

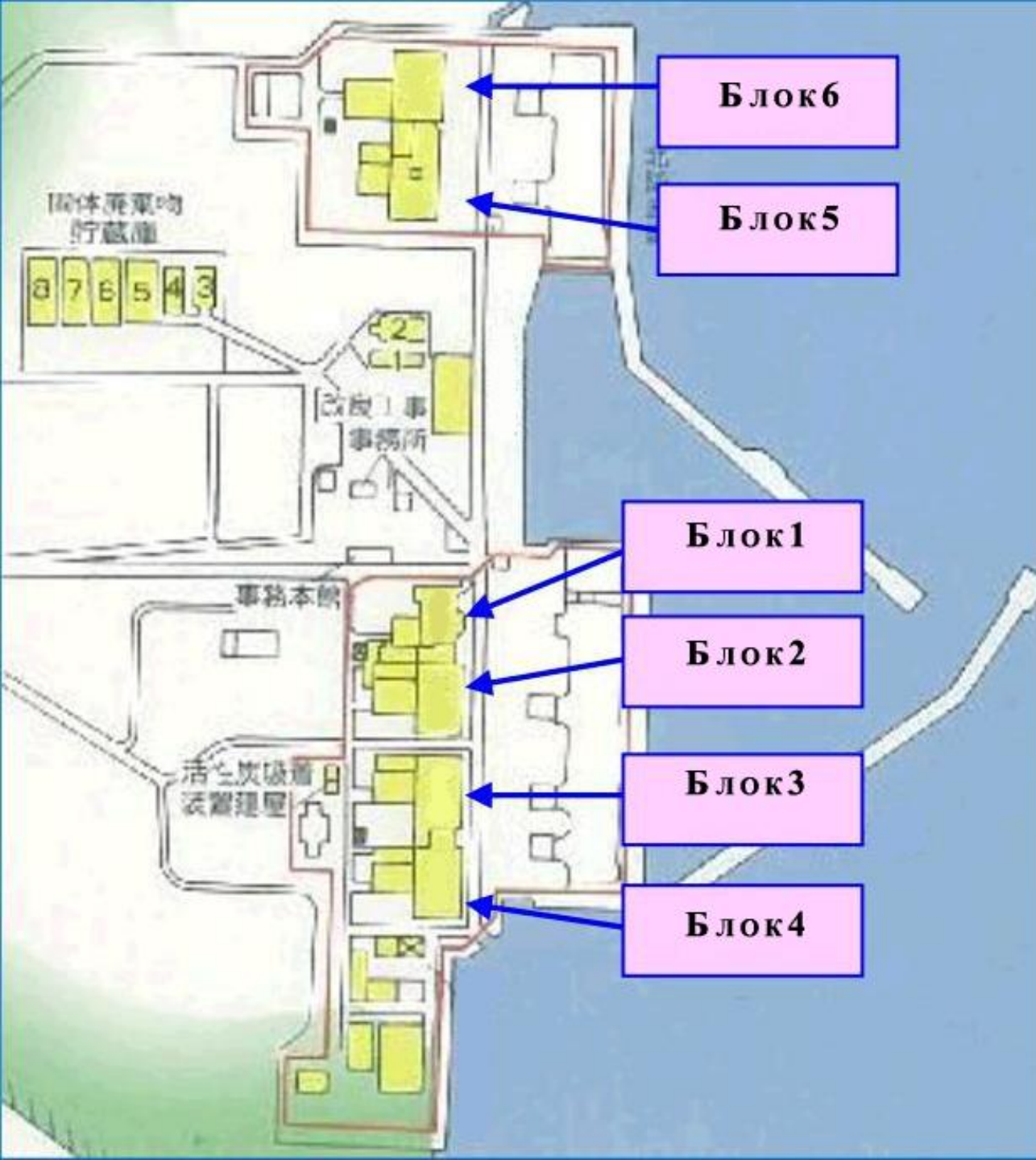
# Обзор аварии на АЭС Фукусима-1 11 марта 2011 г.



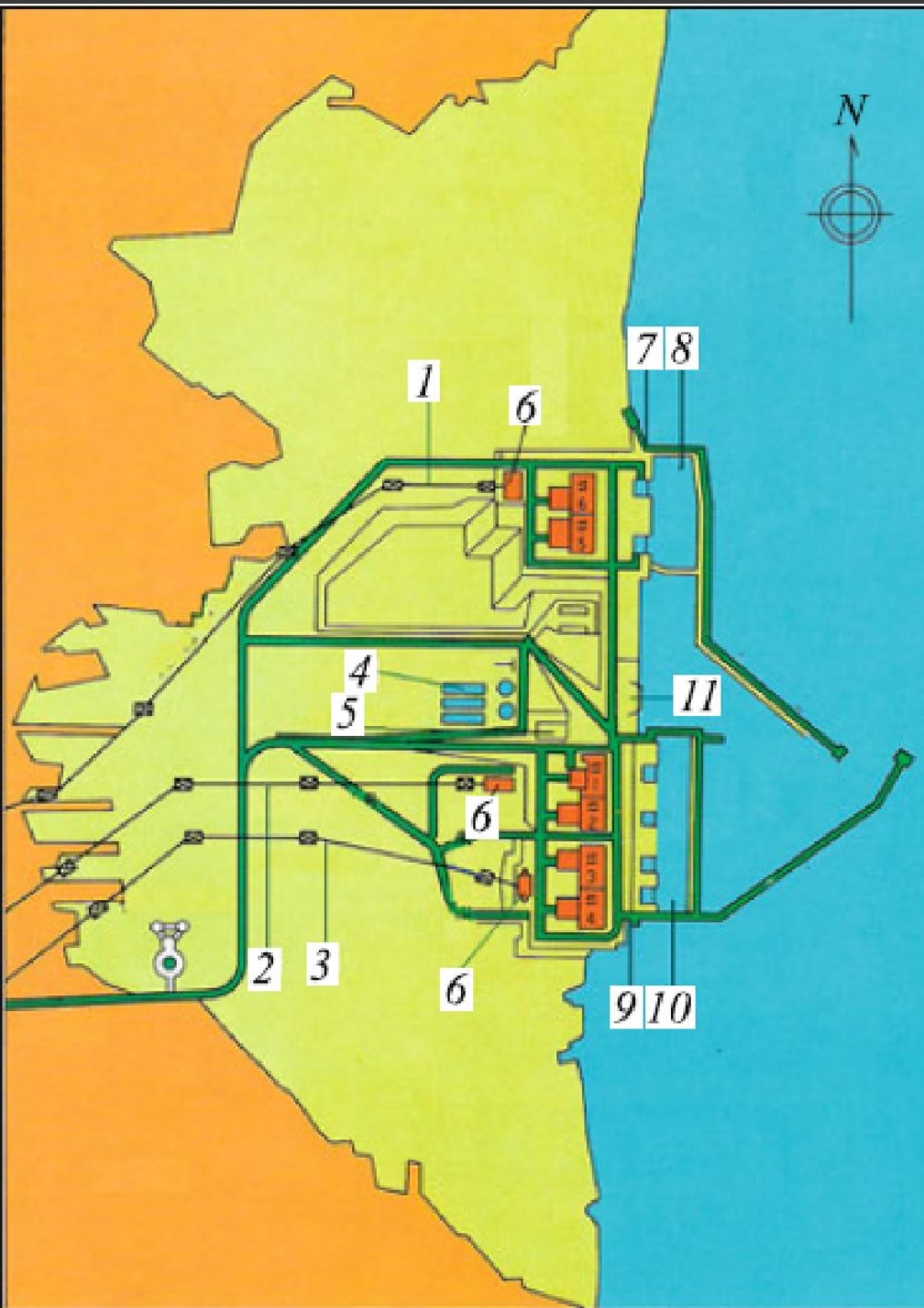
# Общий вид станции







# Схема станции



1 – ВЛ 500 кВ (2-цепная)

2 – ВЛ 275 кВ (2-цепная)

3 – ВЛ 275 кВ (2-цепная)

