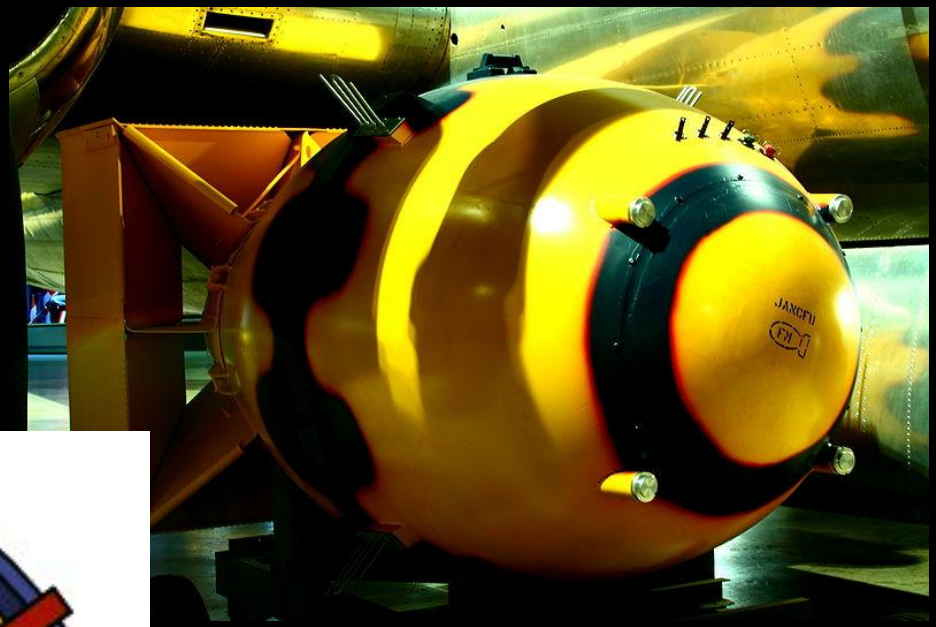
Страны, которых ранее подозревали в разработке ЯО
В настоящий момент их военные ядерные программы были либо добровольно остановлены, либо слухи об их наличии официально опровергнуты МАГАТЭ

