

Глобальная экология и глобальная безопасность

Лекция 11. Последствия аварий на станциях с ядерным реактором и военного конфликта с использованием ядерного оружия

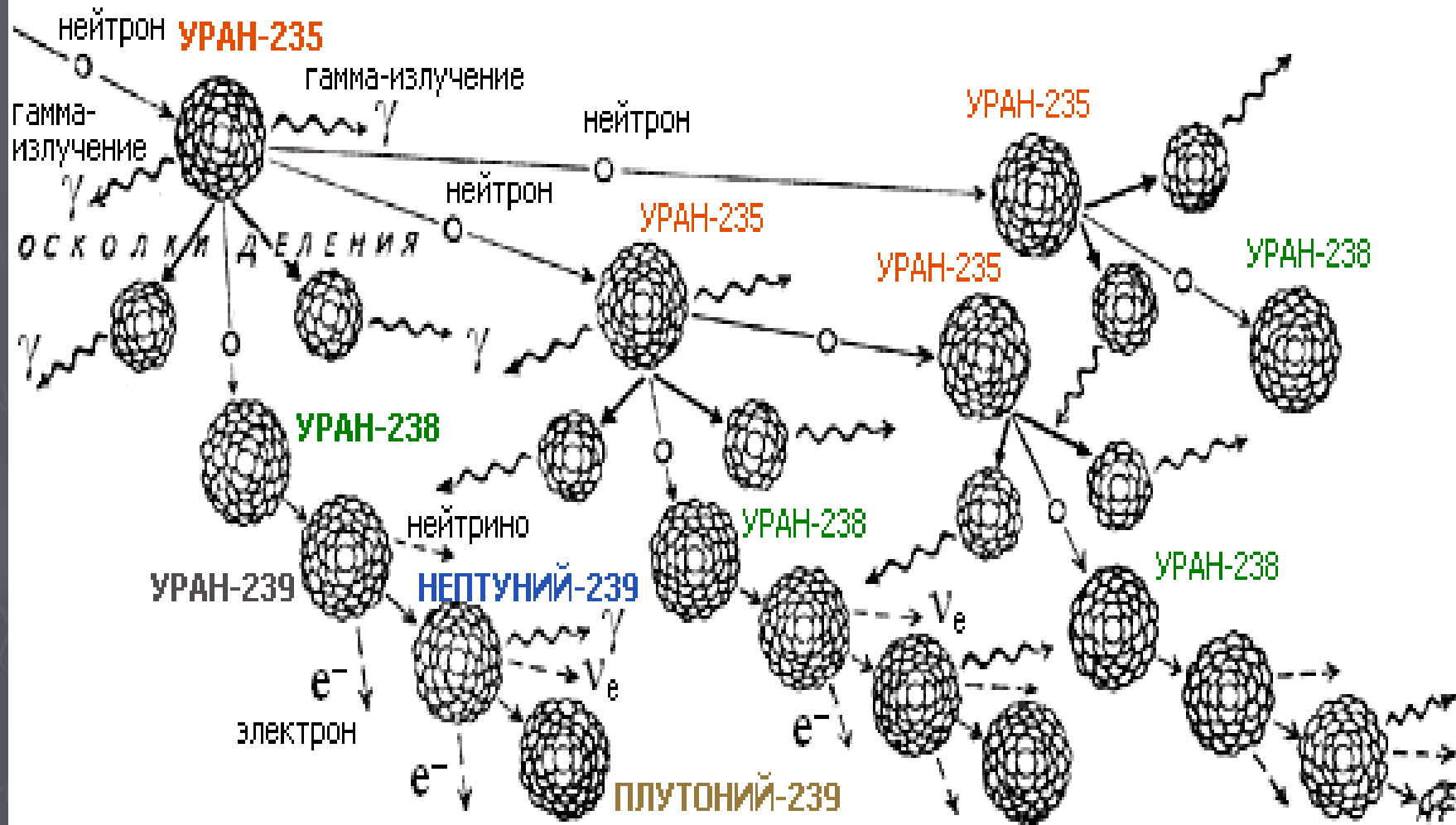
(С) Аржанников А. В.

**Причины возможных аварий, оценка их
тяжести и возможных последствий**

**Примеры крупнейших аварий на ядерных
станциях**

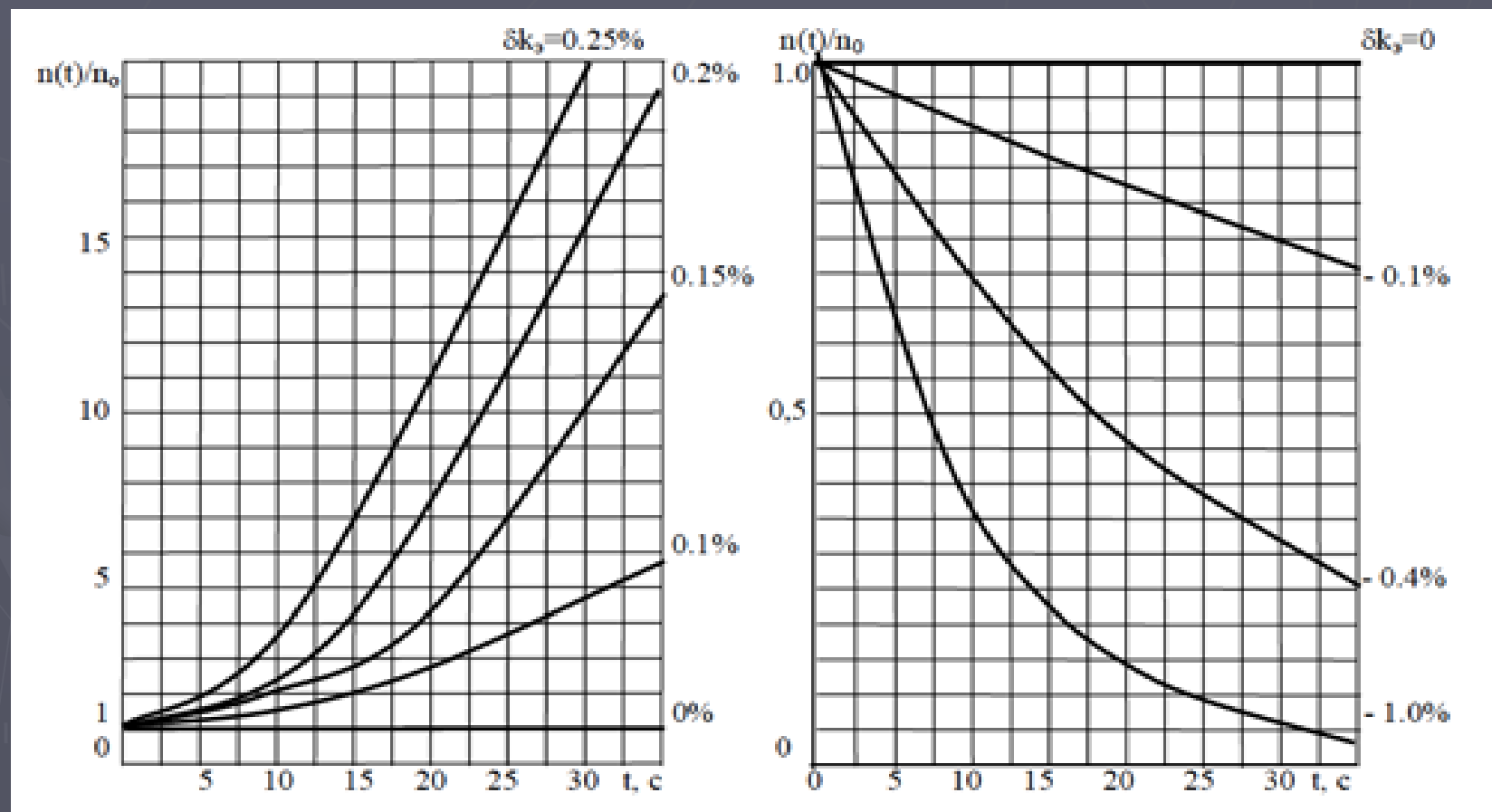
**Война с использованием ядерного оружия и
ее последствия**

Цепочки деления урана тепловыми нейтронами



Изменение плотности нейтронов во времени при различной реактивности реактора

- Переходные процессы $n(t)$, вытекающие из решения ЭУКР при сообщении первоначально критическому реактору реактивности различной величины и знака.



Категории событий, возникающих при нарушении штатного режима работы АЭС

Название события по шкале INES	Критерии оценки безопасности		
	Деградация защиты в глубину	Последствия на площадке АЭС	Последствия вне площадки АЭС.
1 v аномальная ситуация	Аномальная ситуация, выходящая за пределы допустимого при эксплуатации		
2 v инцидент	Инцидент с серьезными отказами в средствах обеспечения безопасности	Значительное распространение радиоактивности; выше пределов допустимого.	
3 v серьезный инцидент	Практически авария: все уровни и барьеры безопасности отсутствуют	Серьезное распространение радиоактивности; облучение персонала с серьезными последствиями.	Пренебрежимо малый выброс: облучение население ниже допустимого предела.
4- авария без значительного риска для окружающей среды		Серьезное повреждение активной зоны и физических барьеров; облучение персонала с летальным исходом.	Минимальный выброс: облучение населения в допустимых пределах.
5 v авария с риском для окружающей среды		Тяжелое повреждение активной зоны и физических барьеров.	Ограниченный выброс: требуется применение плановых мероприятий по восстановлению.
6 v серьезная авария			Значительный выброс: требуется полномасштабное применение мероприятий по восстановлению
7 v тяжелая авария			Сильный выброс: тяжелые последствия для здоровья населения и окружающей среды.

Статистика неисправностей на АЭС

Год	Число реакторо - лет	$10^{-3} \div 1$	$10^{-4} \div 10^{-3}$	$10^{-5} \div 10^{-4}$	$10^{-6} \div 10^{-5}$	Σ
1987	102.7	0	10	9	14	33
1988	107.1	0	7	14	11	32
1989	109.0	0	7	11	12	30
1990	110.5	0	6	11	11	28
1991	111.0	1	12	8	6	27
1992	110.4	0	7	7	13	27
1993	108.7	0	4	7	5	16
1994	109.0	1	1	4	3	9
1995	109.0	0	1	7	2	10
1996	110.1	1	2	4	7	14
1997	106.1	0	0	2	3	5

Примеры инцидентов на АЭС, при которых реактор продолжает работать

Станция	Описание	Тип реактора	Вероятность ¹
"Окони - 2"	неизолируемая утечка охладителя	PWR	$2.2 \cdot 10^{-5}$
"ТМА - 1"	отказ генератора	PWR	$9.6 \cdot 10^{-6}$
"Окони - 3"	повреждение инжекционных насосов	PWR	$5.4 \cdot 10^{-6}$
"Мэйн Янки"	закрытие клапанов из-за термического расширения	PWR	$8.2 \cdot 10^{-5}$
"Сент - Люси"	аварийное включение насосов	PWR	$3.4 \cdot 10^{-5}$

Нормы безопасности (рекомендации МАГАТЭ)

- вероятность радиоактивных выбросов 10^{-7} /год
- вероятность повреждения активной зоны 10^{-5} /год

Возможные причины аварий

1. Самопроизвольный разгон реактора

Изменение состава делящихся ядер (появление ^{239}Pu , ^{241}Pu , ^{135}I , ^{135}Xe) приводит к отклонению коэффициента размножения нейтронов k от единицы $k = 1 + \Delta k$. При этом поток нейтронов нарастает как

$$\Phi(t) = \Phi_0 \exp\left(\frac{\Delta k t}{\tau}\right)$$

Для типичного реактора (РБМК) $\tau \sim \tau_{\text{дифф}} = 5 \cdot 10^{-4}$ и для $\Delta k = 0.025$ поток нарастает в 10 раз за 0.05 с.