4 – баки необработанной  
загрязнённой воды

5 – здание обслуживания

6 – высоковольтные выключатели

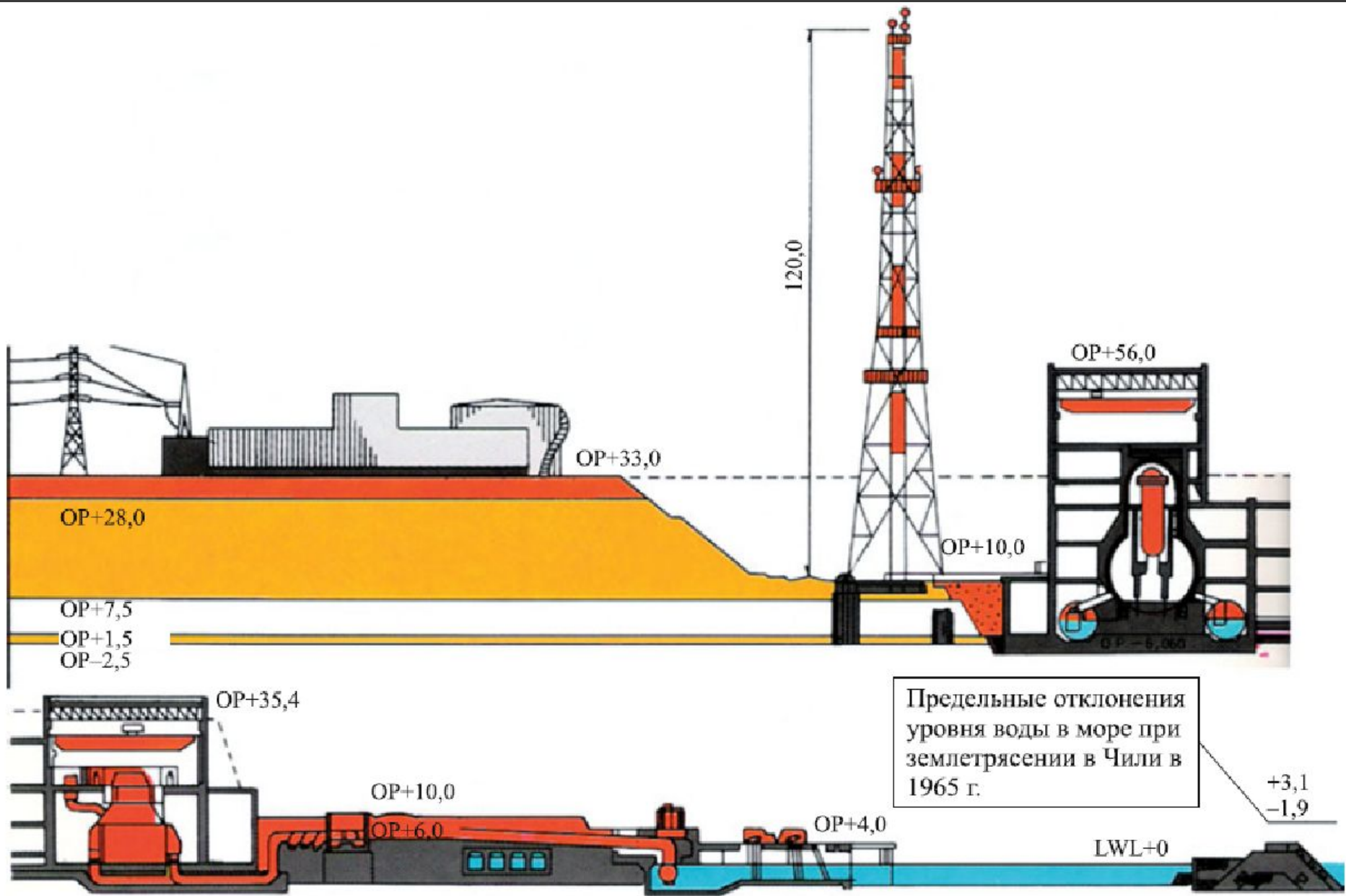
7 – сброс воды после  
конденсаторов блоков №5 и №6

8 – забор воды для  
конденсаторов блоков №5 и №6

9 – сброс воды после  
конденсаторов блоков №№1-4

10 – забор воды для  
конденсаторов блоков №№1-4

11 – причал



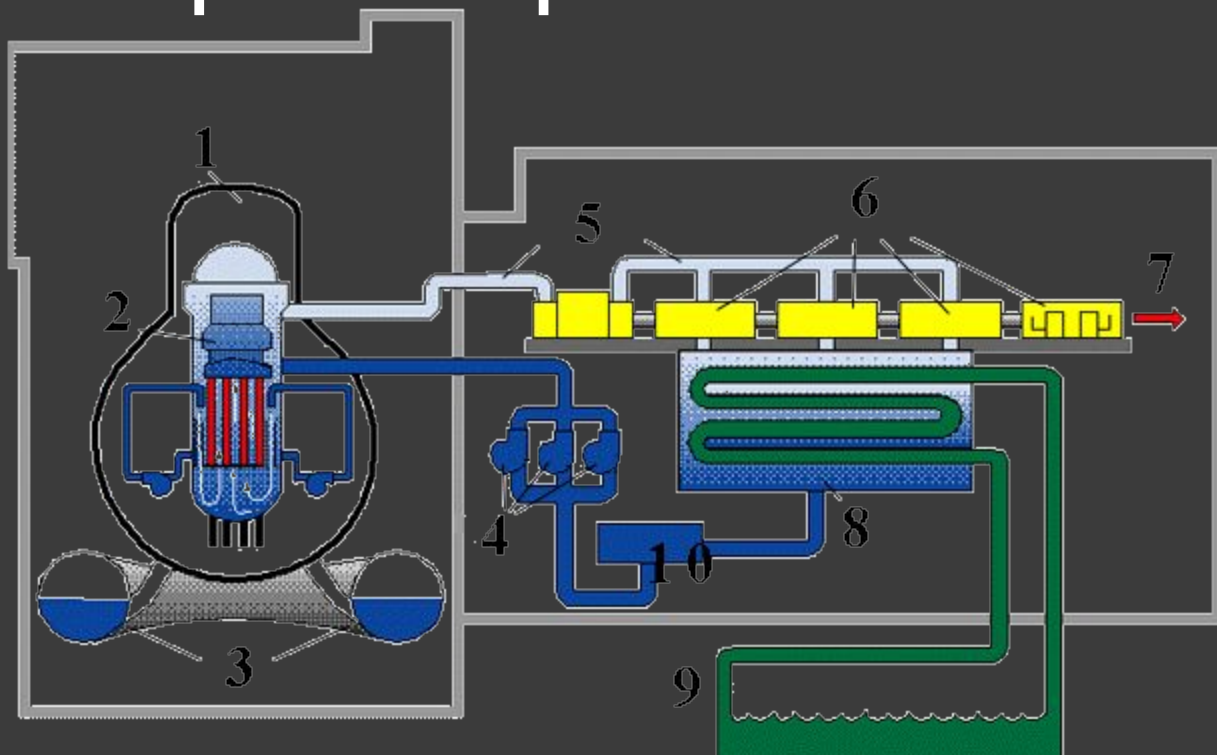
Оборудование, показатель	Номер энергоблока					
	1	2	3	4	5	6
Электрическая мощность брутто, МВт	460	784	784	784	784	1100
Электрическая мощность нетто, МВт	439	760	760	760	760	1067
Месяц, год: начала строительства	Сентябрь 1967	Май 1969	Октябрь 1970	Сентябрь 1972	Декабрь 1971	Май 1973
энергопуска	Ноябрь 1970	Декабрь 1973	Октябрь 1974	Февраль 1978	Сентябрь 1977	Май 1979
начала коммерческой эксплуатации	Март 1971	Июль 1974	Март 1976	Октябрь 1978	Апрель 1978	Октябрь 1979
Тип реактора	BWR	BWR	BWR	BWR	BWR	BWR
Тип защитной оболочки	Mark-I	Mark-I	Mark-I	Mark-I	Mark-I	Mark-II
Доля национальных поставок, %	56	53	91	91	93	63
Генеральный подрядчик (поставщик)	GE	GE, Toshiba	Toshiba	Hitachi	Toshiba	GE, Toshiba



Оборудование, показатель	Номер энергоблока					
	1	2	3	4	5	6
<b>Реактор</b>						
Мощность, МВт	1380	2381	2381	2381	2381	3293
Число топливных сборок (ТВС), шт.	400	548	548	548	548	764
Длина ТВС, м	4,35	4,47	4,47	4,47	4,47	4,47
Число приводов стержней защиты, шт.	97	137	137	137	137	185
Корпус реактора:						
диаметр внутренний, м	4,8	5,6	5,6	5,6	5,6	6,4
высота, м	20	22	22	22	22	23
масса общая, т	440	500	750	500	500	750
Корпус первичного контейнмента:						
высота, м	32	33	33	34	34	48
диаметр цилиндрической части, м	10	11	11	11	11	11 (верх)
диаметр сферической части, м	18	20	20	20	20	25 (низ)
запас воды в барботёре, т	1750	2980	2980	2980	2980	3200

