

# Экспресс-информация

## Природные ЧС и аварии на АЭС

### Экспресс-лекция

Чернобыльская АЭС, СССР, 1986год

АЭС Фукусима1, Япония, 2011год



# Радиационно опасные объекты

Радиационно опасные объекты (РОО) - это АЭС, испытательные ядерные взрывы; атомные суда, корабли, подводные лодки, реакторы в научно-исследовательских центрах, промышленные установки по дефектоскопии и др.

**За период с 1971 года в мире на АЭС произошло более 200 аварийных ситуаций различного уровня.**

В соответствии с рекомендациями МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии) шкала аварийных ситуаций разделена на две части. Нижние три уровня относятся к *происшествиям*, а верхние четыре уровня соответствуют **авариям**.

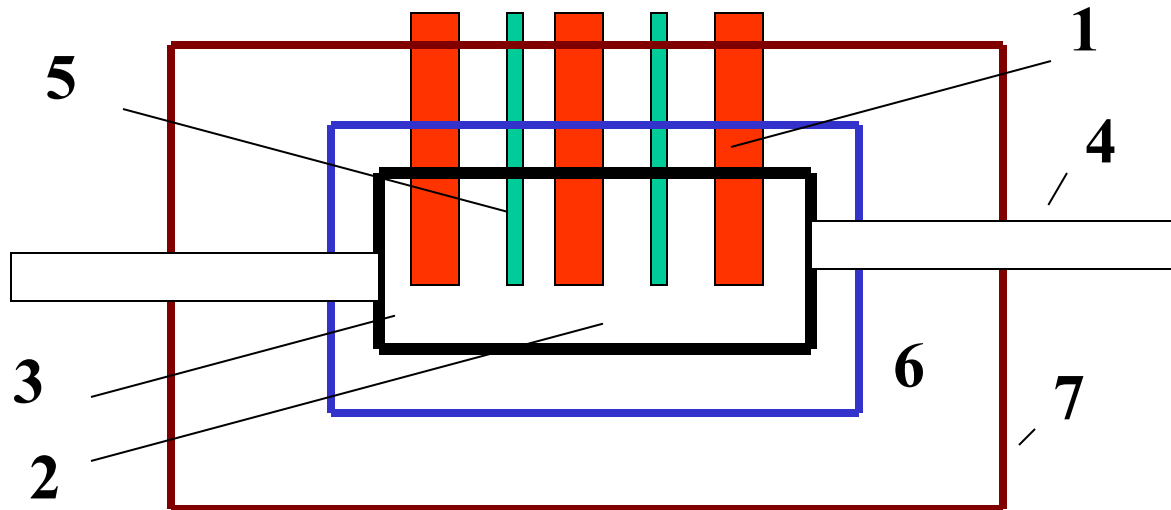
**Уровень 7** - Глобальная авария. Чернобыль, СССР, 1986г.

**Уровень 6** - Тяжёлая авария. Фукусима, Япония, 2011г.

**Уровень 5** - Авария с риском для окружающей среды  
Три-Майл-Айленд, США, 1979г.

**Уровень 4**-Авария в пределах АЭС. Сант-Лоурент, Франция, 1980г.

## Ядерный реактор (продолжение)



Ядерный реактор **АЭС** содержит ядерное горючее (1)- урановые тепловыделяющие элементы (ТВЛЭы), распределённые в активной зоне (2); замедлитель (3)- графит, беррилий; (4)- тепловую колонку; управляющие стержни (5), поглощающие нейтроны (кадмий, бористая сталь); отражатель нейтронов (6); внешнюю защиту (7).

# Дозовые характеристики

1. **Экспозиционная доза  $X$**  (Кл/кг) оценивает эффект ионизации воздуха рентгеновским и гамма- излучением:

$$X = \frac{Q}{m},$$

где  $Q$  - сумма электрических зарядов ионов одного знака, Кл;  
 $m$  - объём воздуха массой 1 кг.

Внесистемная единица экспозиционной дозы - 1 рентген.