Не должно быть $\Delta k \gg \beta$, где β - доля запаздывающих нейтронов.

2. Искажение тепловыделения в объеме реактора

- концентрация тепловыделения в нижней или верхней половине реактора вследствие ксеноновых колебаний
- тепловое расширение материалов (заклинивание управляющих стержней)

3. Локальный котел

Область, которую нельзя стабилизировать регуляторами, находящимися вне ее. Условия возникновения:

- высокообогащенное топливо
- неправильная загрузка
- авария с расплавлением активной зоны

4. Неядерные эффекты

- разрушение стали под действием излучения
- радиолиз воды с образованием гремучей смеси
- выгорание графита на канальных реакторах

5. Человеческий фактор

- нарушение правил эксплуатации
- терроризм

Возможный ущерб при гипотетической аварии одного из блоков некоторых АЭС США

АЭС	Смертей, чел.	Нераковых заболеваний, чел.	Раковых заболеваний, чел.	Экономический ущерб млрд долл. (1982)
«Пало Верде»-1	До 16000	36000	15000	89,7
«Пич Боттом»-3	До 288000	45000	До 148000	119,0
«Перри»	До 22000	180000	14000	102,0
«Пилгрим»-1	До 12000	30000	23000	81,8
«Пойнт Бич»-2	До 2000	9000	7000	41,4
«Прейри Айлэнд»-1	До 8000	4000	4000	48,3
«Куад Ситис»-1	До 48000	41000	12000	65,1
«Робинзон»	До 8000	8000	3000	42,5
«Санта Лючия»-1	До 20000	6000	3000	54,3
«Салем»-1	До 400000	70000	40000	135,0
«Сан Онофре»-2	До 108000	23000	18000	186,0
«Сибрук»-1	До 28000	27000	6000	163,0
«Секвойя»-1	До 116000	61000	4700	96,8
«Шарон Харрис»-1	До 44000	31000	6000	68,5
«Шорехэм»	До 160000	75000	35000	157,0
«Саммер»-1	До 20000	73000	4000	68,2
«Саус Тексас»-1	До 72000	10000	4000	112,0
«Сарри»-2	До 124000	35000	23000	56,3
«Сасквехенна»-1	До 268000	47000	28000	143,0

Крупнейшие аварии на АЭС

	Три-Майл-Айленд	Чернобыль
Год	1979	1986
Тип реактора	PWR	РБМК
Выброс, МКи	12	50
Ранг по INES	5	7
Погибли	-	50 (125 000)
Экономический ущерб, \$	15 млн: судебные иски	~ 300 млрд: расходы на лечение загрязненная земля прямые расходы

Другие крупные аварии:

- Виндскейл, 1957, ранг 5
- Сен - Лоран, 1980, ранг 4
- Токаймура, 1999, ранг 4

Крупнейшие аварии на АЭС

Три-Майл-Айленд.

- вспомогательные насосы не работали
- ошибочное отключение инжекторного насоса
- отключение циркуляционных насосов из-за вибрации
- подъем температуры (400°) с расплавлением 32 % (48 т) топлива
- проплавление нижней стенки реактора с выбросом 52,000 м³ радиактивной воды в р. Саскуеханна (Susquehanna)

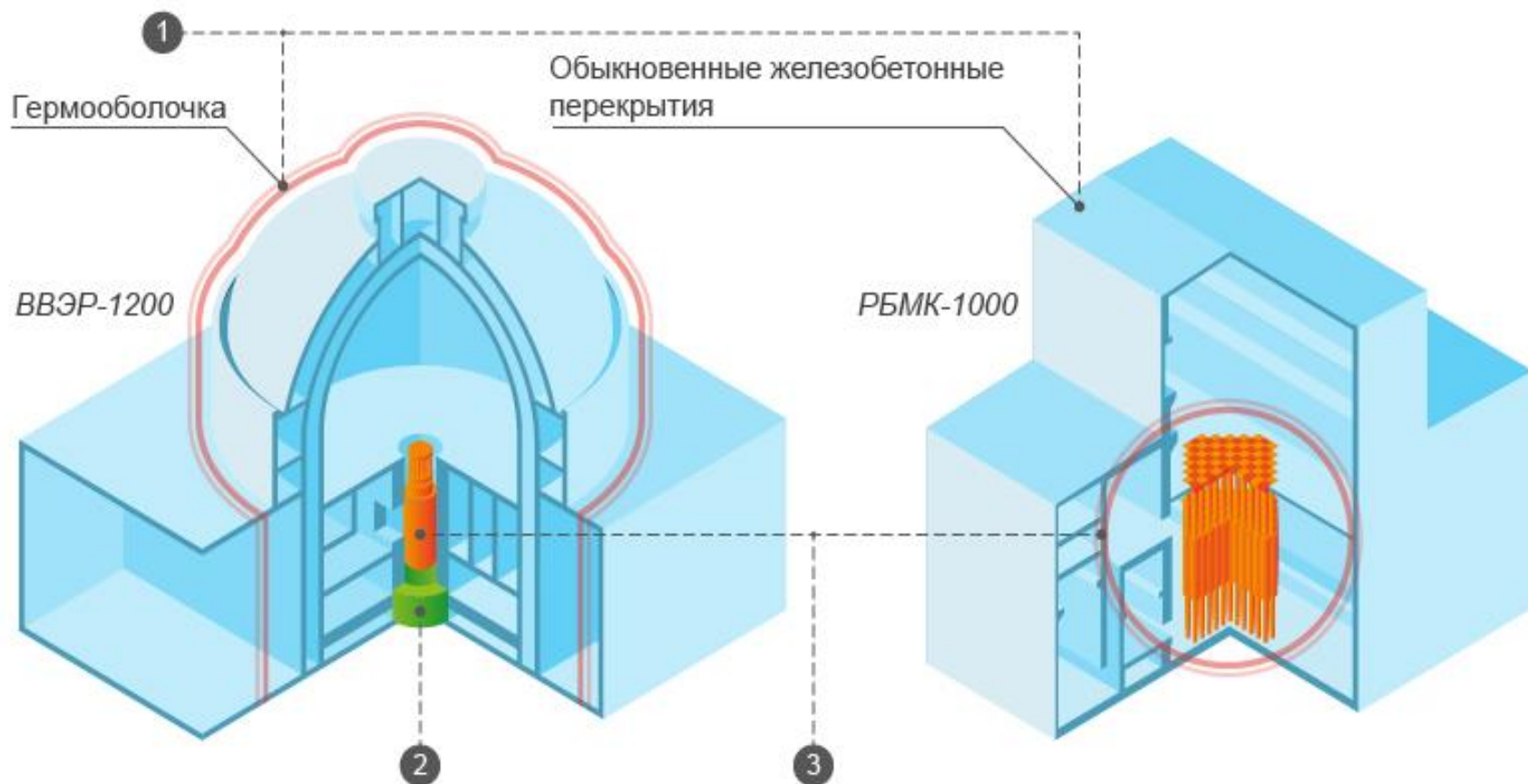
Причина: отказ систем реактора.

Чернобыль.

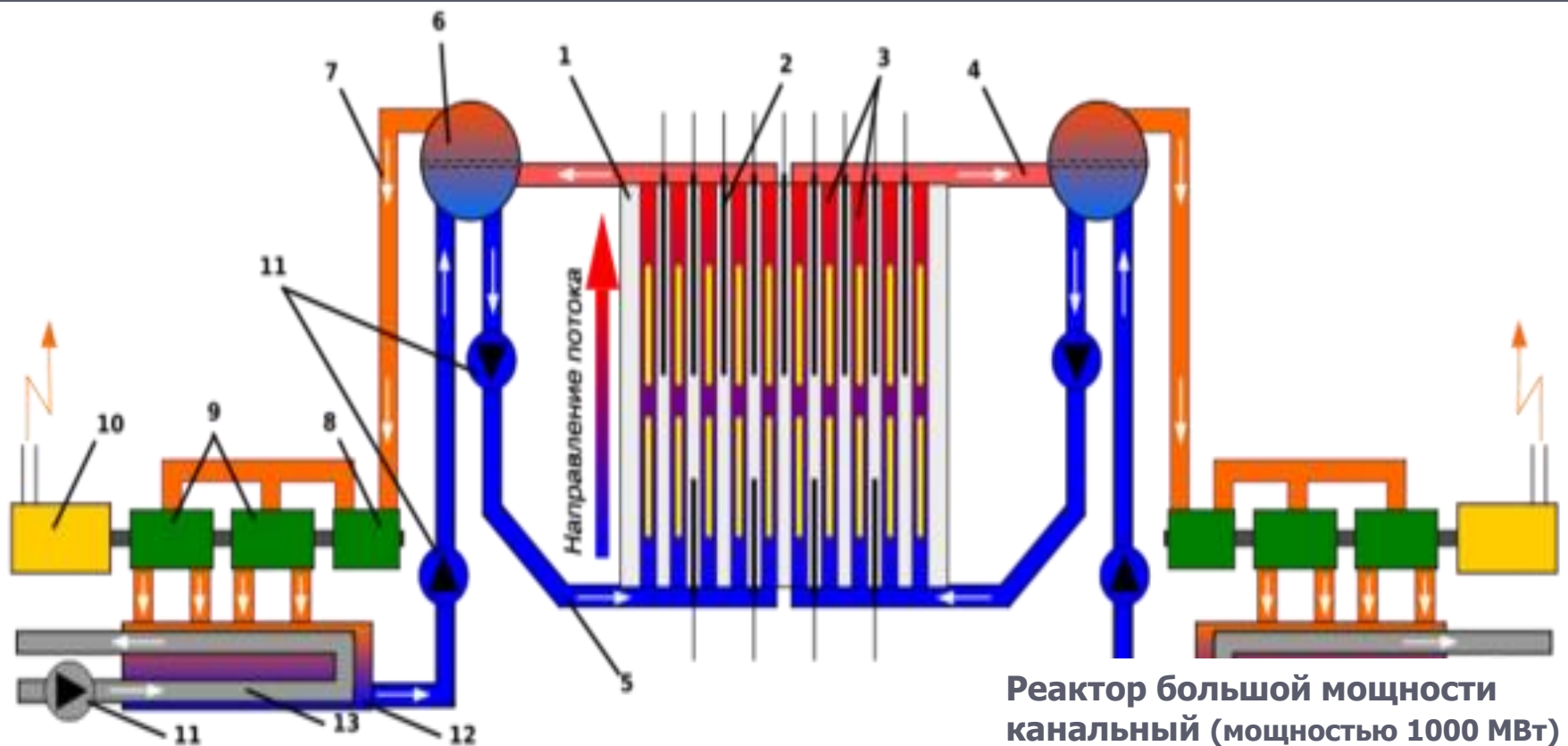
- отключение системы аварийного охлаждения
- падение мощности реактора ниже критического уровня (30 МВт)
- блокировка сигнала АЗ
- подключение всех насосов (перегрев теплоносителя)
- заклинивание падающих стержней аварийной защиты

Причина: нарушение правил работы.