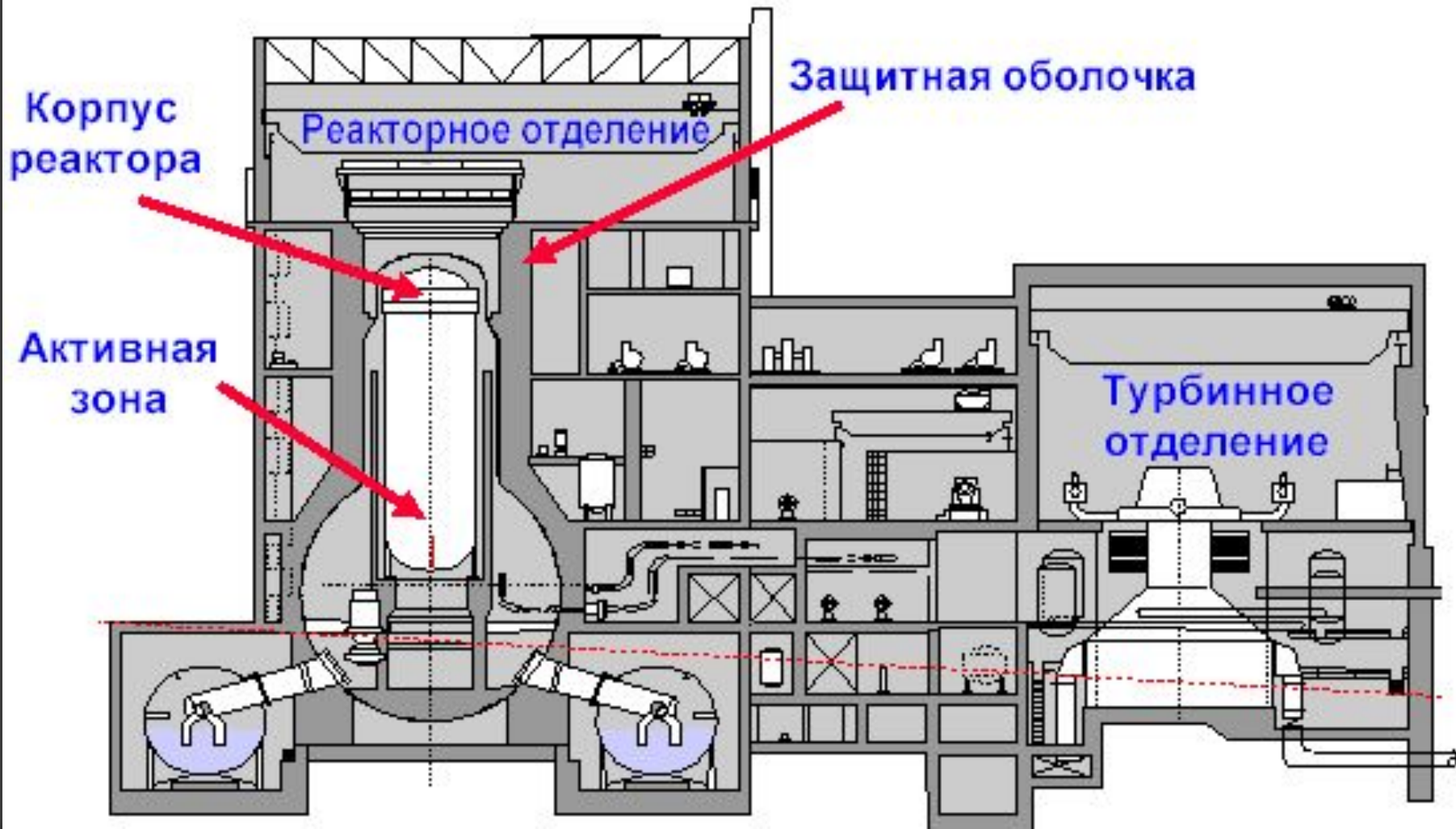


# Элементарная технологическая схема АЭС с реактором ВВР

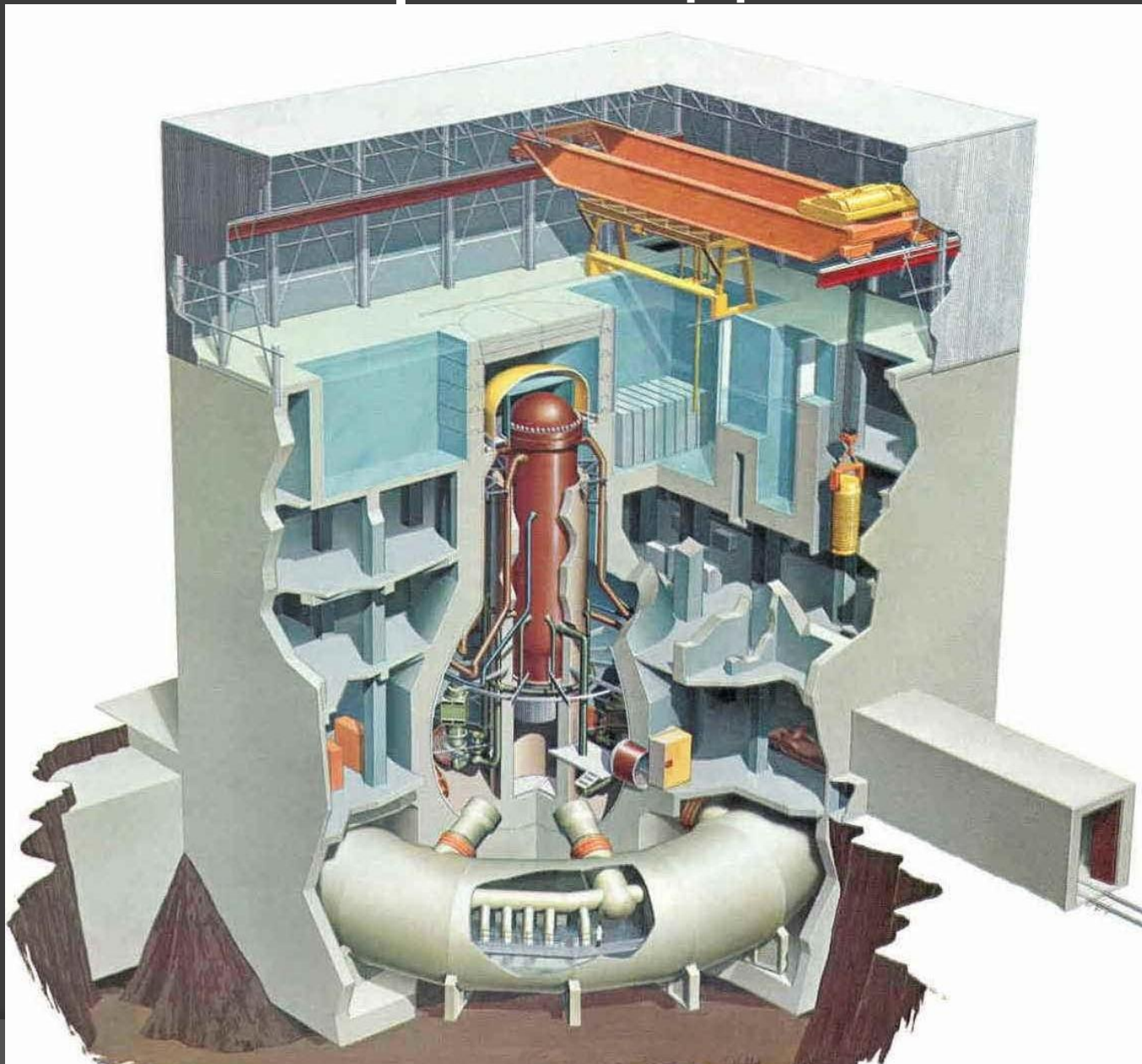


1-первичная защитная оболочка, 2-реактор, 3-барботёр в форме тора, 4-питательные насосы, 5-паропровод к турбине, 6-турбина и генератор, 7-токопровод к генераторному выключателю, 8-конденсатор пара, 9-океан, 10-подогреватели

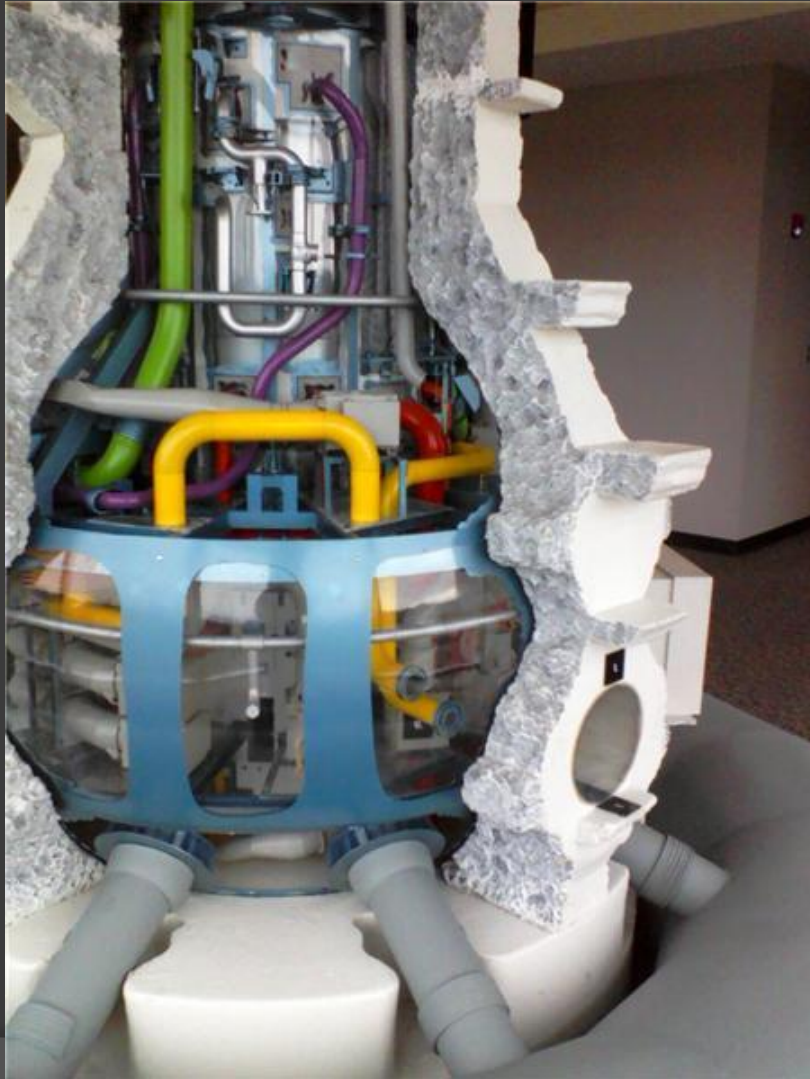
# Главный корпус АЭС



# Реакторное здание



# Модель реактора с защитной оболочкой Mark-I



- Защитная оболочка типа Mark-I на одной из строящихся АЭС в США.
- Защитные оболочки блоков №1-4 АЭС Фукусима-1 несколько больше американских прототипов.