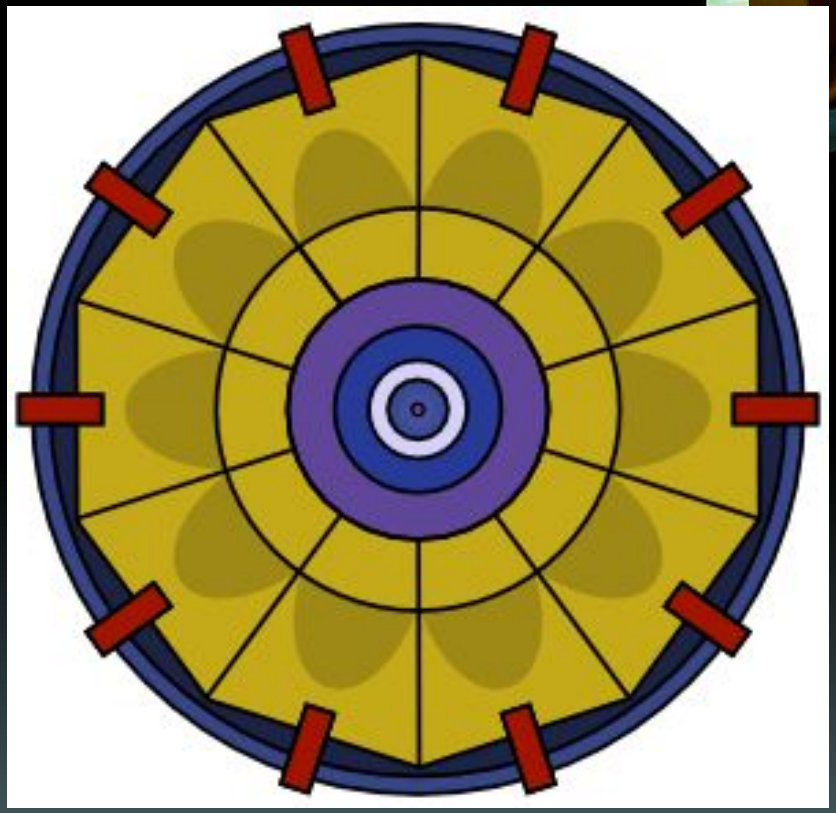
число боезарядов на данный момент

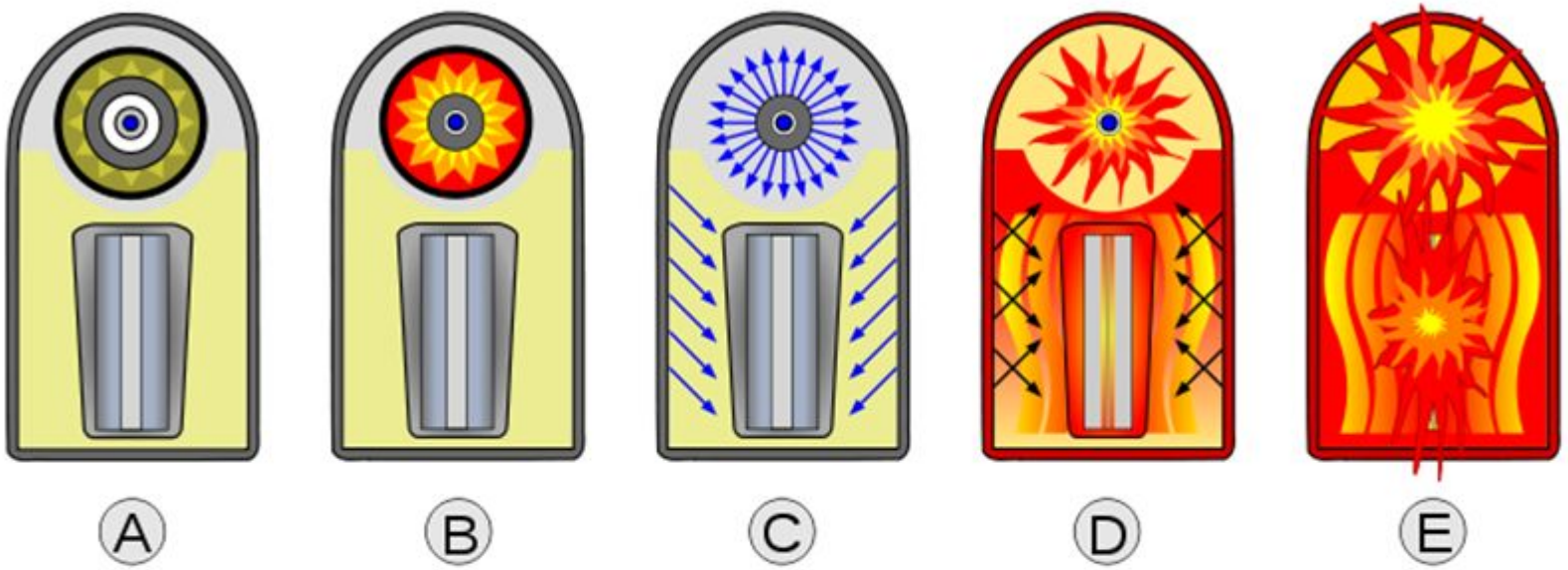

A
1
2
B
3
C
D
6
4
5
E
2 300
1 000
500
300 р
160
200
260
300 км
8
15
20
30 км
0
7
8
9
10






JANGFU





A Боеголовка перед взрывом; первая ступень вверху, вторая ступень внизу. Оба компонента термоядерной бомбы.