Два основных типа мощных энергетических установок на ядерном топливе



Реактор большой мощности каналный (РБМК-1000)

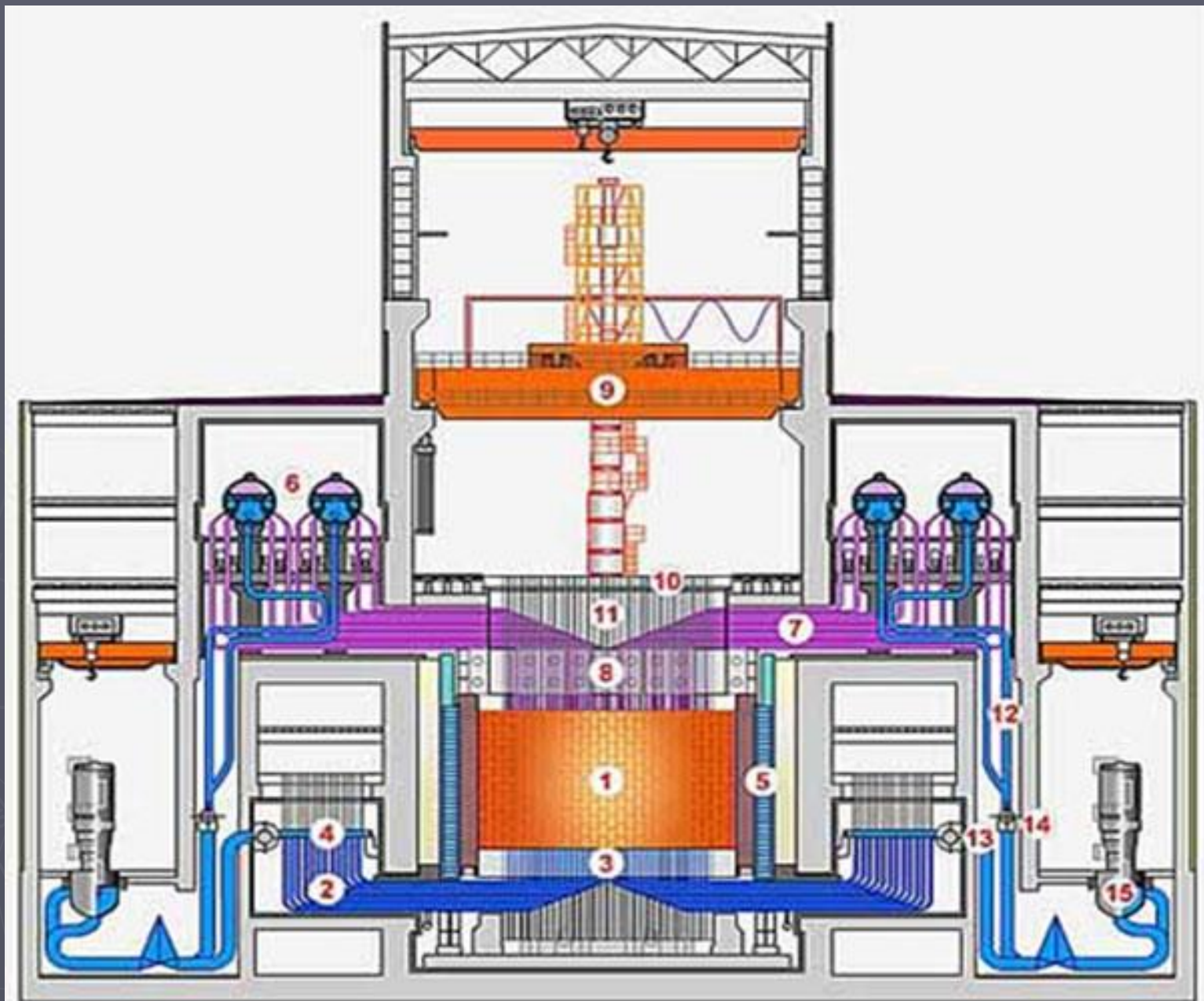


1 – Графитовый замедлитель
2 – Стержни управления и защиты
3 – Технологические каналы
4 – Пар
5 – Вода
6 – Барабан-сепаратор
7 – Сухой пар

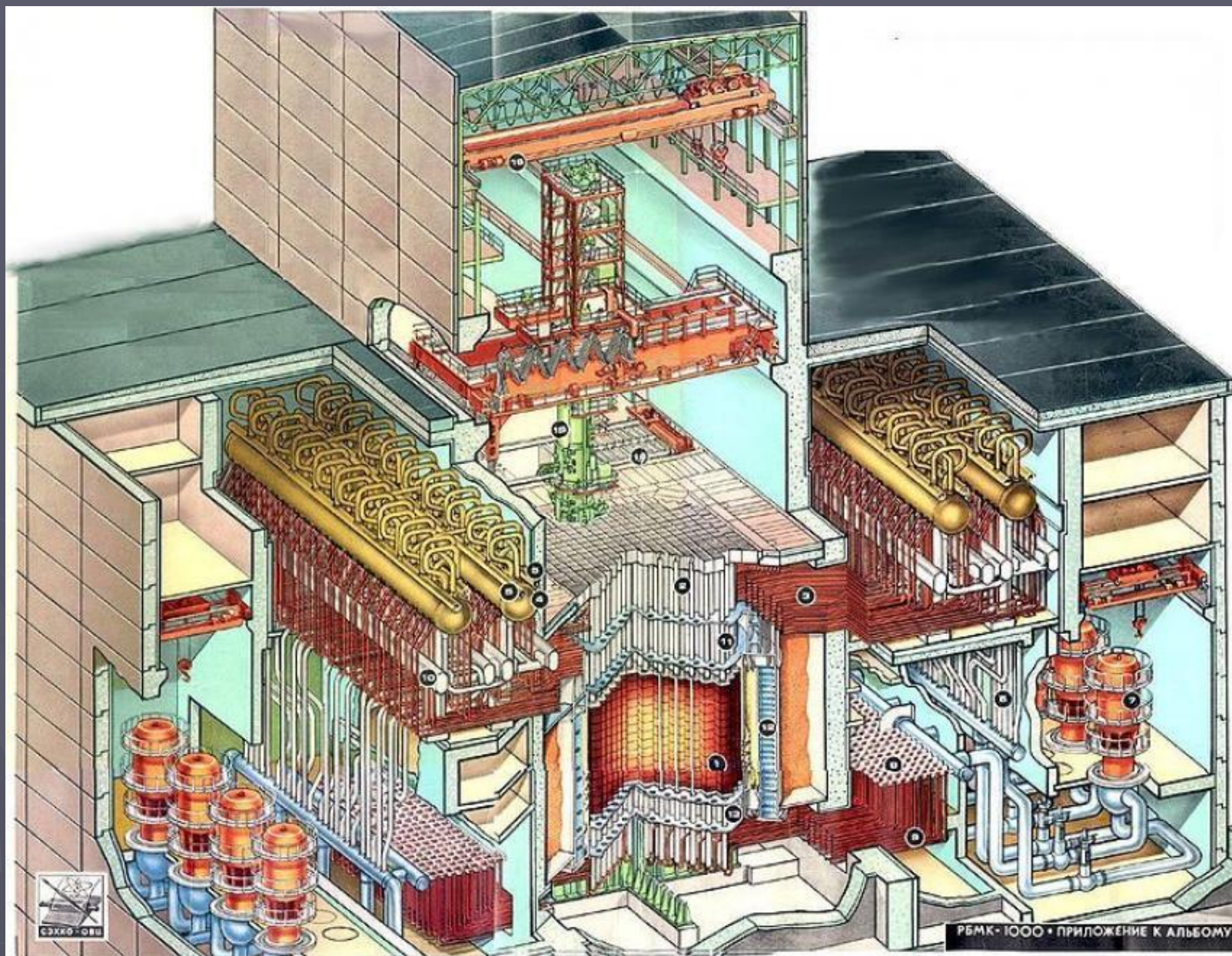
8 – Турбина высокого давления
9 – Турбины низкого давления
10 – Электроиеский генератор
11 – Циркуляционные насосы
12 – Охладитель (конденсатор)
13 – Вспомогательный водяной контур

Реактор большой мощности каналный (мощностью 1000 МВт) — канального, гетерогенного, уран-графитового типа с графито-водным замедлителем, кипящего типа, на тепловых нейтронах. Теплоноситель - кипящая вода в одноконтурной схеме и предназначенного для выработки насыщенного пара давлением 70 кгс/см²

РБМК-1000



РБМК-1000 на Чернобыльской АЭС



Авария на Чернобыльской АЭС

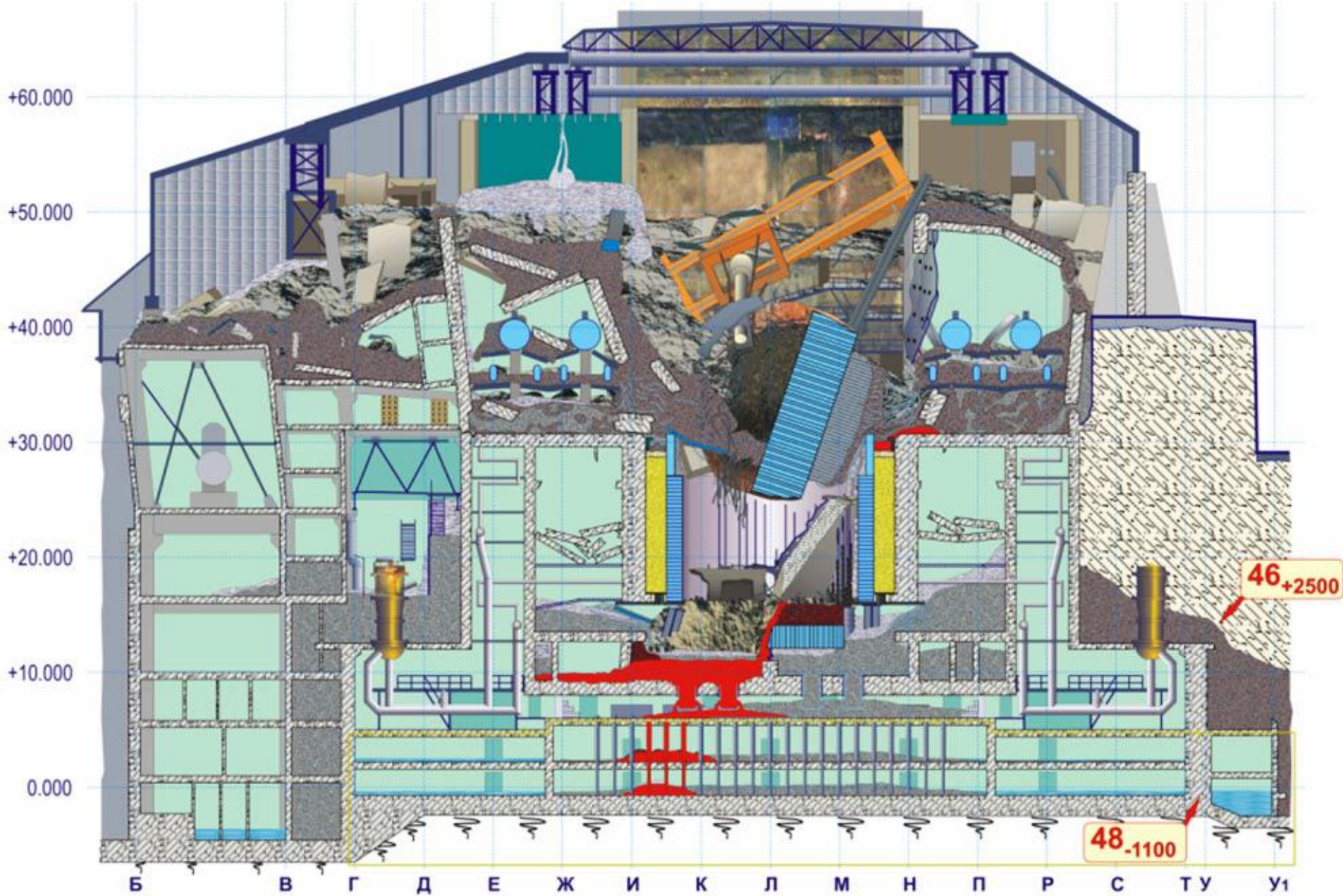
Первый взрыв —
тепловой —
уничтожил реактор
и запустил
процессы, привед-
шие к образованию
взрывоопасной га-
зовой смеси