# Схема блока №1

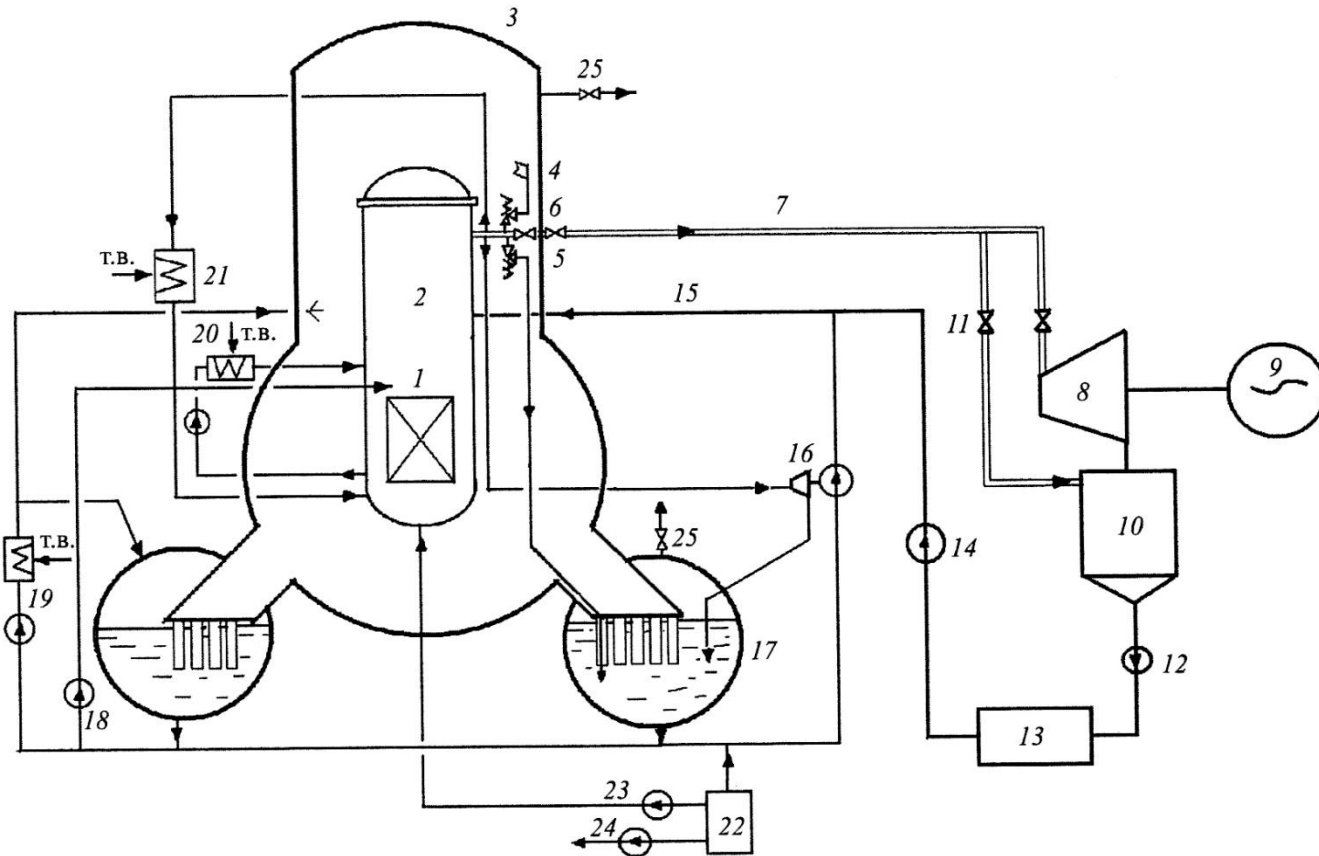
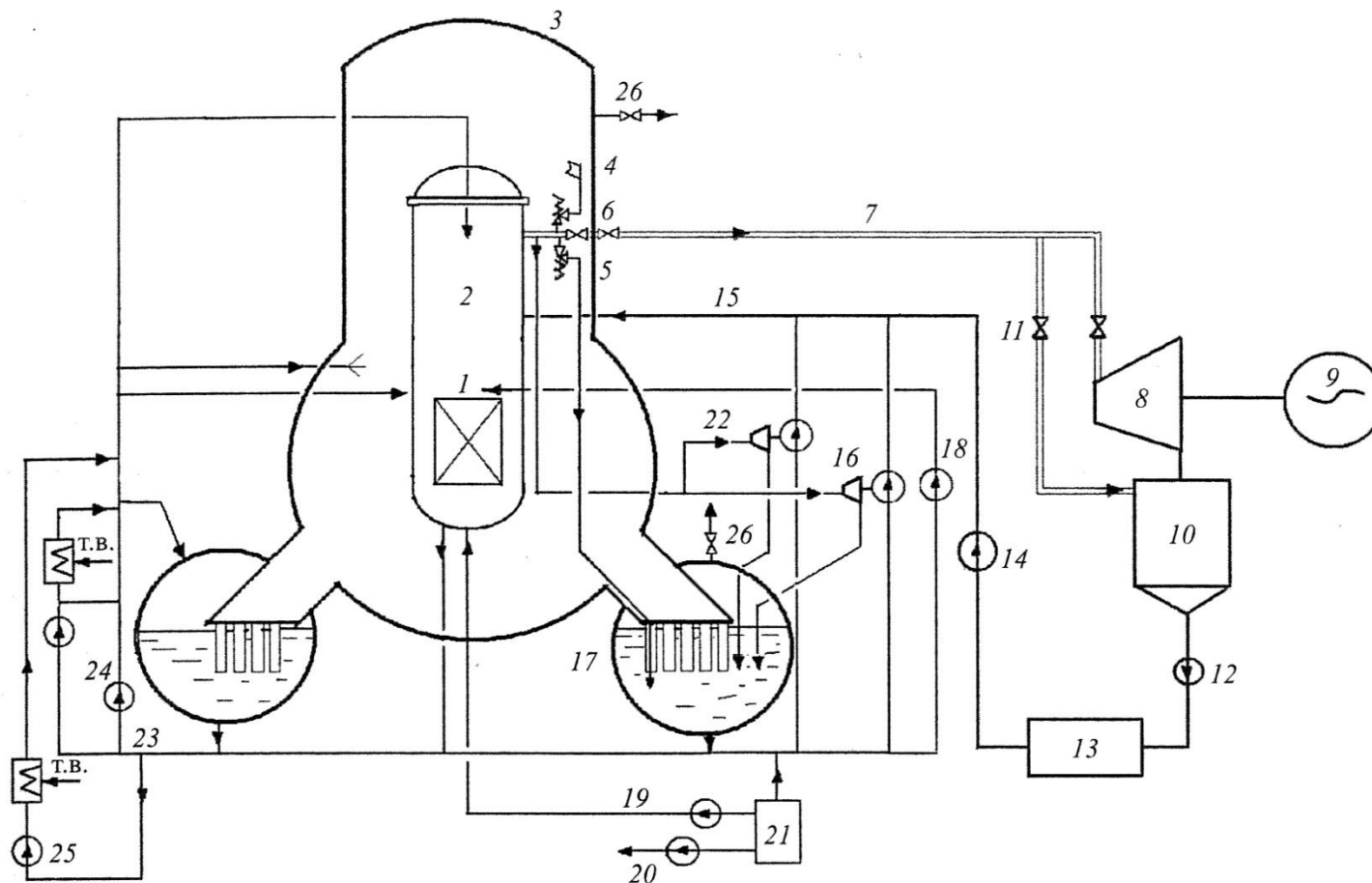


Рис. 10. Схема блока № 1:

1 – активная зона; 2 – реактор; 3 – контеймент (“сухой” объём); 4 – предохранительные клапаны реактора (SV); 5 – главные паровые предохранительные клапаны (MSSRV); 6 – изолирующие клапаны; 7 – главный паропровод; 8 – турбина; 9 – генератор; 10 – конденсатор турбины; 11 – байпас турбины (БРОУ); 12 – конденсатный насос; 13 – регенеративный подогреватель конденсата; 14 – питательный насос; 15 – питательный трубопровод; 16 – система подачи теплоносителя высокого давления (НРСИ); 17 – барботёр (“мокрый” объём контеймента); 18 – спринклерная система охлаждения активной зоны (CS); 19 – система охлаждения контеймента (CCS); 20 – система охлаждения остановленного реактора (SHC); 21 – конденсатор изоляции (IC); 22 – бак запаса конденсата; 23 – насосы гидравлической системы защиты и управления реактором; 24 – насосы системы очистки конденсата; 25 – сброс парогазовой среды; т.в. – техническая вода (морская)



# Схема блоков №2 и 3



**Рис. 11. Схема блоков № 2 и 3:**

позиции 1 – 17 – см. рис. 10; 18 – спринклерная система охлаждения активной зоны (CS); 19 – насосы гидравлической системы защиты и управления реактором; 20 – насосы системы очистки конденсата; 21 – бак запаса конденсата; 22 – система охлаждения изолированной активной зоны реактора (RCIC); 23 – система подачи теплоносителя низкого давления (LPCI); 24 – система отвода остаточного тепла (RHR); 25, 26 – сброс парогазовой среды; т.в. – техническая вода (морская)