Мощность экспозиционной дозы  **$P$**  (Р/ч, мР/ч, мкР/ч):

$$P = \frac{X}{t}$$

Эта величина для природного фона составляет:

**10 - 30 мкР/ч**

# Дозовые характеристики

(продолжение 1)

**2. Поглощённая доза  $D$**  - это отношение энергии ионизирующего излучения  $E$  (Дж) к массе вещества  $m_v$  (кг):

$$D = \frac{E}{m_v}$$

Единица поглощённой дозы - **1 Грей (Гр)** = 1 Дж/кг = 100 рад, где рад - внесистемная единица. Для биологической ткани:

$$1 \text{ Р} = 0,95 \text{ рад}$$

Экспозиционную дозу в рентгенах и поглощённую дозу в ткани в радах можно считать совпадающими.



# Дозовые характеристики

## (продолжение 2)

**3. Эквивалентная доза Н (Зиверт, Зв)** учитывает разный биологический эффект ионизирующих излучений. Она характеризуется произведением поглощённой дозы **D** на коэффициент относительной биологической активности (коэффициент качества излучения **K**).

$$H = D K \quad \text{Для гамма-излучения - } 1 \text{ Зв} = 100 \text{ Р.}$$

Внесистемная единица эквивалентной дозы - **бэр** (биологический эквивалент рада).

$$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$$

Коэффициент качества излучения равен для гамма- и бета-излучения - **1**, нейтронного излучения - **10**, альфа-частиц - **20**.

$$10 \text{ мкР/ч} = 100 \text{ нЗв/ч} = 0,1 \text{ мкЗв/ч} = 100 \text{ мкР/ч.}$$

# Взрыв на Чернобыльской АЭС

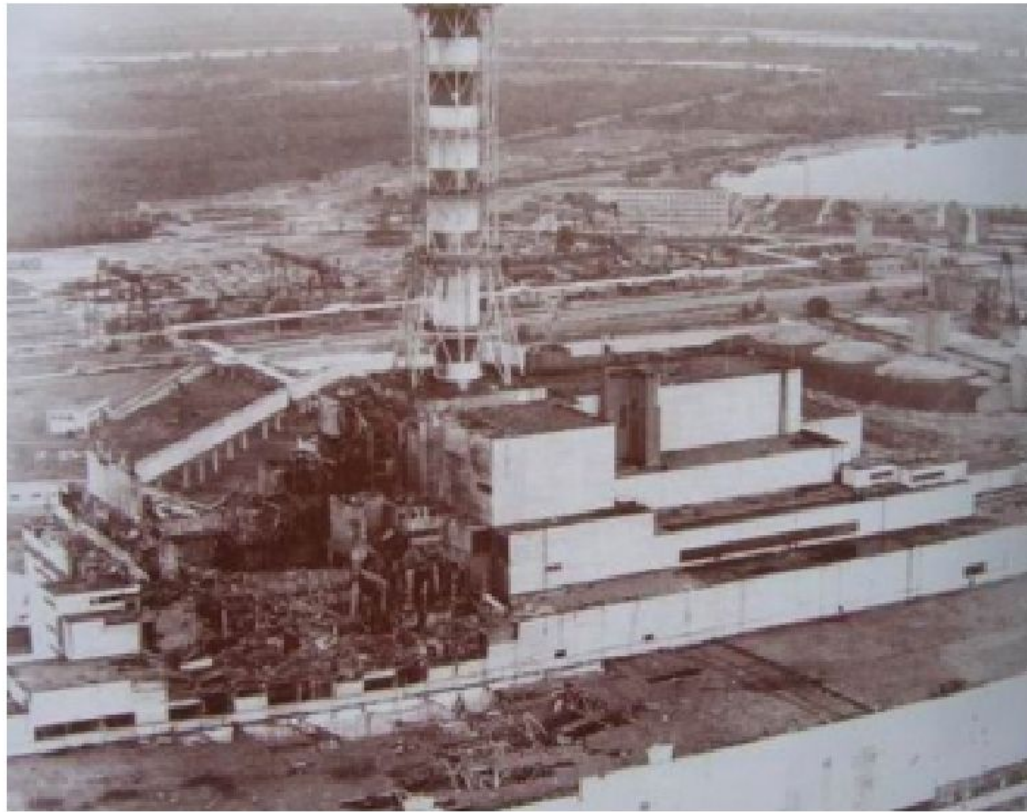
В 1:23:39 зарегистрирован сигнал аварийной защиты АЗ-5 от нажатия кнопки на пульте оператора. Поглощающие стержни начали движение в активную зону, однако вследствие их неудачной конструкции и заниженного (не регламентного) оперативного запаса реактивности реактор не был заглушен. В следующие несколько секунд зарегистрированы различные сигналы, свидетельствующие о быстром росте мощности, затем регистрирующие системы вышли из строя.