Сценарий взрыва энергоблока АЭС

1. Потеря части теплоносителя, подъем температуры в ТВЭЛах, что приводит к набуханию оболочек топливных элементов.
2. Реакция конструкционного материала циркония с водяным паром (эта реакция экзотермическая).
3. Дальнейший подъем температуры до расплавления материалов, составляющих активную зону. При этом продолжается подъем температуры.
4. Расплав собирается на нижней плите активной зоны и прорывается к каналам с водой, что приводит к взрывной выработке пара.
5. Расплав топлива и стали прожигает бетонную плиту и вытекает в грунт.
6. Прожигая грунт, постепенно остывает в виде стекловидной массы.

Разрушение реактора на ЧАЭС



Основные компоненты в выбросах при разрушении оболочки ядерного реактора

ЭЛЕМЕНТ	Время полураспада	Тип распада	Сопровожд. γ -излуч.
<u>Иод $_{53}\text{I}^{131}$</u> <u>30% - активности</u>	8 суток	β^- (0.6—0.8) МэВ	0.4 МэВ (80%) 0.6 МэВ (20%)
Цезий $_{55}\text{Cs}^{137}$ $_{55}\text{Cs}^{134}$	30 лет 2 года	β^- 0.5 МэВ β^- 0.7 МэВ	0.7 МэВ (85%) 1.2 МэВ (7%) 0.6 МэВ (20%)
Рутений $_{44}\text{Ru}^{103}$	35.5 суток	β^- 0.7 МэВ	0.5 МэВ
Нептуний $_{93}\text{Np}^{237}$	2.3 суток	β^- (0.4 и 0.7) МэВ	(0.1 – 0.3) МэВ
Стронций $_{38}\text{Sr}^{90}$	27.7 лет	β^- 0.7 МэВ	

Средние эффективные дозы, полученные пострадавшими группами

Население (годы воздействия)	Количество	Средняя общая доза за 20 лет, мЗв*
Ликвидаторы (1986–1987 гг.) (высокое воздействие)	240 000 чел.	>100
Эвакуированные (1986 г.)	116 000 чел.	> 33
Население ЗУК (>555 кБк/м ²) (1986–2006 гг.)	270 000 чел.	> 50
Население низкодозаженных районов (37 кБк/м ²) (1986–2005 гг.)	5 000 000 чел.	10–20
Естественный фон	2,4 мЗв/год (обычный диапазон 1–10, максимум >20)	48
Дозы, получаемые в результате облучения рентгеновскими лучами, на одну процедуру, мЗв		
Облучение при компьютерной томографии всего тела		12
Маммография		0,13
Рентгеноскопия грудной клетки		0,08

Организационные мероприятия в рамках эксплуатации Чернобыльской АЭС

Энергоблок ^[46]	Тип реакторов	Мощность		Ввод в эксплуатацию	Закрытие
		Чистый	Брутто		
Энергоблок № 1 (закрыт)	РБМК-1000	925 МВт	1000 МВт	27 мая 1978 года	Остановлен 30 ноября 1996 года по приказу президента Л.Д Кучмы
Энергоблок № 2 (закрыт)	РБМК-1000	925 МВт	1000 МВт	28 мая 1979 года	Остановлен 11 октября 1991 года после пожара в машинном зале.
Энергоблок № 3 (закрыт)	РБМК-1000	925 МВт	1000 МВт	8 июня 1982 года	Остановлен 15 декабря 2000 года по приказу президента Л.Д Кучмы
Энергоблок № 4 (аварийный)	РБМК-1000	925 МВт	1000 МВт	26 марта 1984 года	Авария 26 апреля 1986 года. Полное разрушение активной зоны реактора.
Энергоблок № 5 ^[47] (прекращение строительства)	РБМК-1000	950 МВт	1000 МВт	1 января 1981 года	Строительство прекращено 27 мая 1987 года.
Энергоблок № 6 ^[48] (прекращение строительства)	РБМК-1000	950 МВт	1000 МВт	1 января 1983 года	Строительство прекращено 27 мая 1987 года.

Первое защитное укрытие на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС



Дополнительное укрытие на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС

СХЕМА НОВОГО САРКОФАГА

**Чернобыльская
АЭС**



Фото площадки ЧАЭС с дополнительным укрытием



Крупнейшие аварии на АЭС

	Три-Майл-Айленд	Чернобыль
Год	1979	1986
Тип реактора	PWR	РБМК
Выброс, МКи	12	50
Ранг по INES	5	7
Погибли	-	50 (125 000)
Экономический ущерб, \$	15 млн: судебные иски	~ 300 млрд: расходы на лечение загрязненная земля прямые расходы

Другие крупные аварии:

- Виндскейл, 1957, ранг 5
- Сен - Лоран, 1980, ранг 4
- Токаймура, 1999, ранг 4

Фукусима март 2011

Конфигурация Фукусима АЭС

АЭС «Фукусима-1»



Развитие процессов в ходе аварии на Фукусима -1

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 в бассейне для хранения отработанного ядерного топлива.

Уровень воды в реакторах упал,

вода перестала закрывать радиоактивные тепловыделяющие стержни, они начали плавиться.

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.



Энергоблоки

4 3 2 1

6 5

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.

Систему охлаждения пытаются восстановить.

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

Авария на Фукусима АЭС

III.

Для снижения давления было принято решение о сбросе пара в атмосферу. Клапаны 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.

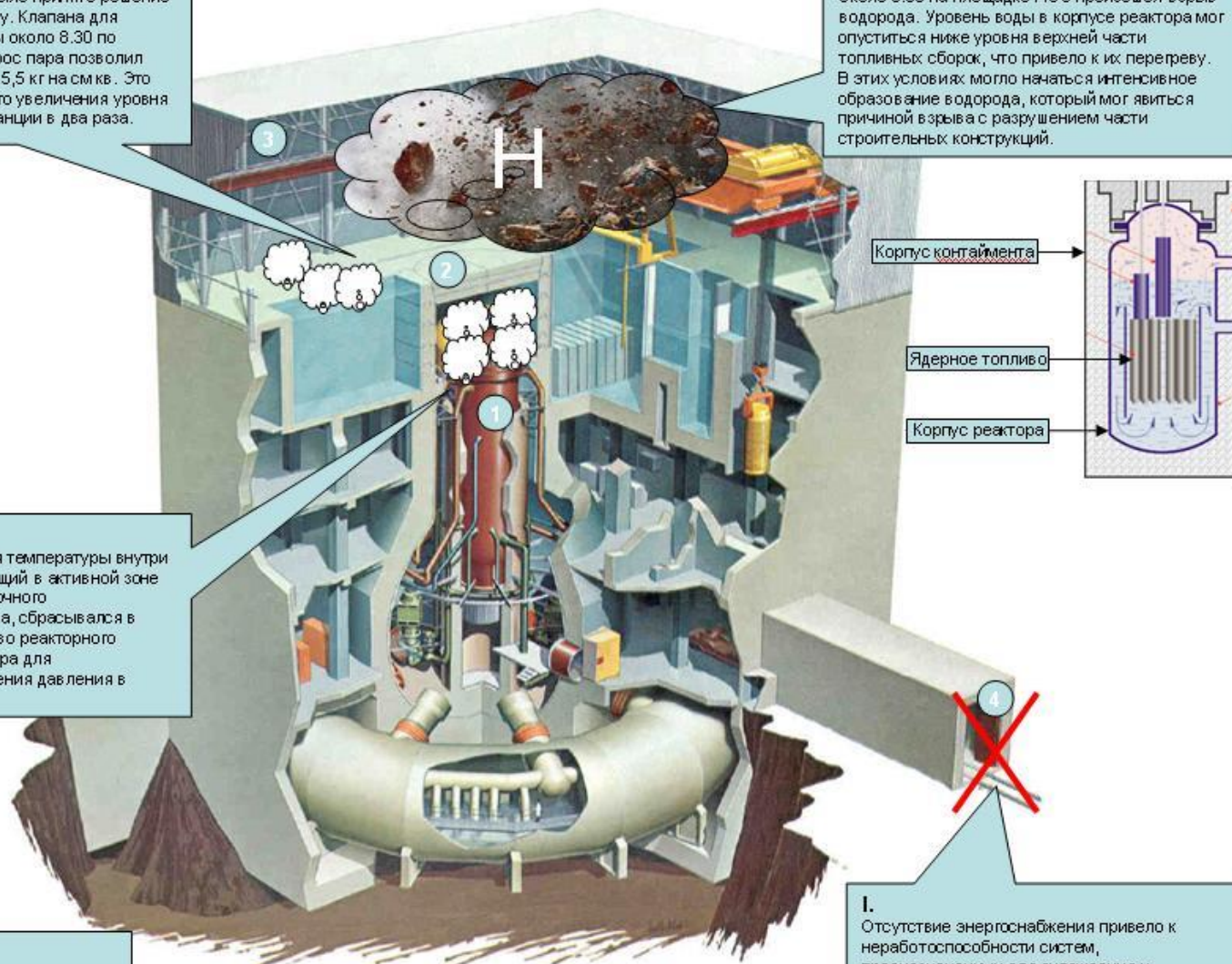
II.

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.

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.

1. Корпус реактора
2. Корпус ~~контеймента~~
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.

Авария на Фукусима АЭС

Последовательность разрушения реакторных блоков в результате прохождения цунами, вызванного землетрясением



Авария на Фукусима АЭС

Состояние реакторных блоков через два дня после прохождения цунами



РЕАКТОР 4 был выключен на момент землетрясения. Тем не менее в том, что он в безопасности, уверенности нет.

РЕАКТОР 1 взорвался в субботу после частичного разрушения топливных стержней. До сих пор есть риск нового взрыва.

РЕАКТОР 3 взорвался в понедельник, он все еще нагревается.

Система охлаждения **РЕАКТОРА 2** также вышла из строя. Охладить реактор стараются морской водой.