B Взрывчатое вещество подрывает первую ступень, сжимая ядро плутония до сверхкритического состояния и инициируя цепную реакцию расщепления.

C В процессе расщепления в первой ступени происходит импульс рентгеновского излучения, который распространяется вдоль внутренней части оболочки, проникая через наполнитель из пенополистирола.

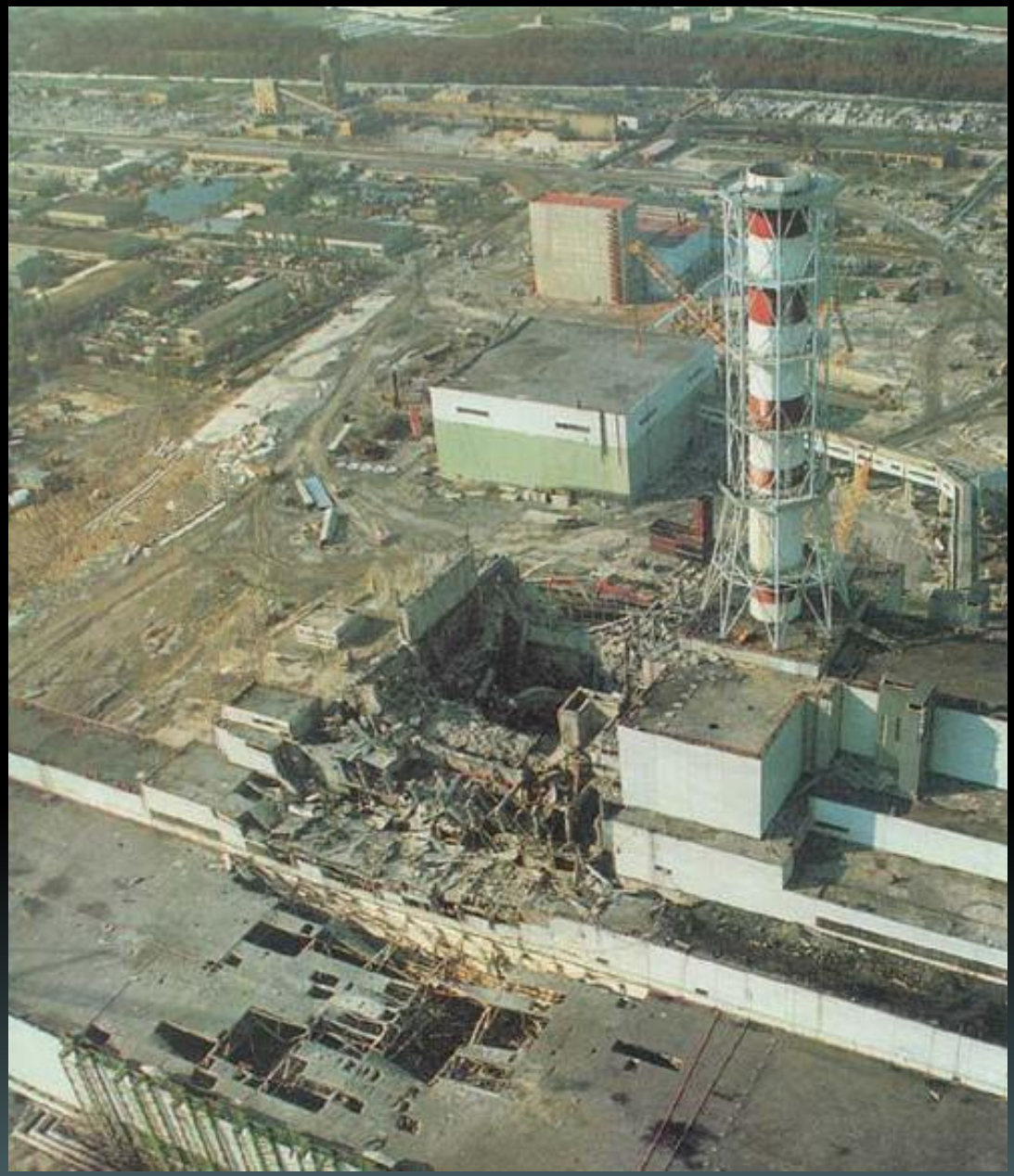
D Вторая ступень сжимается вследствие абляции (испарения) под воздействием рентгеновского излучения, и плутониевый стержень внутри второй ступени переходит в сверхкритическое состояние, инициируя цепную реакцию, выделяя огромное количество тепла.