По различным свидетельствам, произошло от одного до нескольких мощных ударов (большинство свидетелей указали на два мощных взрыва), и к 1:23:47—1:23:50 реактор был полностью разрушен.

Впоследствии у 134 сотрудников ЧАЭС и членов спасательных команд, находившихся на станции во время взрыва, развилась лучевая болезнь, 28 из них умерли в течение следующих нескольких месяцев.

После оценки масштабов радиоактивного загрязнения стало понятно, что потребуются эвакуация города Припять, которая была проведена 27 апреля. В первые дни после аварии было эвакуировано население 10-километровой зоны.

# После взрыва на 4 блоке Чернобыльской АЭС





# Отличия в конструкции Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима1

- Реактор. На Чернобыле использовался реактор РМБК-1000. Как стало известно после аварии, целый ряд серьезных конструктивных и технологических недостатков, при неправильных действиях персонала, стал причиной взрыва. На «Фукусиме» стоят реакторы типа ВWR, считающиеся самыми безопасными в мире. Реакторы ВWR занимают в мире второе место по количеству вырабатываемой на АЭС энергии (после реакторов типа РWR).
- Система защиты. Первые две ступени защиты аналогичны на обеих АЭС – защитная оболочка топливных стержней и защитная оболочка реактора. На «Фукусиме» есть и третья ступень защиты, которой не было в Чернобыле, – герметичная оболочка реакторного зала.
- Замедлитель ядерной реакции. В реакторе Чернобыльской АЭС использовались графитовые стержни, которых нет в реакторе «Фукусимы» - вместо них используется вода. Возгорание от перегрева графитовых стержней и вызвало пожар реактора в Чернобыле.
- Выгрузка топлива из реактора. Конструкция РМБК-1000 делает возможным выгрузку топлива «на ходу». Чтобы разгрузить используемый японцами ВWR, необходима полная остановка реактора и снижение давления до атмосферного.

# Причины взрыва на АЭС

- Причина взрыва на станциях разная. В Чернобыле это конструктивные недоработки реактора, которые выявились при проведении испытаний дополнительной системы аварийного электроснабжения. В Японии – из-за землетрясения и отказа аварийной системы охлаждения.
- Однако, по большому счету, в обоих случаях катастрофы стали возможными из-за недоработок конструкторов реакторов и станций. В Чернобыле персонал действовал строго по инструкции и не мог знать об особенностях поведения реактора на некоторых режимах. В Японии не сработала аварийная система охлаждения, которая должна была автоматически включиться после отказа основной. Для реактора типа BWR предусмотрено использование контейнеров с водой, насыщенной бором, которая затормаживает ядерную реакцию. Запасная система работает на собственных аккумуляторах, поэтому перебои с электро- или газоснабжением не могли сказаться на ее работоспособности. Эту гипотезу подтверждает информация о том, что американские военные самолеты срочно доставляют охлаждающую жидкость на «Фукусиму-1». Значит, конструкторы что-то не предусмотрели.
- На обеих станциях был взрыв. Однако если в Чернобыле он случился через 30 секунд после первого сигнала тревоги, то на «Фукусиме-1» – спустя сутки после землетрясения и начала неполадок в системе жизнеобеспечения станции. Японские атомщики успели отключить реактор.