Пример разрушения 3-его реакторного блока



Авария на Фукусима АЭС

Состояние реакторных блоков через два дня после прохождения цунами



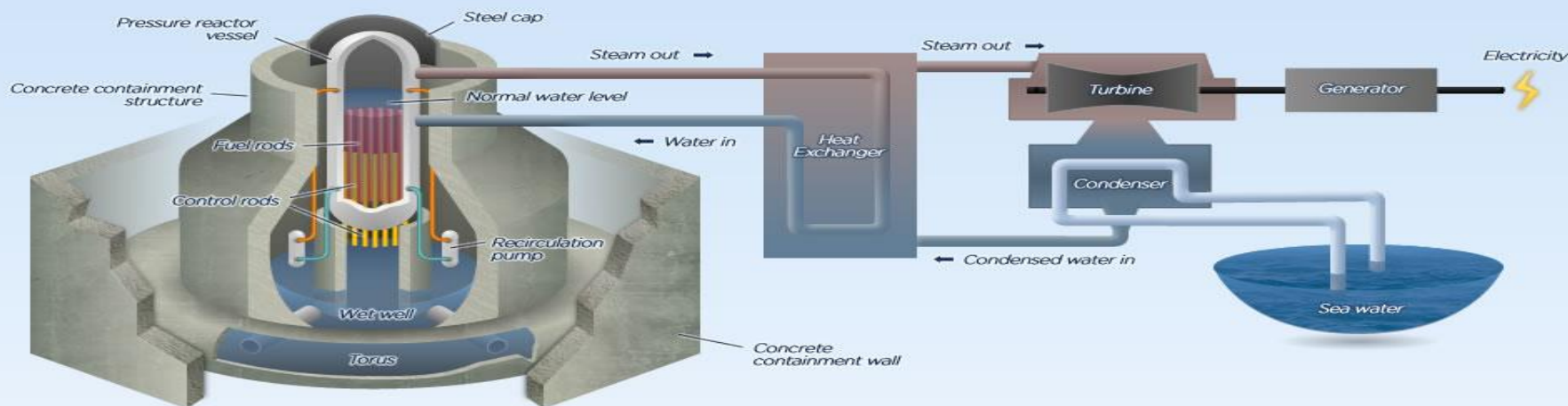
Авария на Фукусима АЭС

Панорама территории АЭС по результатам последовательности взрывов реакторных блоков

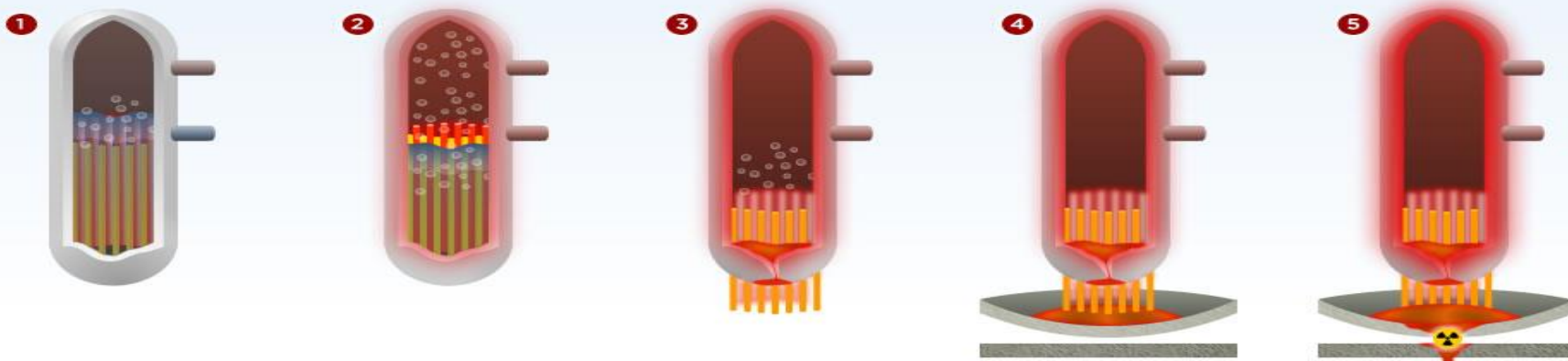


Картина проплавления днища у корпуса реакторного блока

Normal operation



The meltdown process



If the cooling system which pumps water into the pressure reactor vessel fails, water levels can drop and expose fuel rods that are made of a Zirconium metal can containing enriched uranium oxide.

At around 2,000 C, the Zirconium can melts, exposing pellets of uranium oxide which will also melt by 3,000 C.

The reactor becomes ever hotter because of the fission process, if it's still occurring, and because of the radioactivity of the fission products. It then melts through the bottom of the vessel.

The meltdown is trapped by the containment chamber, another layer of protection, which is surrounded by another thick concrete structure.

In a worst-case scenario, fuel can melt through both the containment chamber and concrete containment wall, releasing radioactivity.

Основные радиоактивные загрязнения при разрушении оболочки ядерного реактора

ЭЛЕМЕНТ	Время полураспада	Тип распада	Сопровожд. γ -излуч.
<u>Иод $_{53}\text{I}^{131}$</u> <u>30% - активности</u>	8 суток	β^- (0.6–0.8) МэВ	0.4 МэВ (80%) 0.6 МэВ (20%)
Цезий $_{55}\text{Cs}^{137}$ $_{55}\text{Cs}^{134}$	30 лет 2 года	β^- 0.5 МэВ β^- 0.7 МэВ	0.7 МэВ (85%) 1.2 МэВ (7%) 0.6 МэВ (20%)
Рутений $_{44}\text{Ru}^{103}$	35.5 суток	β^- 0.7 МэВ	0.5 МэВ
Нептуний $_{93}\text{Np}^{237}$	2.3 суток	β^- (0.4 и 0.7) МэВ	(0.1 – 0.3) МэВ
Стронций $_{38}\text{Sr}^{90}$	27.7 лет	β^- 0.7 МэВ	

Авария на Фукусима АЭС

Картина радиоактивного заражения в ходе продвижения радиоактивного облака с территории АЭС



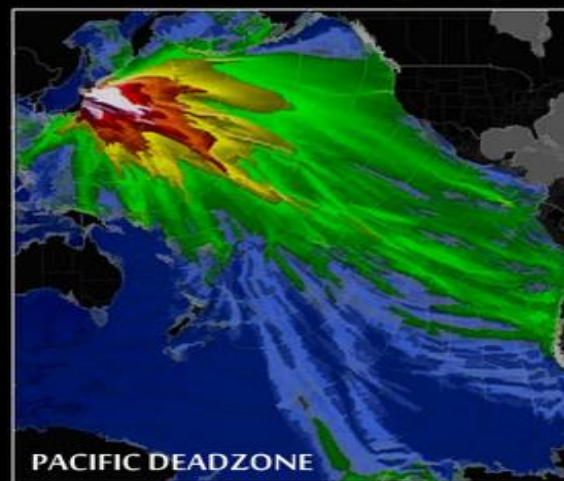
BREACHED REACTORS



Latest updated time 2011/03/12
Radiation Maximum Data List

Prefecture	Maximum
Hokkaido	Under survey
Aomori	Under survey
Miyagi	Under survey
Fukushima	Under survey
Ibaraki	48nGy/h
Kenagawa	43nGy/h
Nagata	40nGy/h
Ishikawa	53nGy/h
Fukui/Kyoto	74nGy/h
Shizuoka	81nGy/h
Osaka	59nGy/h
Okayama/Tottori	34nGy/h
Shimane	42nGy/h
Ehime	24nGy/h
Saga/Nagasaki	30nGy/h
Kagoshima	45nGy/h

The above table is a list of the maximum values of the space dose rate distributions shown from local governments in the latest updated date and time.



О возможном радиоактивном воздействии на нашу территорию при аварии на японских АЭС