E В сжатом и разогретом дейтериде лития-6 происходит реакция слияния, испускаемый нейтронный поток является инициатором реакции расщепления тампера. Огненный шар расширяется…

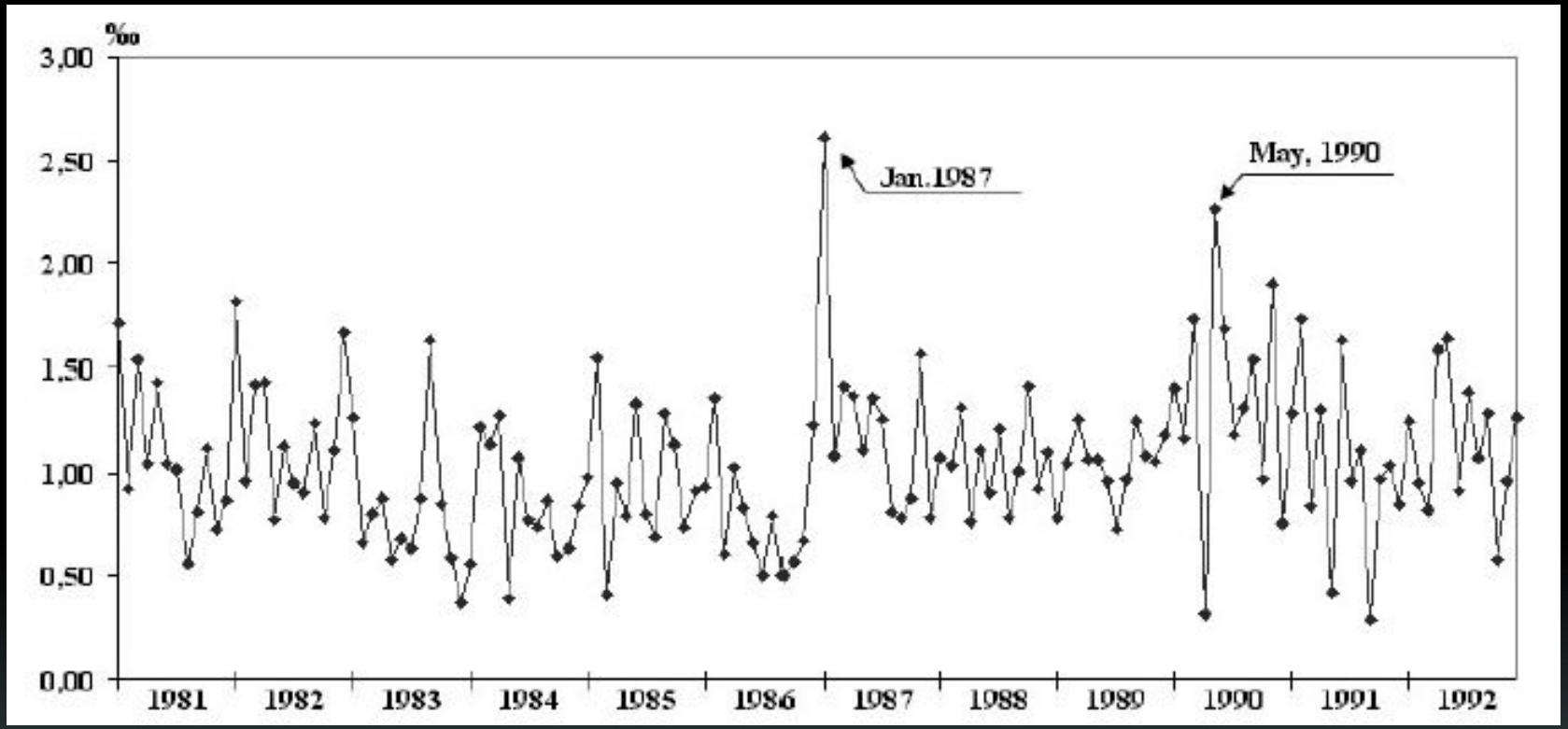
- **Список радиационных аварий**

- **12 декабря 1952 — Chalk River**
- **29 сентября 1957 — Кыштымская авария — СССР — INES 6**
- **10 октября 1957 — Авария в Уиндскейле — Великобритания — INES 5**
- **1960, 1961 — К-8 (подводная лодка) — СССР**
- **4 июля 1961 — К-19 — СССР**
- **1965 — К-11 — СССР**
- **17 января 1966 — Авиакатастрофа над Паломаресом 17 января 1966 года — Испания**
- **21 января 1968 — Авиакатастрофа над базой Туле — Гренландия**
- **24 мая 1968 — К-27 — СССР**
- **18 января 1970 — Радиационная авария на заводе «Красное Сормово»**
- **2 октября 1974, 24 августа 1978 — Ядерные взрывы в Якутии — СССР**
- **24 января 1978 года — Космос-954**
- **28 марта 1979 — Авария на АЭС Три-Майл-Айленд — США — INES 5**
- **1980 — Сен-Лоран-дез-О — INES 4**
- **1983 — Космос-1402 — СССР**
- **10 августа 1985 — Радиационная авария в бухте Чажма — СССР**
- **26 апреля 1986 — Авария на Чернобыльской АЭС — СССР, — INES 7**