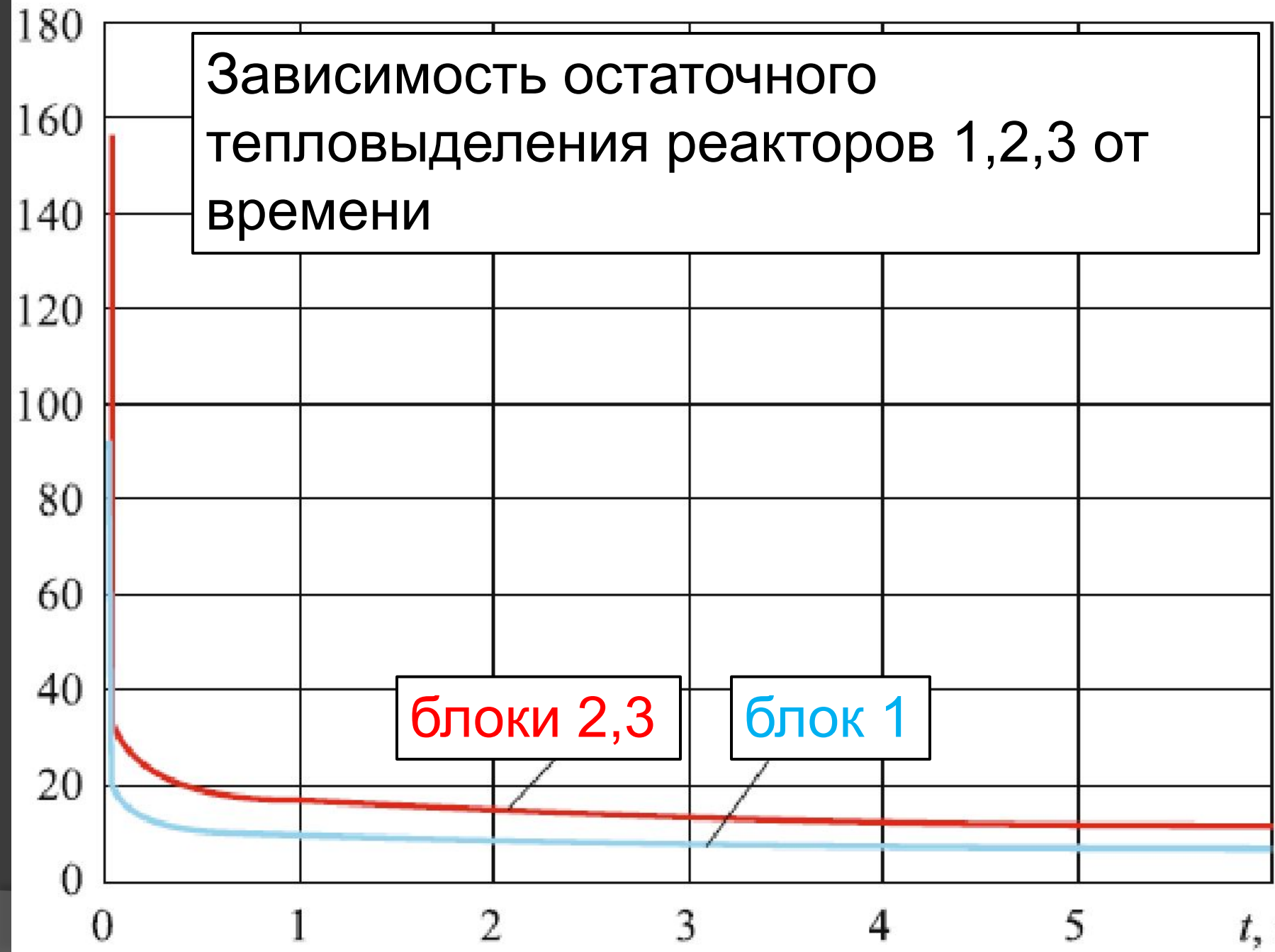
$N$ , МВт

Зависимость остаточного  
тепловыделения реакторов 1,2,3 от  
времени

блоки 2,3

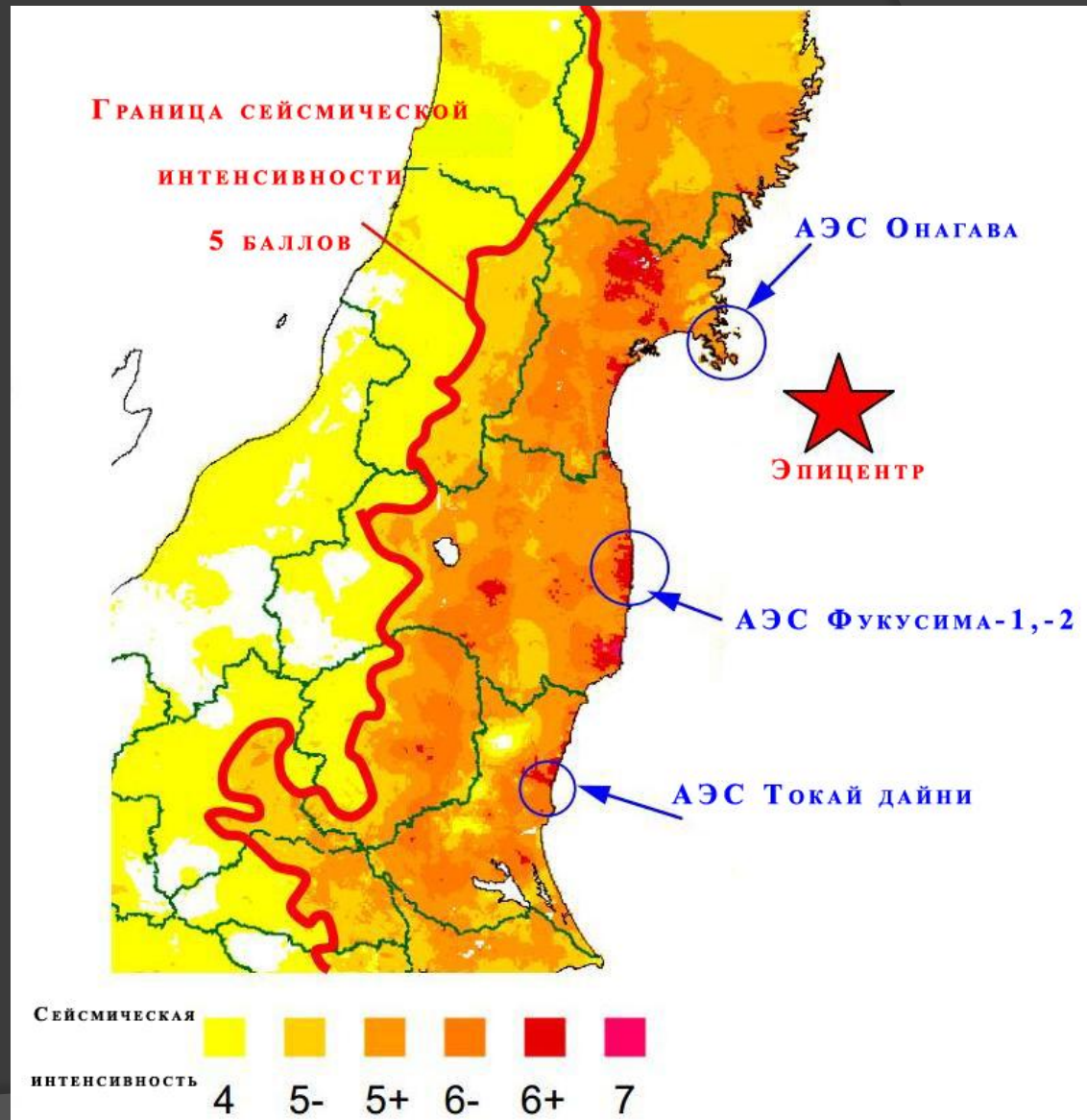
блок 1

$t$ , сут



# Землетрясение

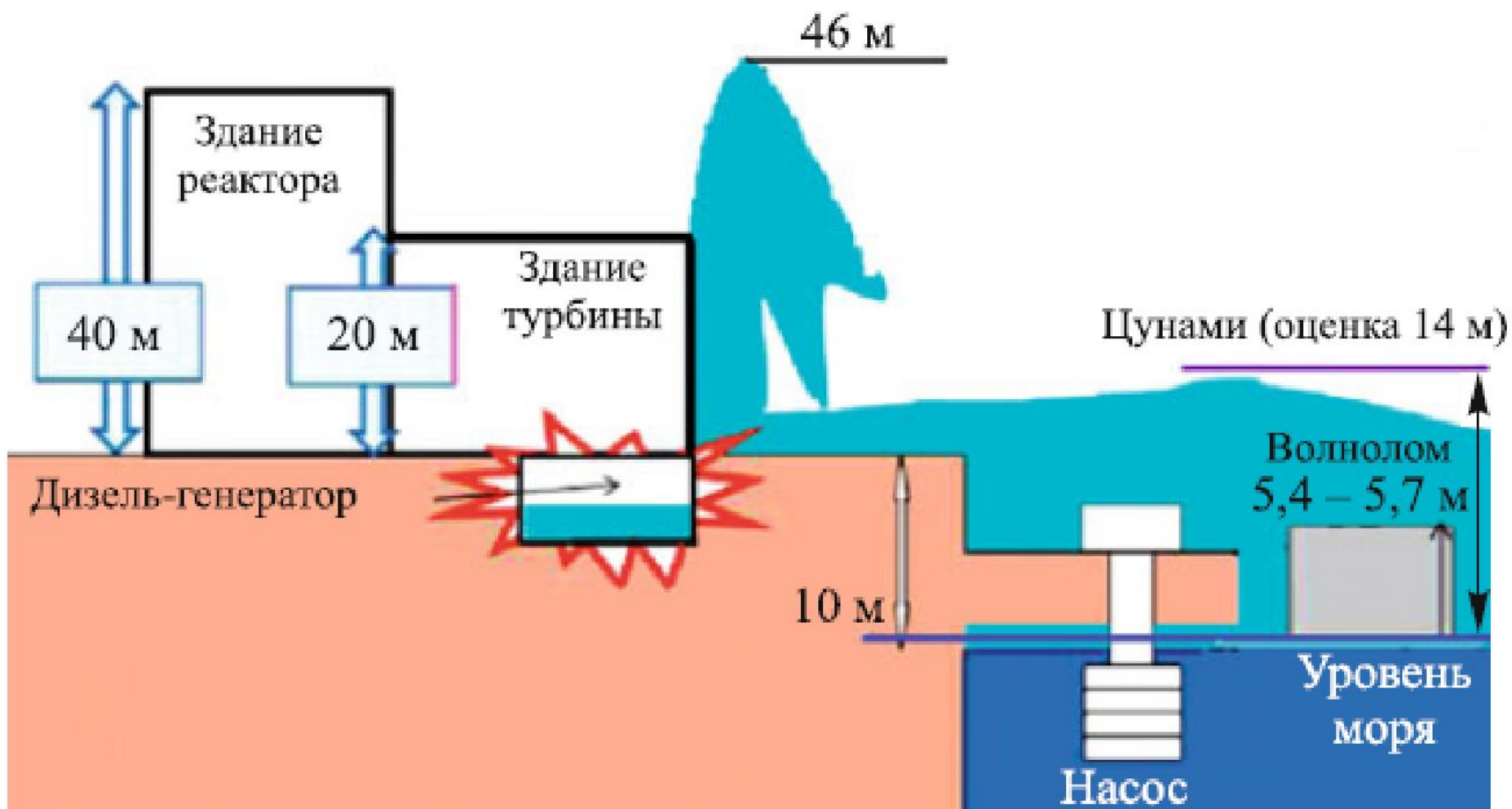
- Землетрясение 11 марта 2011 г. в 14ч 46мин по местному времени
- Интенсивность подземных толчков вблизи АЭС Фукусима-1 составляла более 5 баллов