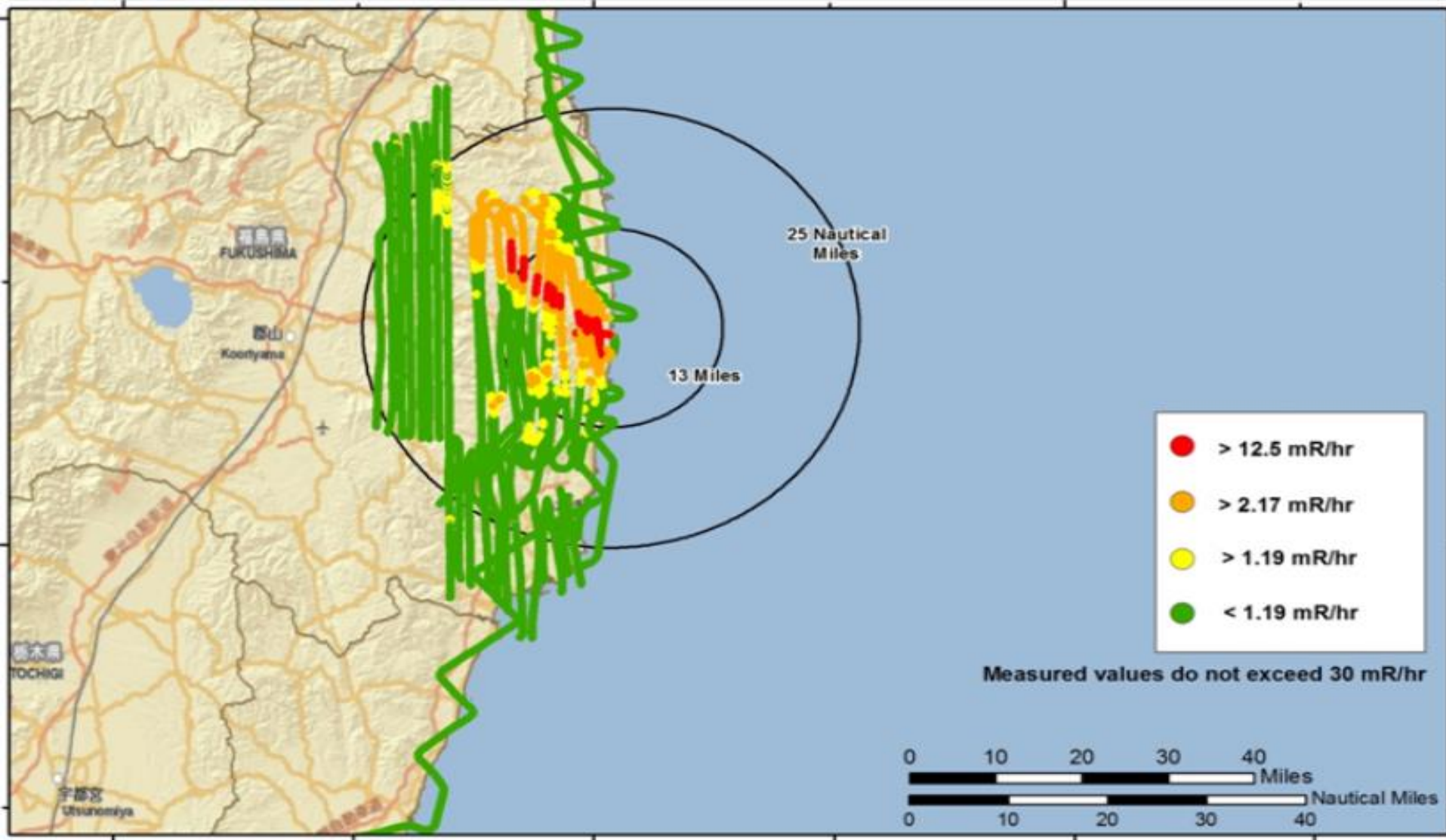


Заражение территории в окрестности Фукусима АЭС в результате аварии

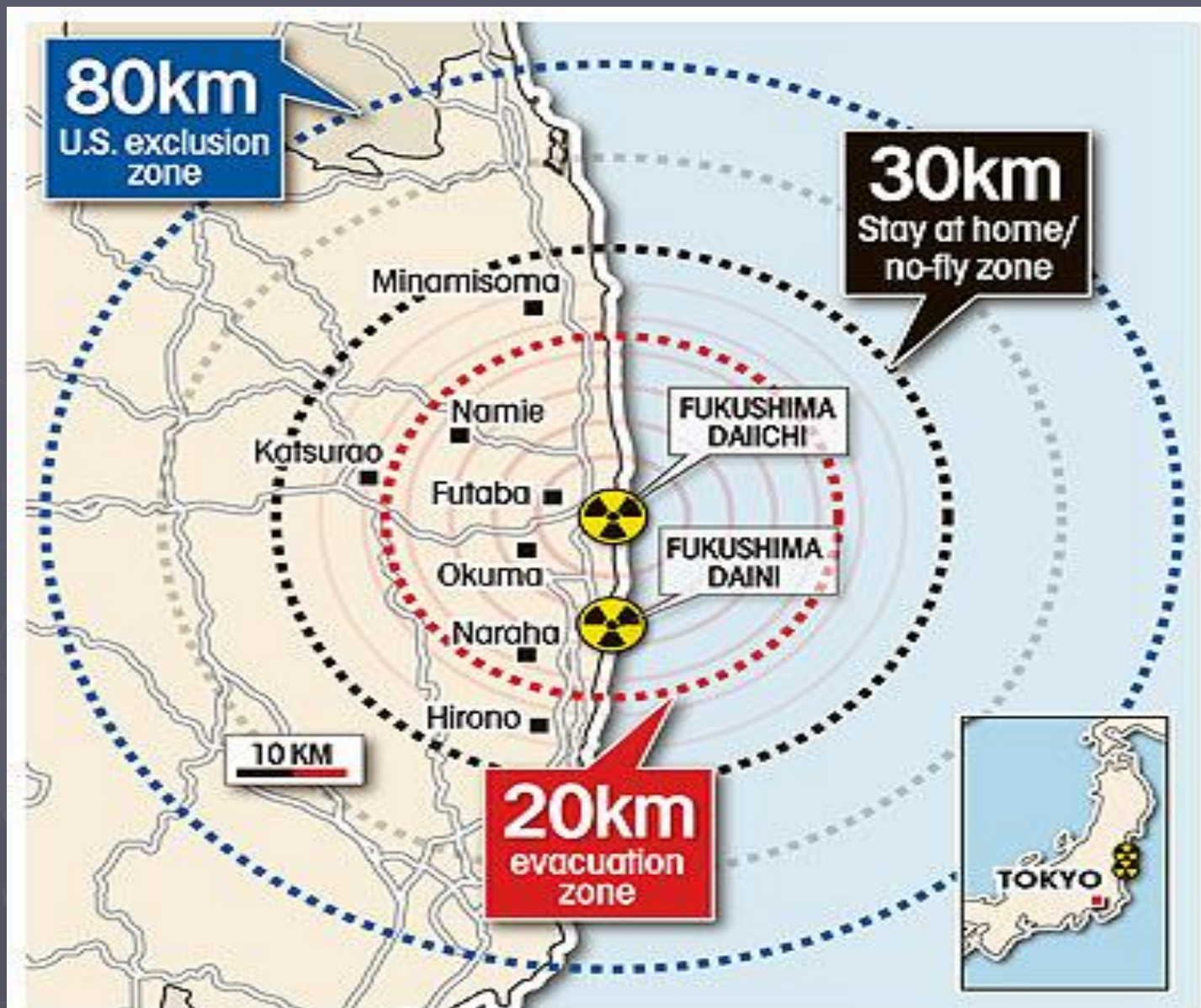


Aerial Monitoring Results - C-12
Survey Date - 17, 18, 19 March 2011

FUKUSHIMA DAIICHI
JAPAN



Зоны отчуждения после аварии на Фукусима АЭС



Авария на Фукусима АЭС

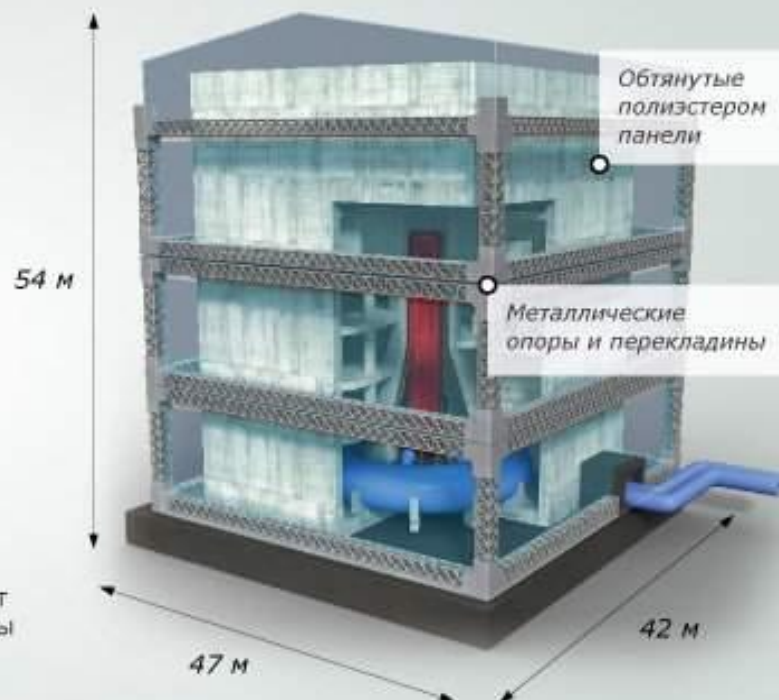
Защитный «колпак» над Фукусимой

Над энергоблоком №1 аварийной японской АЭС будет возведено огромное защитное сооружение

Этапы работы

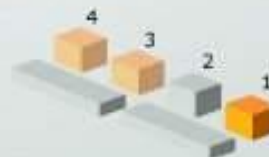


-  Пробная сборка в порту отправки
-  Демонтаж
-  Транспортировка к реактору
-  Итоговая сборка. Ее произведут два дистанционно управляемых гусеничных крана
-  Внутри сооружения будет установлена вентиляция, чтобы не допустить скопление водорода и предотвратить новые взрывы этого газа
-  Предполагается, что «колпак» сможет выдерживать порывы ветра до 25 м/с



«Колпак» призван предотвратить дальнейшее попадание в окружающую среду летучих радиоактивных веществ

Источники: TEPCO, The Daily Yomiuri

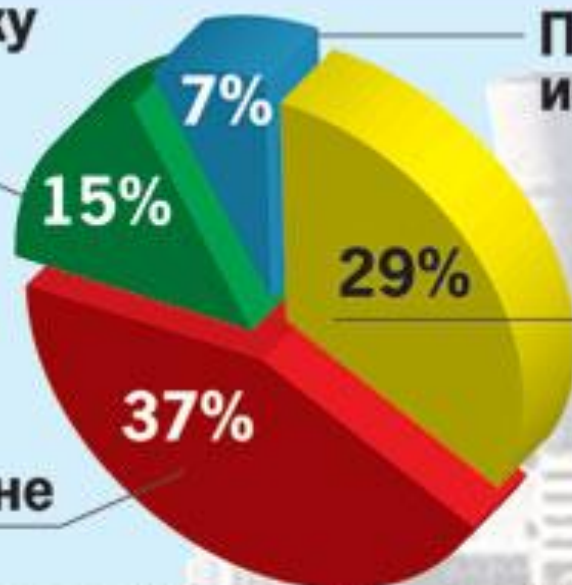


В планах — возведение аналогичных «колпаков» над энергоблоками №3 и №4

Россияне стали больше доверять атомной энергетике

Атомную энергетику
нужно постепенно
свернуть

Ядерную
энергетику
надо сохранить
на нынешнем уровне



Полностью против
использования АЭС

За активное
развитие
мирного атома

По данным Левада-Центра (февраль 2012 г.).

Отношение россиян к мирному атому после аварии на «Фукусиме» год назад:



30%

За сохранение
на нынешнем
уровне



27%

За постепенное
сворачивание



22%

За активное
развитие

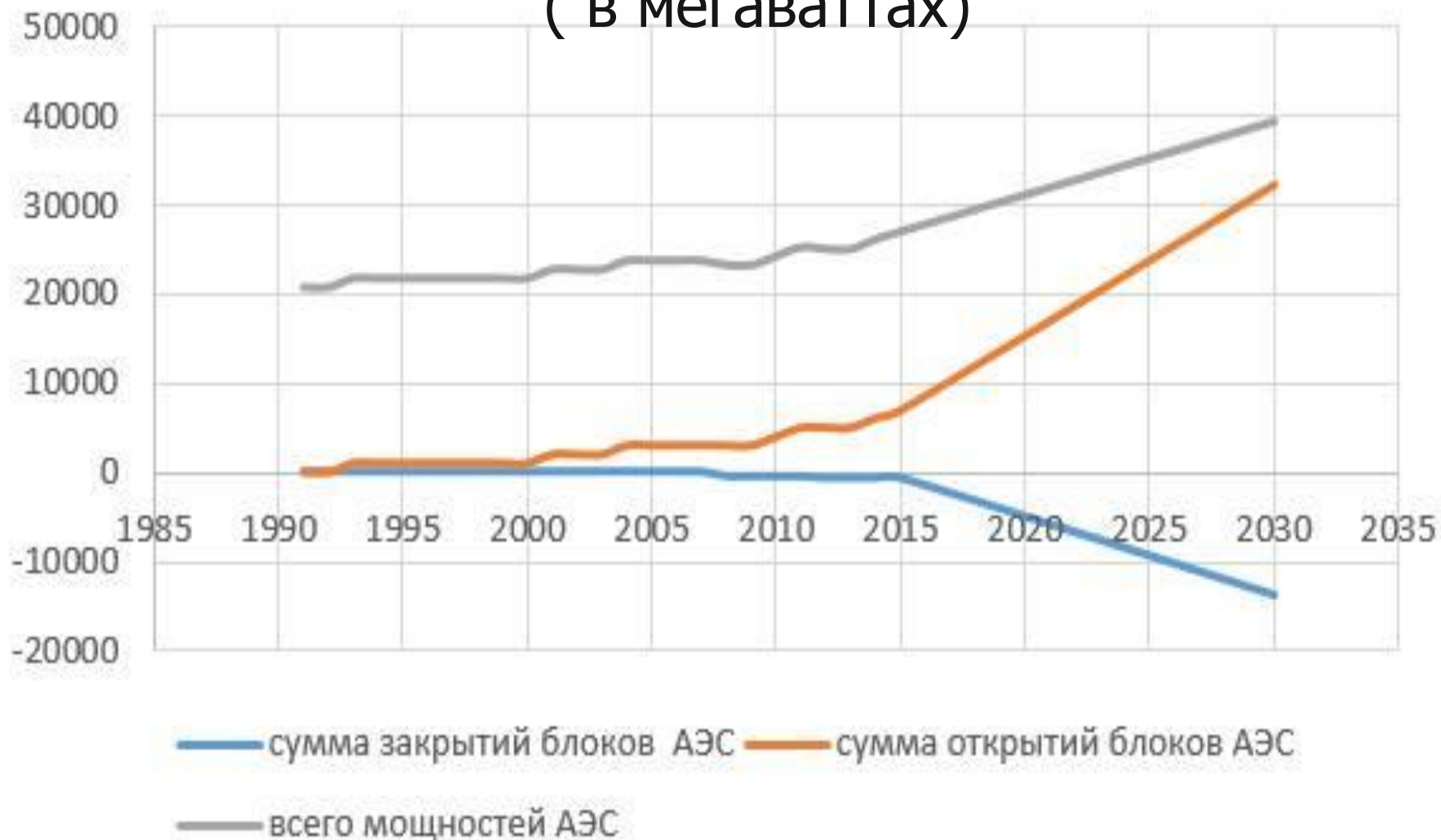


12%

За полный
отказ

План развития ядерной энергетики в РФ

мощности АЭС в России
(в мегаваттах)



Нынешний статус ядерной энергетики в РФ

- В общей сложности на 10 атомных станциях России в промышленной эксплуатации находятся 36 энергоблоков (21 энергоблок с реакторами типа ВВЭР (из них 3 энергоблока с реактором ВВЭР-1200, 13 энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 и 5 энергоблоков с ВВЭР-440 различных модификаций); 13 энергоблоков с канальными реакторами (10 энергоблоков с реакторами типа РБМК-1000 и 3 энергоблока с реакторами типа ЭГП-6); 2 энергоблока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (БН-600 и БН-800). Суммарная установленная мощность всех энергоблоков составляет **30,25 ГВт**. Они вырабатывают **свыше 19%** всего производимого электричества. Организационно все АЭС являются филиалами АО «Концерн «Росэнергоатом» (входит в состав подконтрольного Госкорпорации «Росатом» АО «Атомэнергпром»), который по объему атомной генерации является первой в России и второй в Европе (после французской EDF) энергетической компанией.