- **1989 — Пожар на АЭС Вандельос — Испания — INES 3**
- **1993 — Авария на Сибирском химическом комбинате — Россия — INES 3**[*источник не указан 661 день*] **либо INES 4**[1][1][2]
- **30 сентября 1999 — Авария на ядерном объекте Токаймура — Япония — INES 4**
- **2005 — Селлафилд — Англия — INES 3**
- **2006 — Флёрюс (2006)**
- **11 марта 2011 — Авария на АЭС Фукусима-1 — Япония — INES 7**

САМЫЕ МАСШТАБНЫЕ ЯДЕРНЫЕ АВАРИИ
tochka.net
6
270 тыс.
Кыштым
(Челябинск-40)
Россия
29 сентября
1957 г.
5
Уиндскейл
Великобритания
10 октября
1957 г.
240 чел.
от облучения
5
Три-Майл-Айленд
США
28 марта
1979 г.
7
Чернобыль
Украина
26 апреля 1986 г.
56 чел.
200 тыс.
~ 4 тыс.
30 км
250 чел.
4 чел.
5
Гояния
Бразилия
13 сентября
1987 г.
7
Фукусима
Япония
11 марта 2011 г.
56 чел.
200 тыс.
20 км
5 - Уровень опасности по шкале INES
- Пожар на заводе оружейного плутония
- Взрыв на АЭС
- Взрыв емкости с ядерными отходами
- Зона отчуждения
- Пострадали
- Погибли в результате последствий
- Погибли
- Авария на АЭС
- Заражение радиоактивными веществами
- Отселены
- Никто не эвакуирован
- Никто не погиб