## Последствия Чернобыльской катастрофы

За 5 лет до Чернобыльской катастрофы на АЭС в СССР было более 1000 аварийных остановок энергоблоков. На Чернобыльской АЭС таких остановок было - 104, из них 35 - по вине персонала.

После катастрофы на Чернобыльской АЭС:

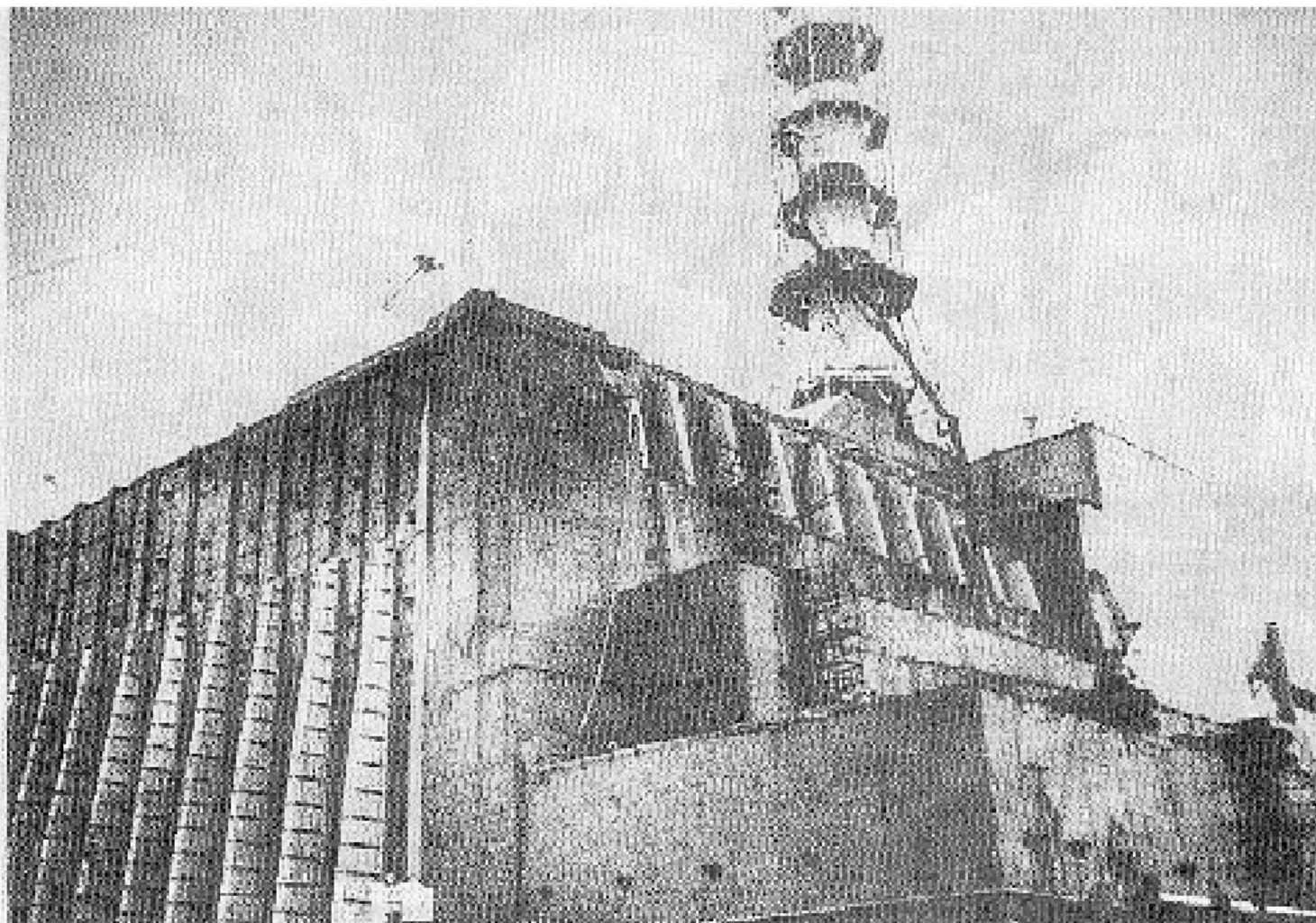
госпитализировано - **500** человек;  
погибло сразу после аварии - **28** человек;  
заболели тяжёлой формой лучевой болезни - **272** человека.