# Максимальные ускорения, зафиксированные в реакторных зданиях АЭС

Номер блока	Максимальное ускорение, Гал (1Гал→1см/с <sup>2</sup> )					
	наблюдаемое			Стандартное проектное		
	С-Ю	В-З	вертикальное	С-Ю	В-З	вертикальное
1	460	447	258	487	489	412
2	348	550	302	441	438	420
3	322	507	231	449	441	429
4	281	319	200	447	445	422
5	311	548	256	452	452	427
6	298	444	244	445	448	415

# Действие цунами



a)



11.03.2011 15:42

6)



11.03.2011 15:43

6)



11.03.2011 15:46



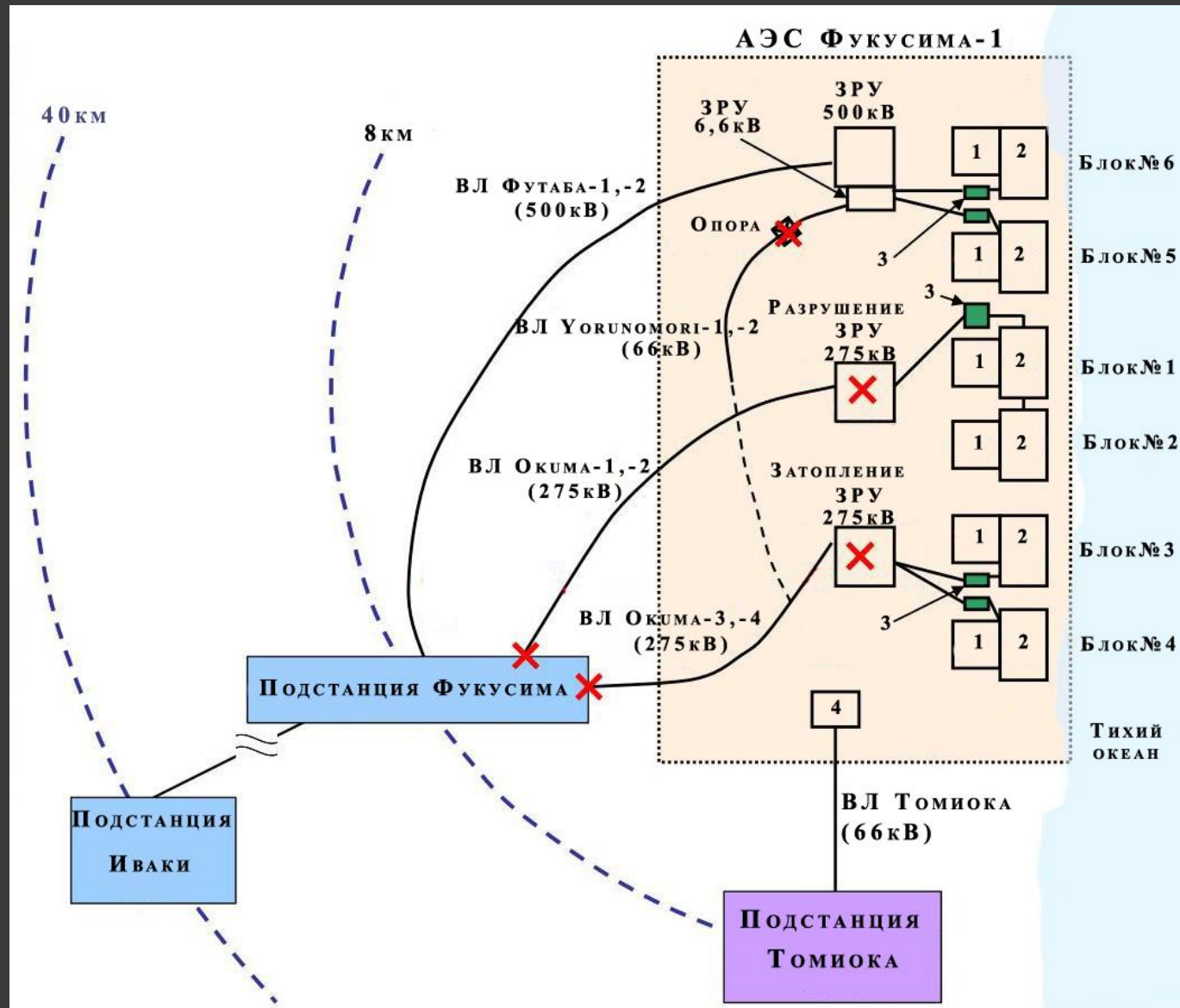
2)



11.03.2011 15:57

# Схема сети с указанием повреждений оборудования ЛЭП и ПС

- 1-реакторное здание
- 2-турбинное здание
- 3-пусковой трансформатор
- 4-трансформатор строительства