Сопоставление последствий теплового взрыва энергоблока АЭС и взрыва термоядерной бомбы

В случае реактора с электрической мощностью 1 ГВт выброс 1/3 накопившихся радиоактивных веществ в окружающую среду дает уровень полного объема радиоактивного заражения местности

масштаба 10^9 Ки.

Размер площади необитания в км² !

Время после взрыва	АЭС (1ГВт)	Бомба (1МТ)
2 недели	2.1×10^5	7.5×10^4
2 месяца	1.9×10^5	5×10^4
2 года	1×10^5	2×10^3
20 лет	2×10^4	-----

Последствия военного конфликта в случае массового применения ядерного оружия

- ▶ Пожары в результате ядерных взрывов
- ▶ Проблемы в атмосфере
- ▶ Влияние на температуру
- ▶ Вред живым существам
- ▶ Воздействие на растительность

- В случае массового применения ядерного оружия именно пожары создают предпосылки глобальной катастрофы

Ударная волна -

основной поражающий фактор ядерного взрыва. Она представляет собой область резкого сжатия среды, распространяющуюся во все стороны от места взрыва со сверхзвуковой скоростью. Поражает незащищенных людей, разрушает здания, оборудование и технику



Световое излучение -

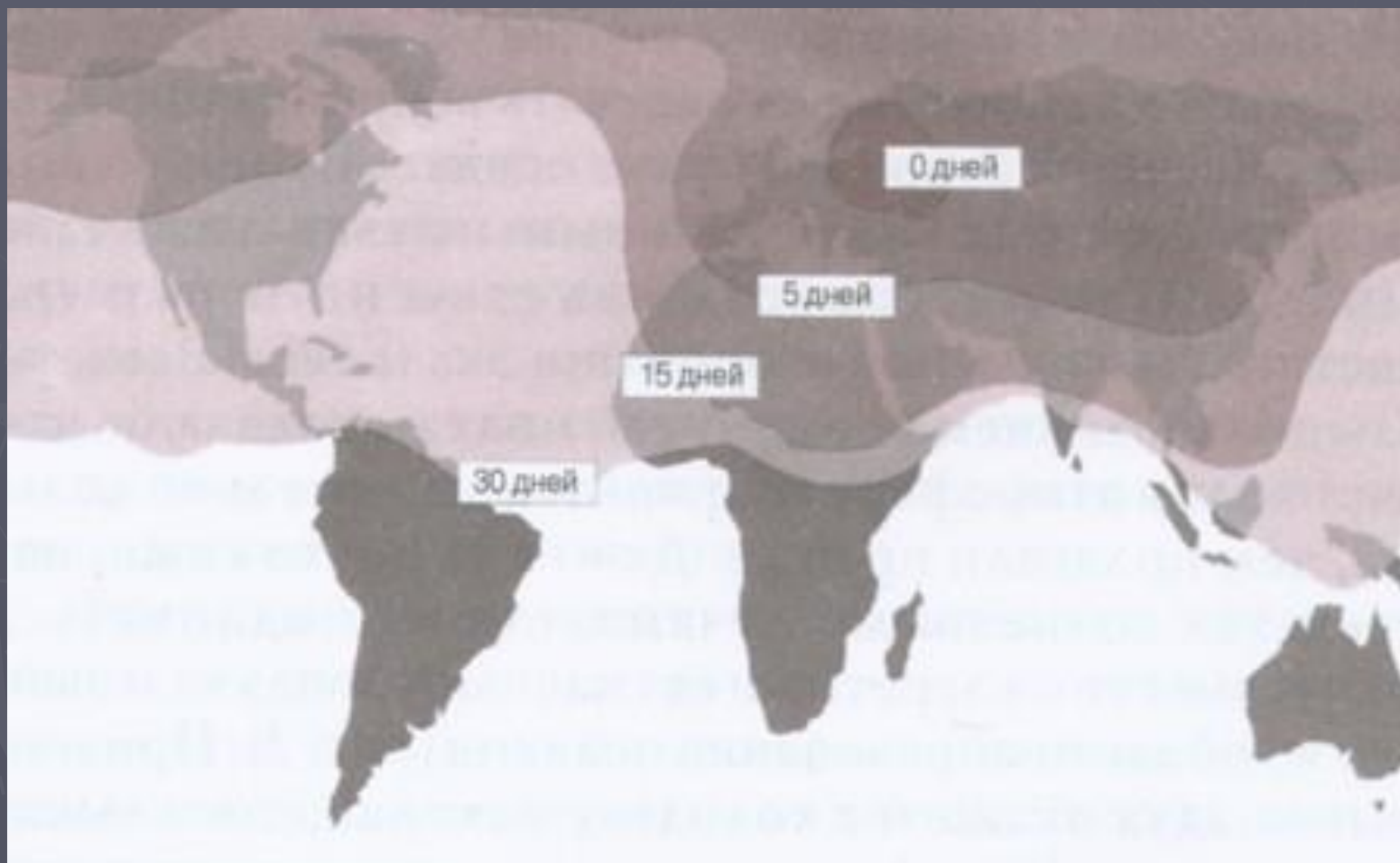
поток лучистой энергии, включающий видимые, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Его источник - светящаяся область, образуемая раскалёнными продуктами взрыва и воздухом. Распространяется практически мгновенно и длится до 20 с. Способно вызывать ожоги, поражение органов зрения людей и возгорание горючих материалов и объектов.



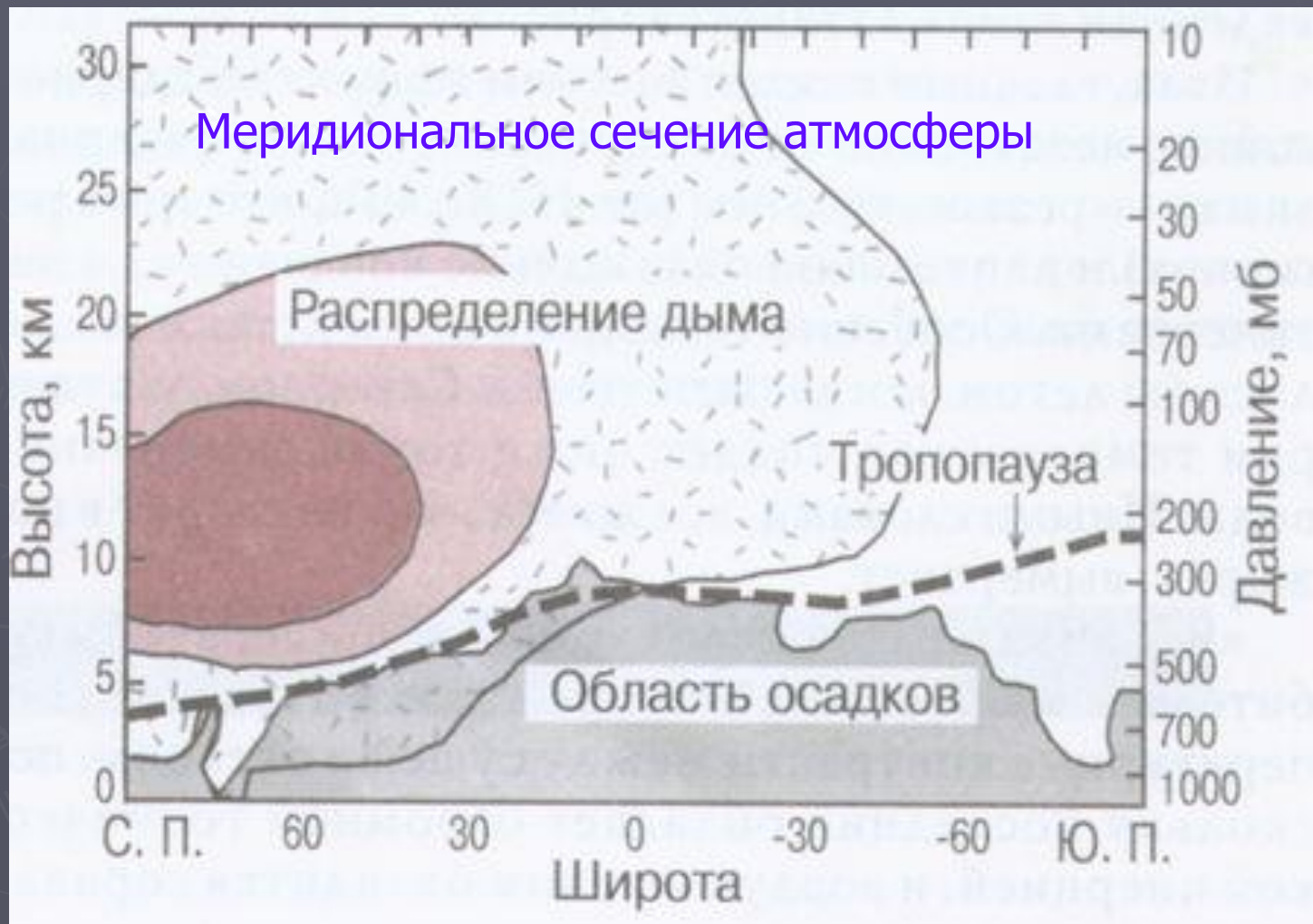
Допустим где-то в Восточной Европе...