За 10 лет умерло **4000** ликвидаторов, **70000** человек стали инвалидами, **3 млн.** человек испытали влияние этой катастрофы.

Уровень радиоактивного загрязнения в Брянской области составил - до **40** Ки/кв. км.

В четырёх областях, примыкающих к опасной зоне - **5** Ки/км<sup>2</sup>

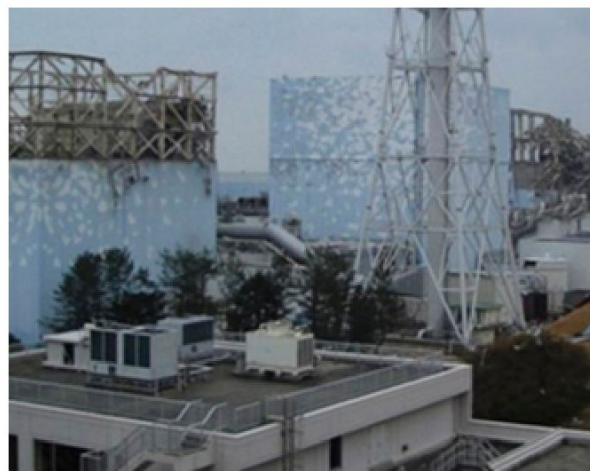
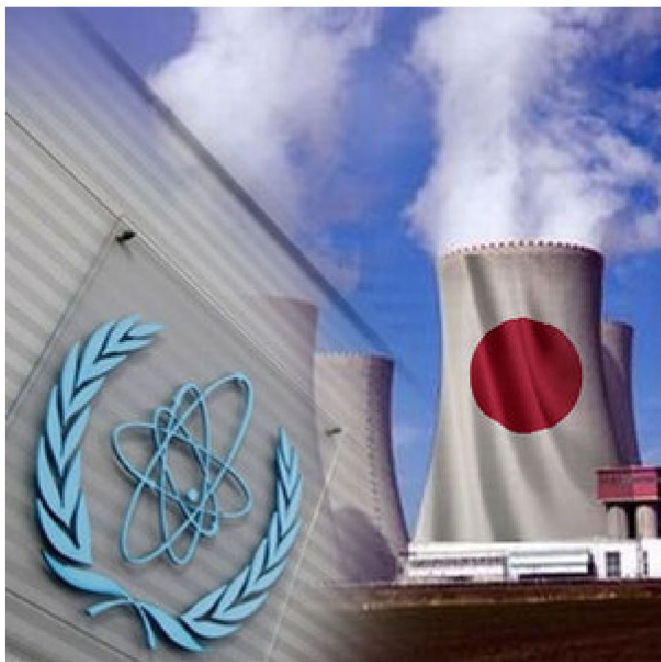
В 16 областях **РФ** уровень загрязнения - более 1 Ки/кв. км.