# Повреждение опоры



# Повреждение выключателя ВЛ Окита-1



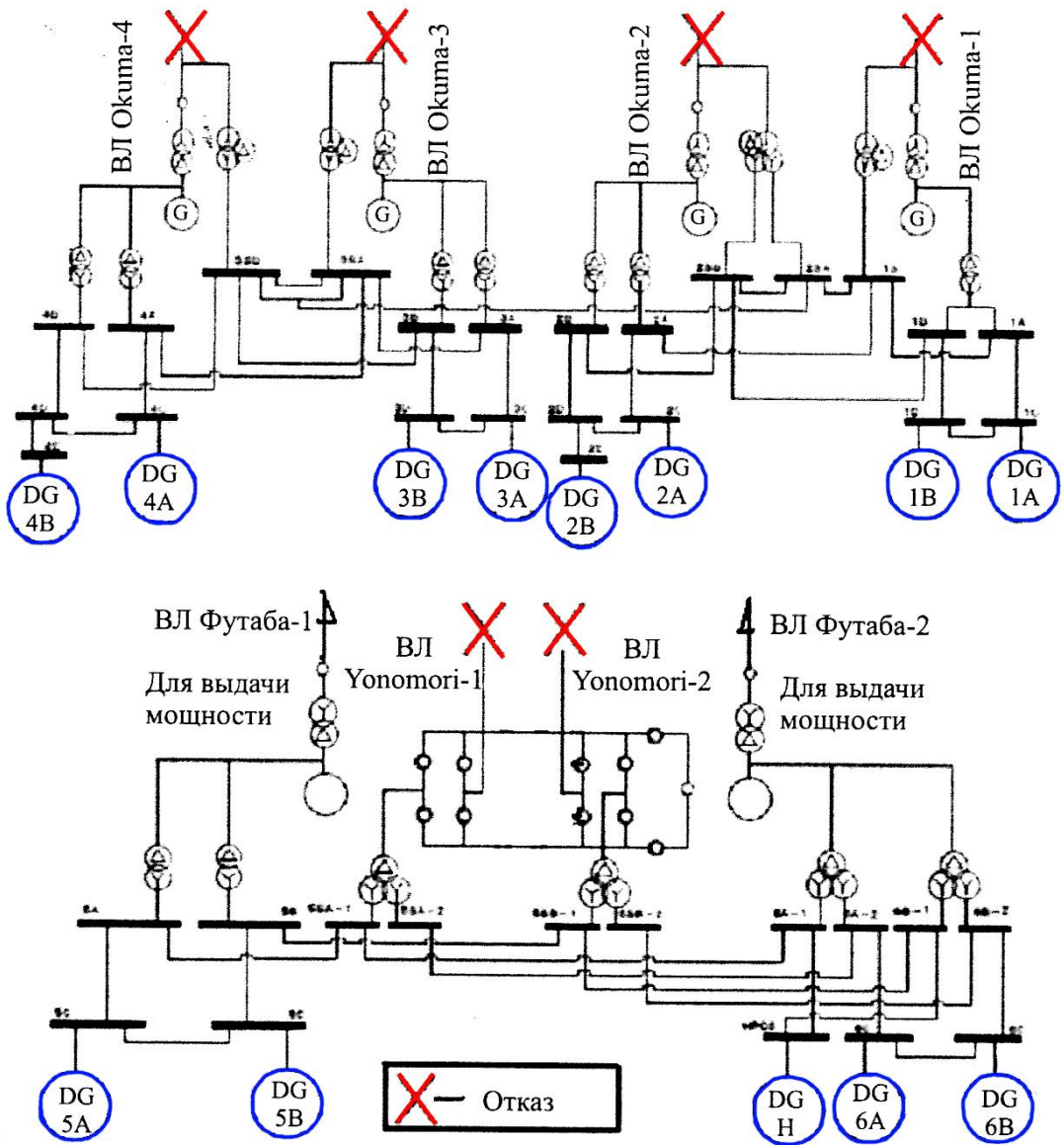
# Повреждение выключателя ВЛ Окита-2

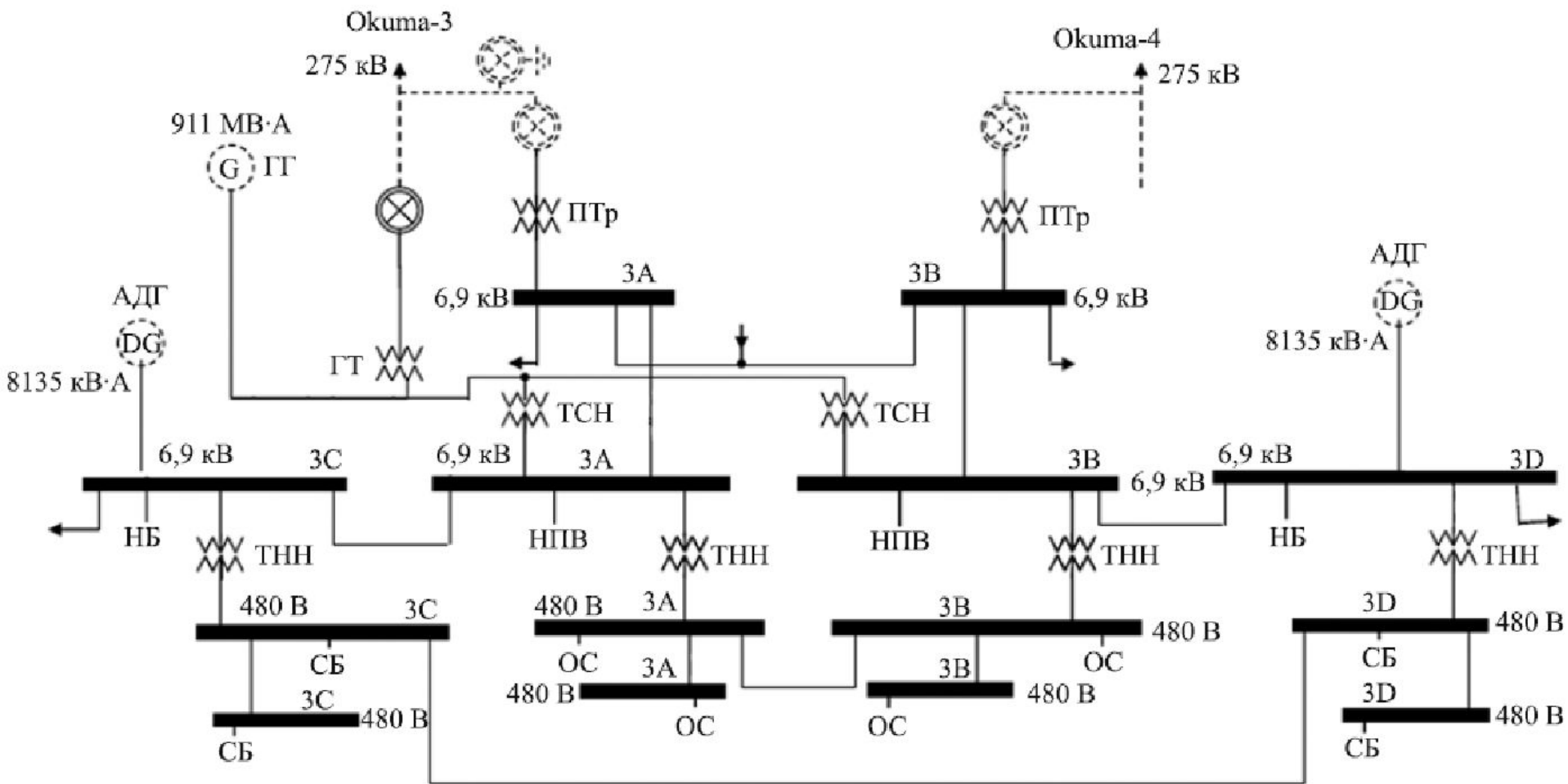


# Повреждение разъединителя ВЛ Окита-3



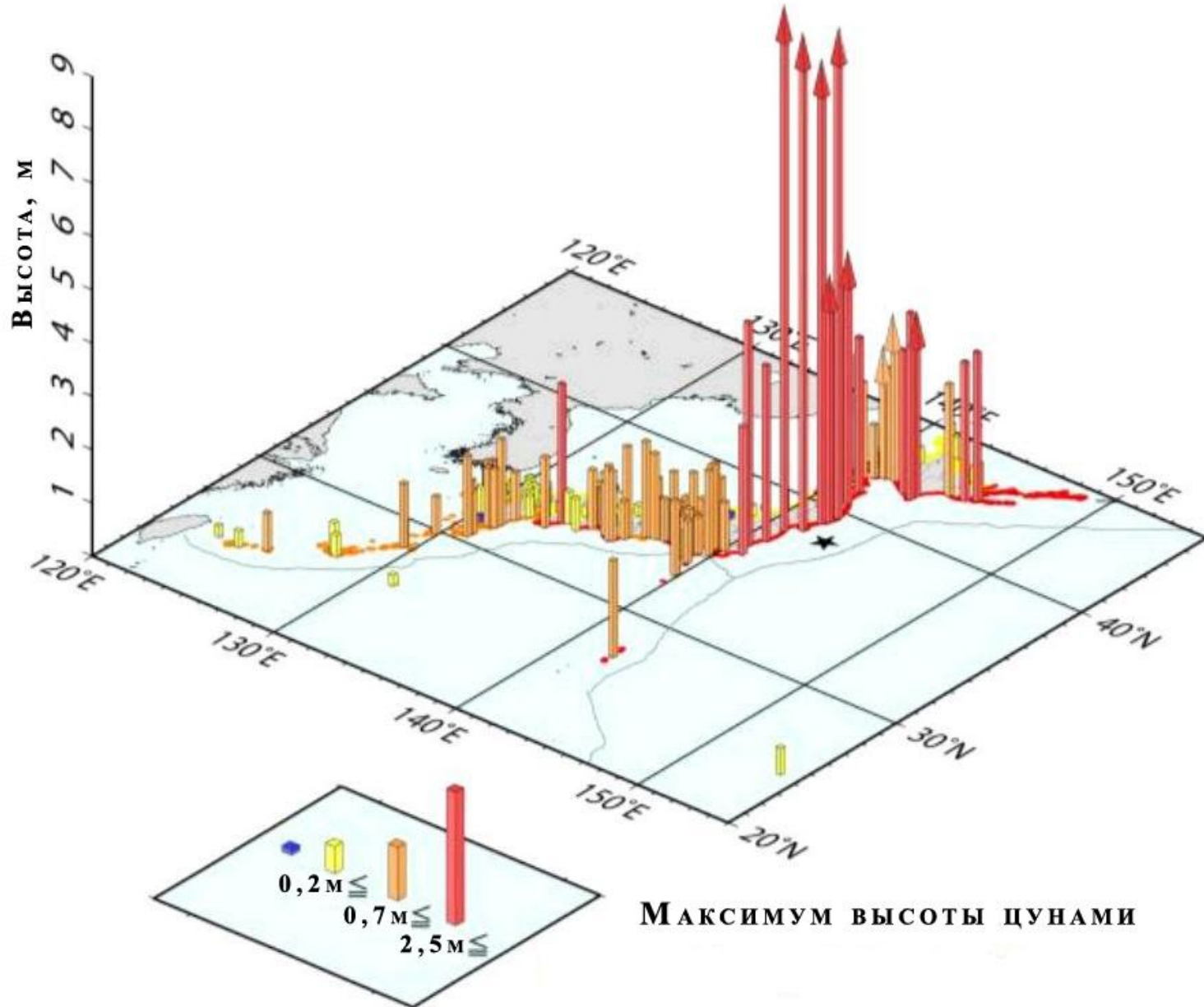
# Схема аварийного электроснабжения АЭС Фукусима-1







# Карта зафиксированных высот цунами вдоль Восточного побережья Японии





**Волном высотой 10м**

На фотографии видно, как волна цунами преодолевает волном высотой 10м.