Распространение дыма и пыли в атмосфере над поверхностью в первые 30 дней после ядерного конфликта



Распределение дыма на 15-20 сутки и область формирования осадков

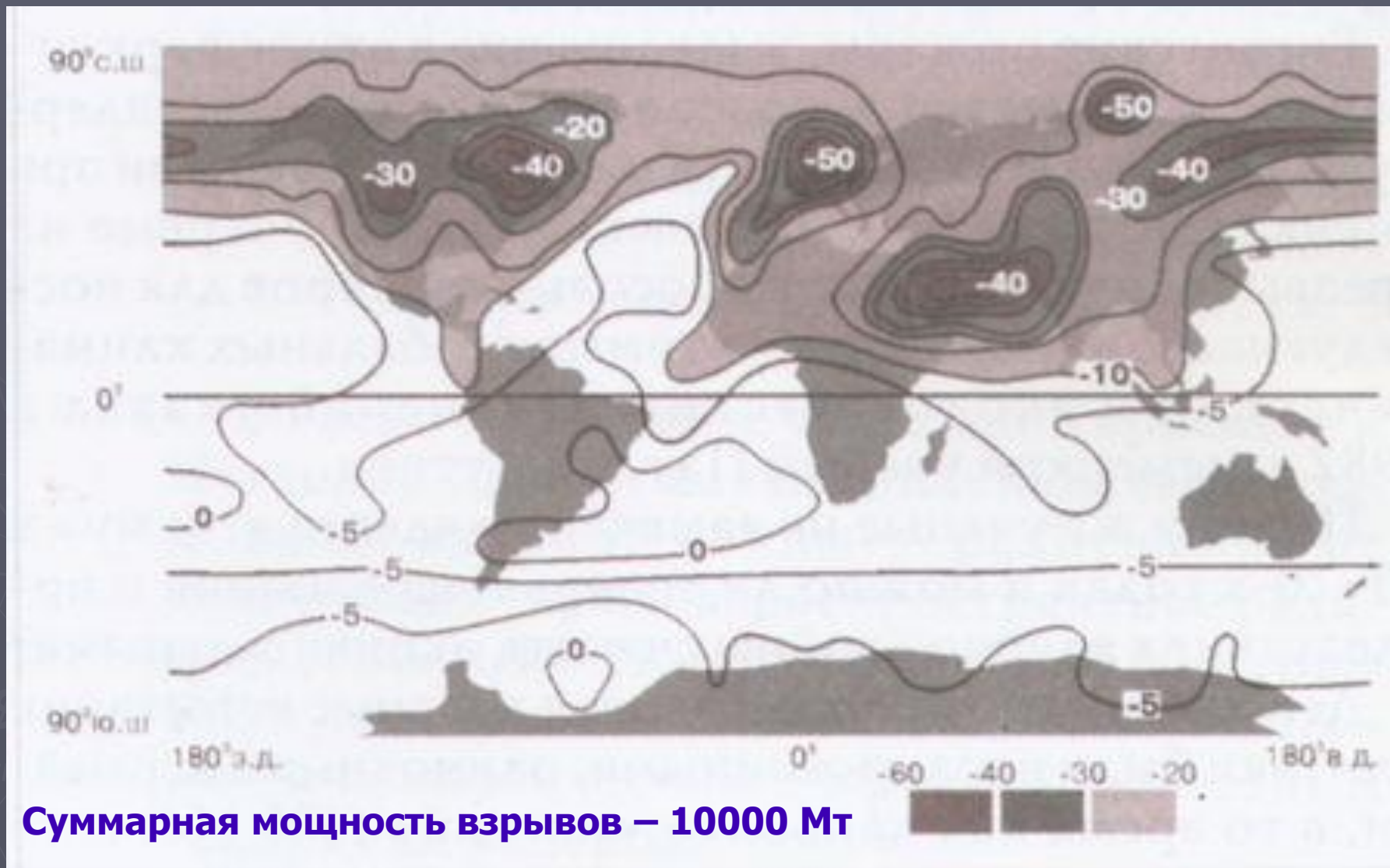


Изменение температуры воздуха у поверхности Земли через месяц после конфликта с «мягким» сценарием

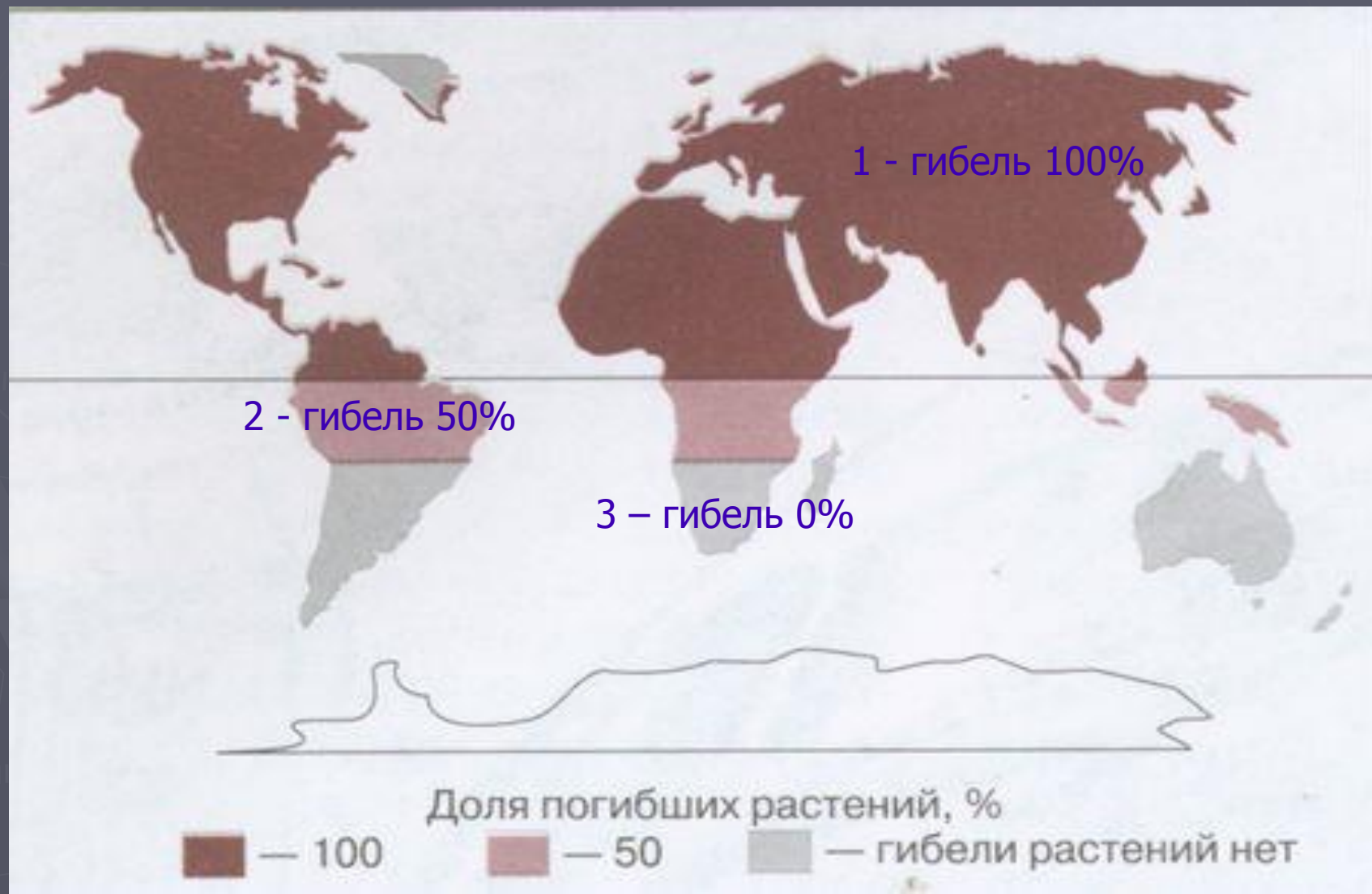


Суммарная мощность взрывов – 100 Мт

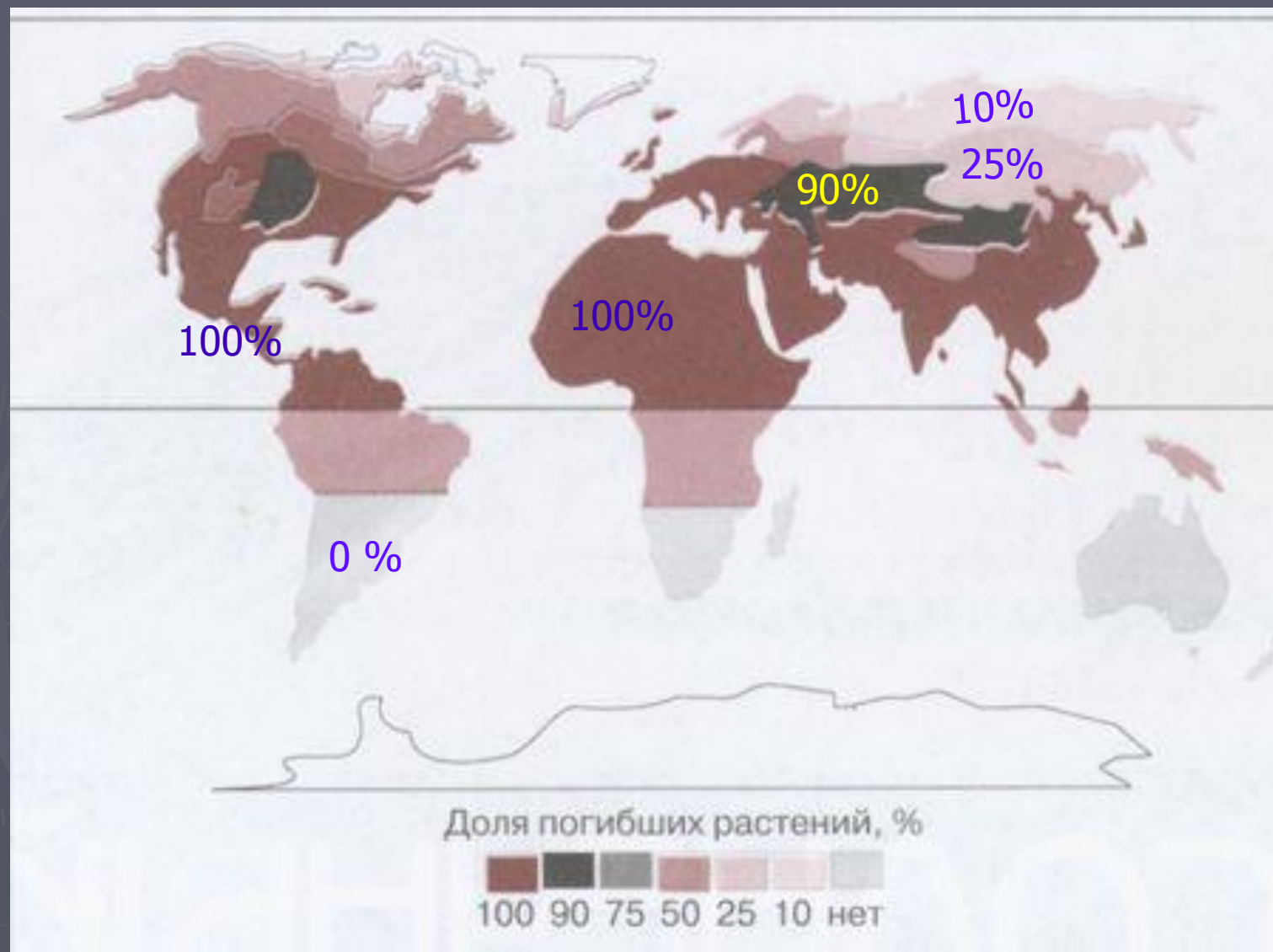
и при «жестком» сценарии военного конфликта



Поражение растений при возникновении "ядерной зимы" в случае взрывов июля



Поражение растений при возникновении "ядерной зимы" в случае взрывов в январе



Спасибо за внимание!