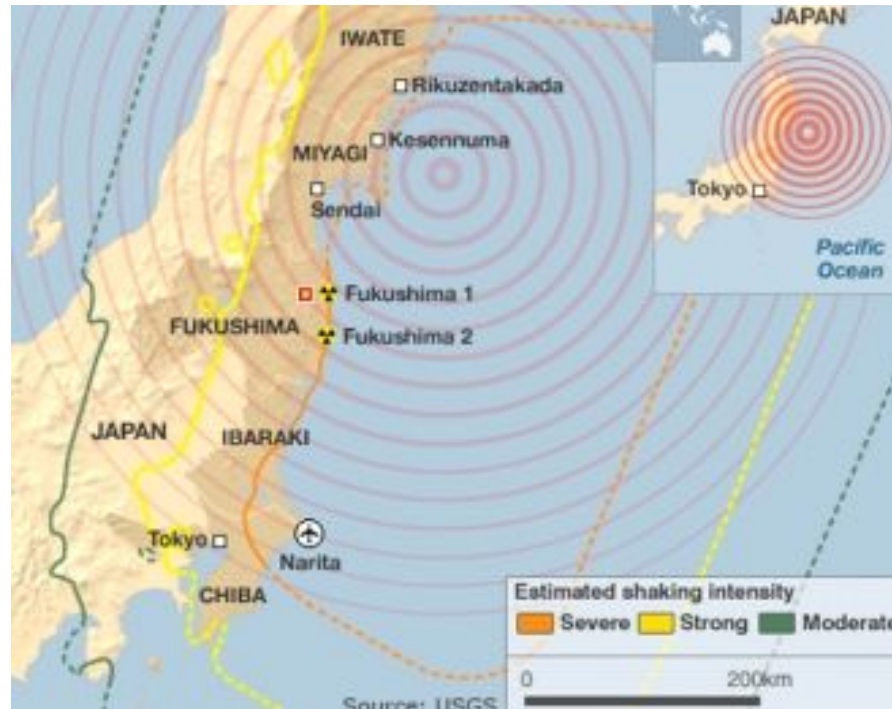
**Рис. Саркофаг на четвёртом блоке Чернобыльской АЭС**

# Аварийные ситуации на АЭС.

## Япония, Фукусима







Землетрясение магнитудой 9,0 произошло у северо-восточного побережья Японии 11 марта. Подземные толчки вызвали цунами высотой более десяти метров, которое привело к масштабным разрушениям.

Защитная оболочка реактора получила повреждения в результате землетрясения.

На японских АЭС «Фукусима-1» и «Фукусима-2» после землетрясения был введен режим ЧС из-за выхода из строя систем охлаждения. В следующие три дня на «Фукусиме-1» произошли взрывы соответственно на первом, третьем и втором реакторах, позднее произошли пожары и на четвертом энергоблоке.



Персонал атомной электростанции в префектуре Фукусима на ранней стадии аварии был полностью эвакуирован из-за высокого уровня радиации на станции, который превышал допустимые нормы в 20 - 60 раз.

Вертолеты сил самообороны Японии приступили к операции по сбросу воды над третьим энергоблоком аварийной АЭС. Два вертолета марки СН-47 в четыре захода сбрасывали воду из прикрепленных к ним резервуаров, объем которых составляет 7,5 тонн.



Гигантский столб дыма — очередное подтверждение: ситуация на Фукусиме выходит из-под контроля. Ночью — новый пожар. Весь персонал атомной станции вынужденно эвакуируют. Уровень радиации превысил все допустимые нормы. Находиться внутри смертельно опасно.



Охладить реактор вода уже не способна. Взаимодействие металла и пара приводит к выделению водорода, который в любой момент может взорваться с выделением белого дыма. Для замедления реакции в воду добавляют борную кислоту.



Согласно данным МАГАТЭ, допустимый уровень радиации в зоне нахождения атомной станции «Фукусима-1» превышен в 1000 раз; в радиусе 30 км эвакуированы люди.