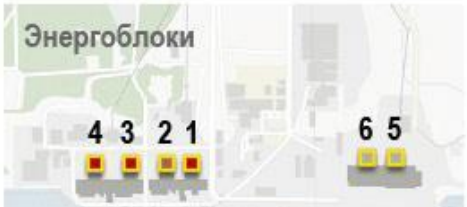
Смоленск
Минск
Белоруссия
Могилёв
Российская Федерация
Кричев
Чериков
Быхов
Славгород
Краснополье
Брянск
Бобруйск
Рогачёв
Чечерск
Ветка
Новозыбков
Гомель
Добруш
Климово
Лунинец
Кузминичи
Калинковичи
Мозырь
Хойники
Ельск
Наровля
Чернобыльская станция
Выступовичи
Чернигов
Першотравневое
Овруч
Припять
Чернобыль
Липники
Народичи
Полесское
Коростень
Киевское водохр.
Украина
Киев
Житомир
Закрытые зоны
Более 40 Кюри на квадратный километр (Ки/км²) цезия-137
Постоянный контроль
15 - 40 Ки/км² цезия-137
Периодический контроль
5 - 15 Ки/км² цезия-137
Неназванная зона
1 - 5 Ки/км² цезия-137
0
50
100 километров
0
50
100 миль


‰
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
Jan.1987
May, 1990
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992

АЭС «Фукусима-1»

11 марта из-за землетрясения магнитудой 8,9 на АЭС отключилось электроснабжение, реакторы в 1, 2 и 3 энергоблоках автоматически остановились (4, 5 и 6 были планово отключены). Для снабжения электроэнергией систем охлаждения реакторов были запущены резервные дизель-генераторы, но их вывела из строя волна цунами.

Разрушенная крыша позволяет заливать корпус реактора сверху, с вертолётов, водой с борной кислотой, чтобы уменьшить интенсивность ядерных реакций



Состояние на 17 марта:

Уровень радиации над третьим энергоблоком **400 миллизивертов в час**

Разрушены здания
1, 3 и 4 энергоблоков, корпус 2 энергоблока поврежден.

Повреждены оболочки реакторов
2, 3 и 4 энергоблоков

Расплавлены топливные стержни
на 1-м (на 70%), 2-м (на 33%) и 3-м (процент не сообщается) энергоблоках. Стержни 4-го плавятся.

Уровень воды в реакторах упал, **вода перестала закрывать радиоактивные тепловыделяющие стержни**, они начали плавиться.

в бассейне для хранения отработавшего ядерного топлива.

Чтобы снизить давление в оболочках реакторов, **пар выпустили в турбинный зал.**

Из-за контакта пара с металлическими частями реактора из пара выделился водород, который скопился в здании энергоблока и **взорвался, вызвав разрушения крыши и верхней части зданий энергоблоков.**

Систему охлаждения пытаются восстановить.