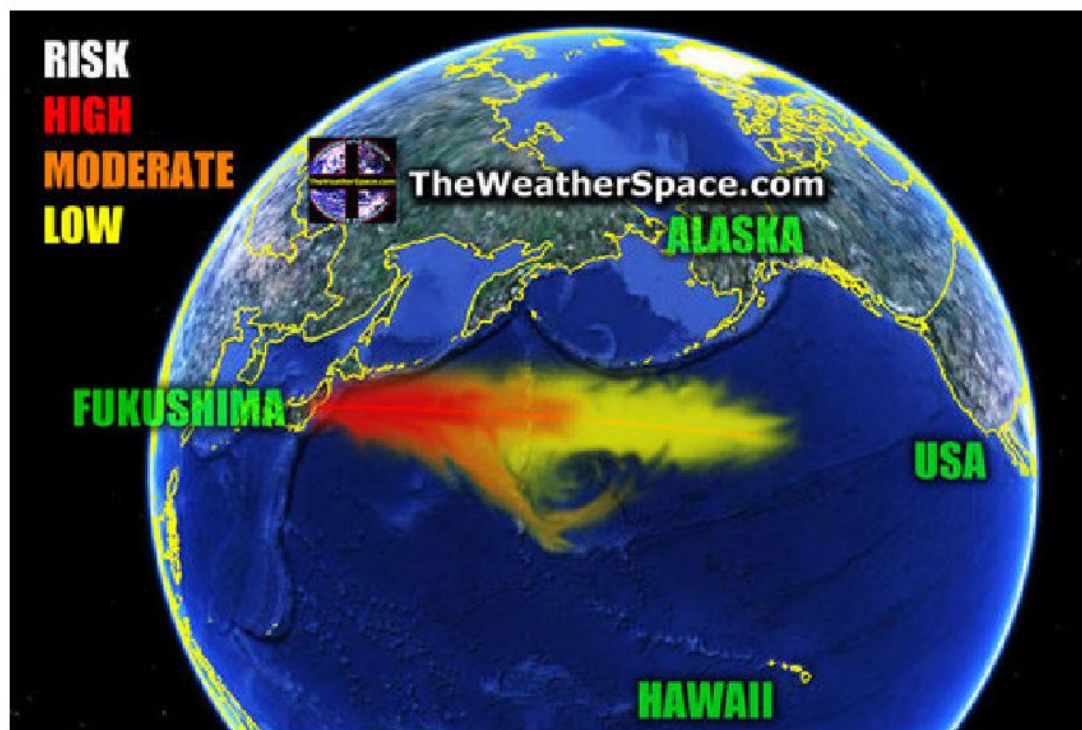
После серии взрывов радиационный фон у главных ворот станции составил почти 12 тысяч микрозивертов в час.



На аварийной АЭС работают люди при уровнях радиации от 100 до 200 мЗв/ч.

17 сотрудников получили высокую дозу радиации и радиационные ожоги.





**Ожидаемое направление распространения радиоактивного облака от АЭС Фукусима, обусловленное преобладающим направлением ветра в этих районах земного шара**

# Последствия землетрясения



Землетрясение магнитудой 9,0 произошло у северо-восточного побережья Японии 11 марта. Подземные толчки вызвали цунами высотой более десяти метров, которое привело к масштабным разрушениям.



**Землетрясения и цунами привели к полным разрушениям наземных объектов**

# Огромные площади были затоплены водой



С момента цунами, обрушившегося на остров Хонсю, прошла ровно неделя. Катастрофа, вызванная землетрясением, за 7 дней превратилась в серьезный энергетический кризис с ярким радиоактивным вкусом. Несколько десятков жертв стали тысячами. Японское правительство, обещавшее эвакуированным из опасной зоны скорое возвращение домой, заявляет о том, что временное пребывание в приютах может затянуться. Мы подсчитали цифры неделю спустя.

Мог ли кто-либо предположить, что список в несколько десятков жертв, который озвучивали японцы в прошлую пятницу, расти будет так стремительно. В день к нему прибавлялась тысяча человек (более 6,5 тысячи человек)! И это только те, чью гибель подтверждает полиция. Судьба 10,5 тысячи неизвестна. Пока они числятся пропавшими без вести. Но история подобных катастроф «заставляет» две эти цифры складывать. Шансов найти среди развалин живых все меньше.





**Разрушительное цунами**





**Землетрясение и стремительный водный поток перемешали и уничтожили всё, что было на поверхности земли**

## После семи дней с начала аварии на АЭС

По сообщениям властей, всего в пострадавшие районы переброшены более 100 тысяч военных. К концу недели последствия землетрясения выглядят катастрофическими.

Без электроэнергии – полмиллиона домов. Из тех, что уцелели, без воды – 150 тысяч человек. Стихия повредила 80 тысяч зданий. Сколько разрушено полностью, говорят лишь примерно. Неизвестно, и сколько людей в больницах.

Даже спустя неделю Японию продолжает трясти. Толчки не прекращаются. Сила – до 6 магнитуд по шкале Рихтера. Только сегодня землетрясение вновь ощущали в префектуре Ибараку на северо-востоке острова.

По итогам 7 дней с момента катастрофы ученые скорректировали и данные о том, как землетрясение изменило ось Земли. Сейчас говорят уже о сдвиге в 25 сантиметров. Сам остров Хонсю сдвинулся почти на 2 с половиной метра.

Однако, по расчетам экспертов, даже при самом неблагоприятном развитии событий, радиация не распространится на российский Дальний Восток.

Тем временем, содержащие радиоактивные частицы воздушные массы достигли южной части американского штата Калифорния. К счастью, доза радиации настолько мала, что опасности для здоровья людей нет.

Число жертв стихии продолжает увеличиваться. По данным полиции, количество погибших приближается к **тридцати тысячам** человек.

## **Из сообщений СМИ**

Представитель ВОЗ в Китае Майкл О'Лири заявил агентству Рейтер, что радиация представляет угрозу для здоровья людей лишь в радиусе 30 километров вокруг аварийных объектов. По информации телеканала NHK, Министерство здравоохранения Японии начало эвакуацию в другие префектуры людей, госпитализированных в населенных пунктах в радиусе от 20 до 30 километров от АЭС «Фукусима-1».

### **Ветер дует в сторону США**

Появившиеся ранее в СМИ прогнозы метеорологов о том, что ветер от аварийной японской АЭС будет «примерно до 25 марта» дуть в сторону США, начинают сбываться. Как сообщило агентство Ассошиэйтед Пресс, радиоактивное облако уже достигло южной части американского штата Калифорния. Однако опасности для здоровья людей нет, поскольку уровень радиации на побережье «в миллиард раз ниже уровней, которые могут угрожать здоровью человека».

### **Дальний Восток вне опасности**

На российском Дальнем Востоке загрязнений из-за аварии на японской АЭС «Фукусима-1» не обнаружено, угрозы радиационного заражения, по оценкам экспертов, нет ни сейчас, ни в будущем. По данным МЧС, в пятницу в регионе отмечаются показатели в рамках от 12 до 17 микрорентген в час при уровне естественного радиационного фона на Дальнем Востоке 30 микрорентген в час.

**29 марта 2011 года ситуация на японской АЭС «Фукусима» остаётся опасной и непредсказуемой**



# Наиболее тяжёлые землетрясения

Потери людей

Энергия по шкале  
Рихтера (магнитуда)

Страна и год

Число погибших

Китай, 1976	242 000	8,2
Китай, 1927	200 000	8,3
СССР(Ашхабад),1948	110 000	7,3
Китай, 1920	110 000	8,6
Япония, 1923	100 000	8,3
Италия, 1908	83 000	7,5
Китай, 1923	70 000	7,6
Перу, 1970	66 800	7,7
Иран, 1990	50 000	7,5
Турция, 1930	30 000	7,9
Япония, 2011	30 000 (цунами)	9,0
СССР (Армения),1988	25 000	7,9

# Наиболее тяжёлые наводнения и цунами

## Потери людей

1970 г. В районе прибрежной полосы Бенгальского залива мощная нагонная волна, возникшая от урагана, накрыла густонаселённые острова. Погибло около **800 тыс. человек**. Возникла эпидемия холеры и брюшного тифа.

1976 г. В Пакистане от наводнения погиб **1 млн чел.**

1953 г. В Голландии при прорыве дамбы погибло **18 тыс. чел.**

1824 г. В Санкт-Петербурге во время наводнения было разрушено **3 тыс. домов**, погибло **600 человек**.

1996 г. Ливневые дожди нанесли огромный ущерб отдельным районам Бурятии, Дагестана, Татарстана, Приморского и Хабаровского края.

Обзор составлен Гомзиковым Э.А.