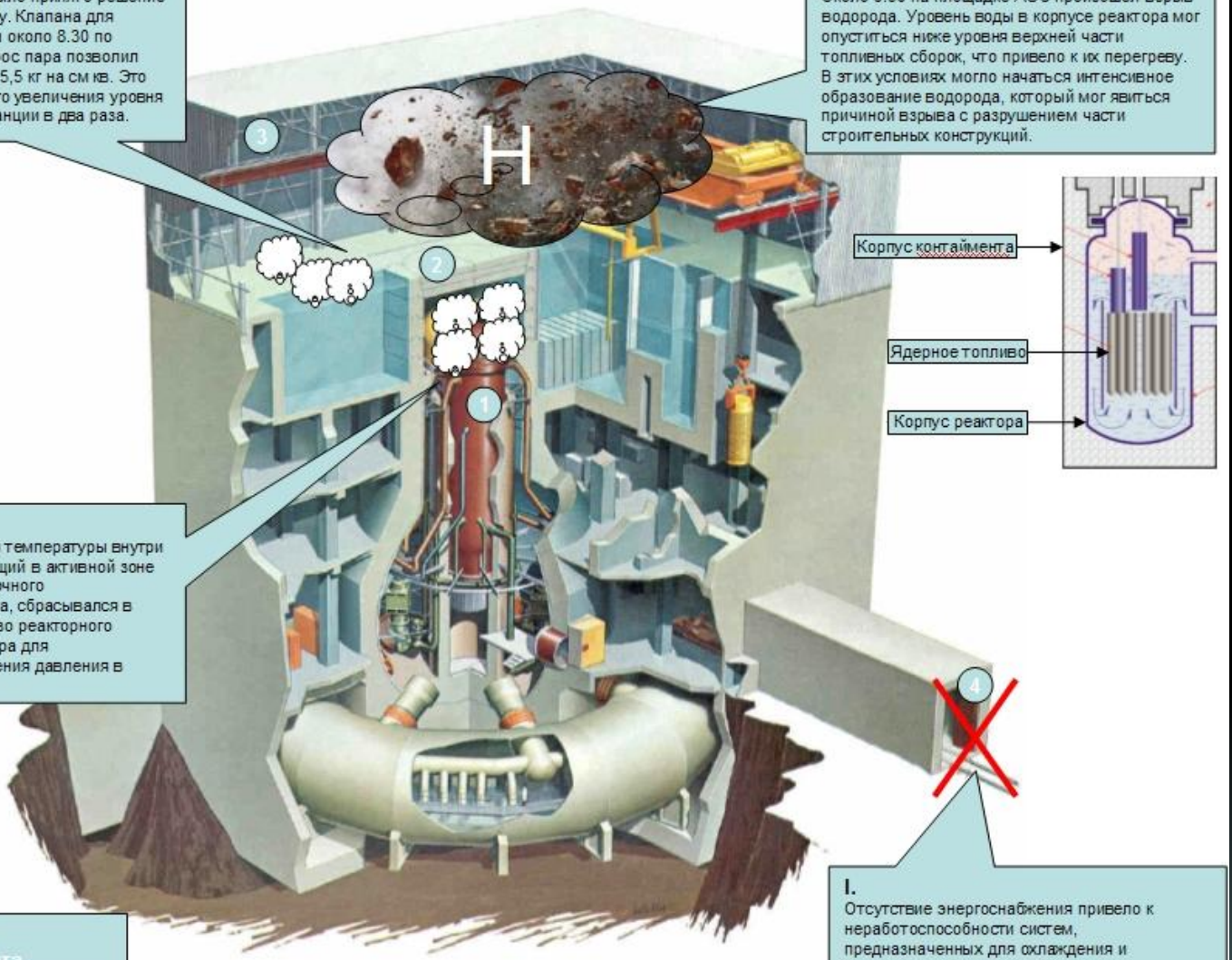
Контаймент — мощное бетонное дно реактора, которое должно защитить окружающую среду от радиоактивных веществ при расплавлении стержней с ядерным топливом.

ДАННЫЕ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ. КАРТА: OPENSTREETMAP.ORG

HTTP://WWW.GAZETA.RU

III.
Для снижения давления было принято решение о сбросе пара в атмосферу. Клапана для сброса пара были открыты около 8.30 по московскому времени. Сброс пара позволил снизить давление с 7,5 до 5,5 кг на см кв. Это стало причиной временного увеличения уровня радиации на площадке станции в два раза.

IV.
Около 9.30 на площадке АЭС произошел взрыв водорода. Уровень воды в корпусе реактора мог опуститься ниже уровня верхней части топливных сборок, что привело к их перегреву. В этих условиях могло начаться интенсивное образование водорода, который мог явиться причиной взрыва с разрушением части строительных конструкций.



II.
В результате повышения температуры внутри реактора, пар, возникающий в активной зоне под воздействием остаточного тепловыделения топлива, сбрасывался в герметичное пространство реакторного отделения вокруг реактора для предотвращения повышения давления в корпусе реактора.

1. Корпус реактора
2. Корпус контаймента
3. Строительные конструкции
4. Электросети

I.
Отсутствие энергоснабжения привело к неработоспособности систем, предназначенных для охлаждения и конденсации пара и как следствие - повышению давления внутри герметичного пространства реакторного отделения.

BEFORE
AFTER