# Затопление АЭС

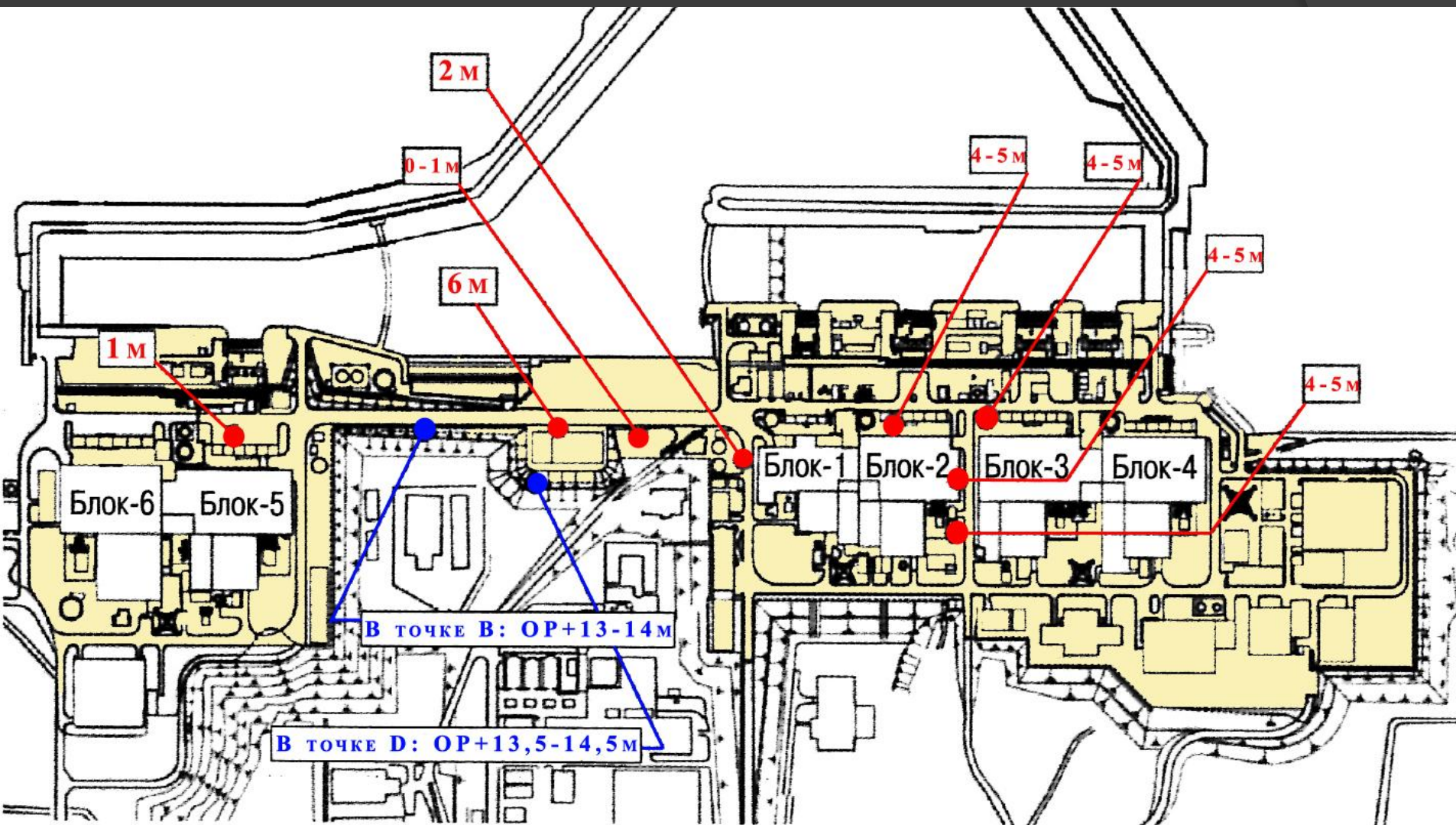
До прихода волны цунами



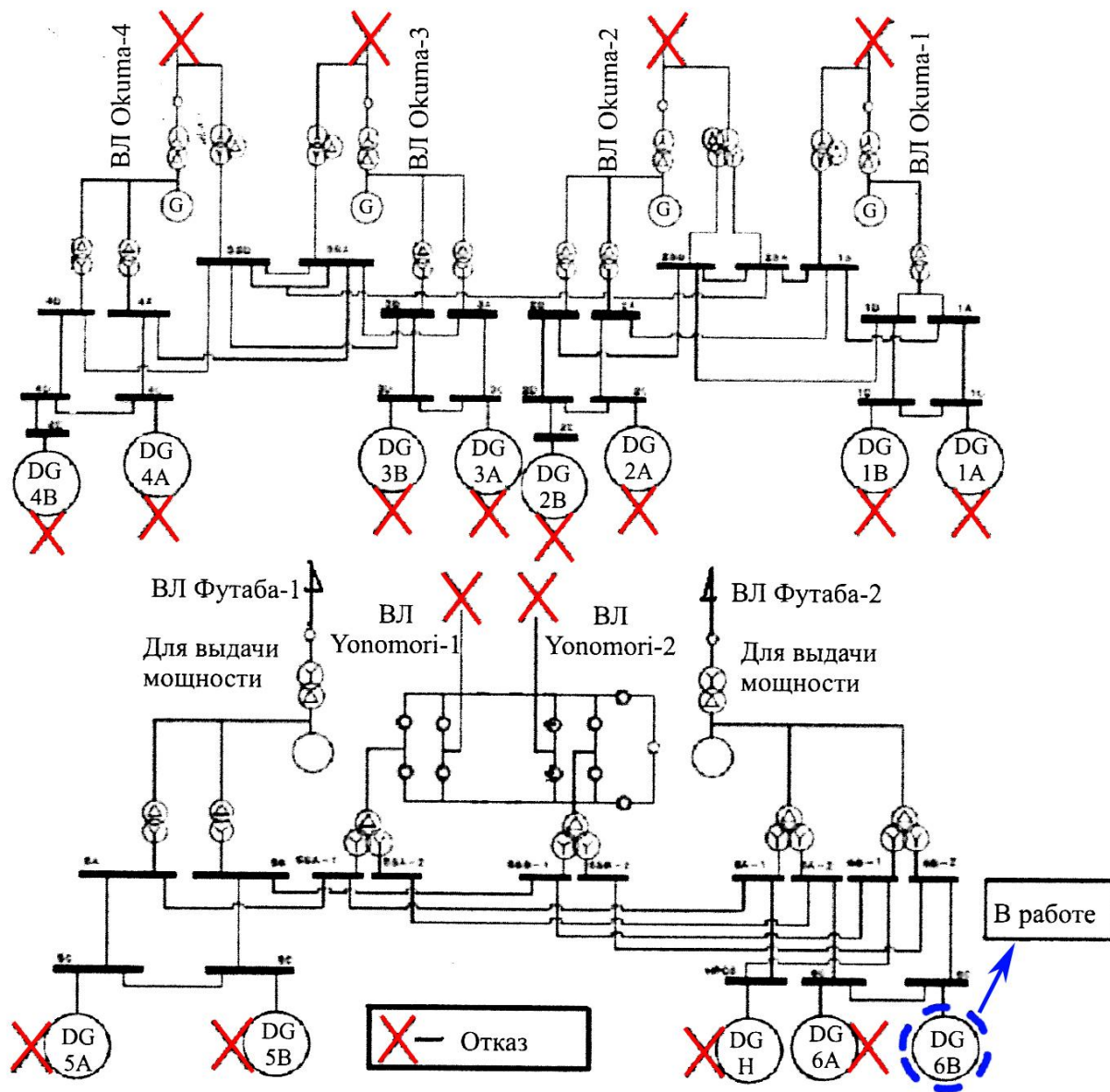
▽ УРОВЕНЬ ЗЕМЛИ +12М



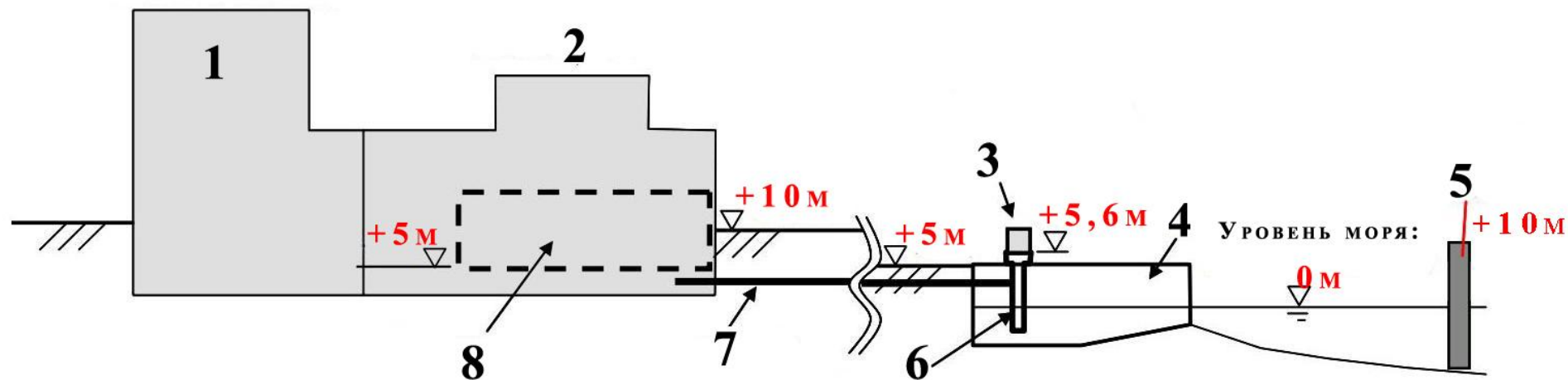
# Площадь затопления АЭС и высота подъёма воды



# Схема аварийного электроснабжения АЭС Фукусима-1



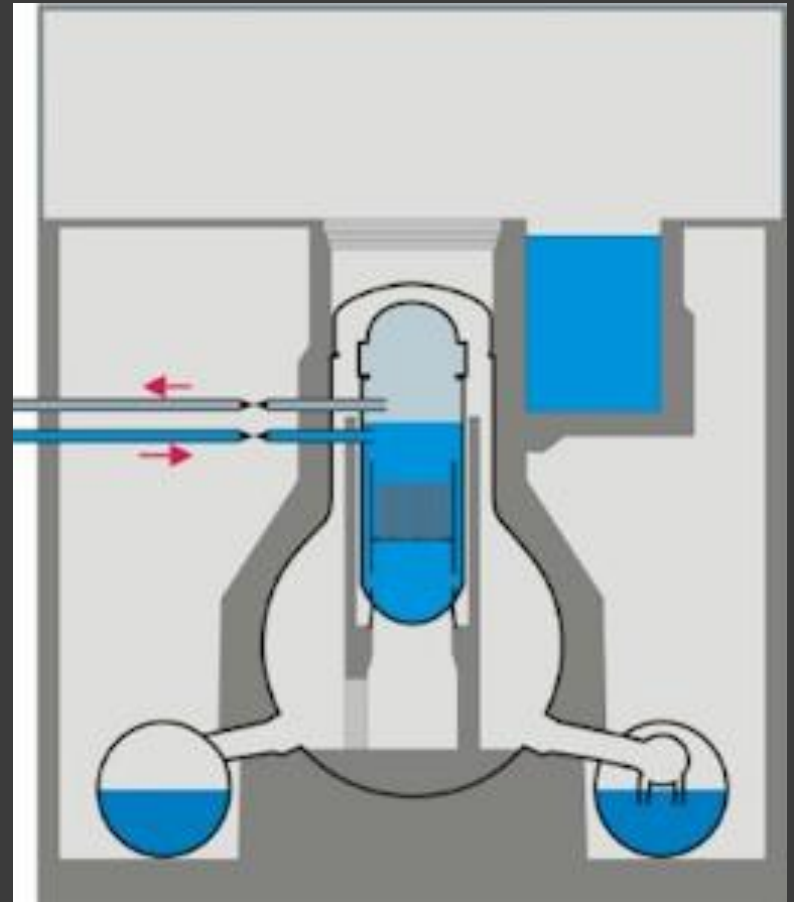
# Расположение оборудования блока №1



- 1-здание реактора; 2-здание турбины;
- 3-электродвигатель насоса; 4-водоприёмник;
- 5-волнолом; 6-насосы морской воды;
- 7-трубопровод морской воды;
- 8-помещение дизель-генератора

# Развитие аварии на блоках №1, 2, 3

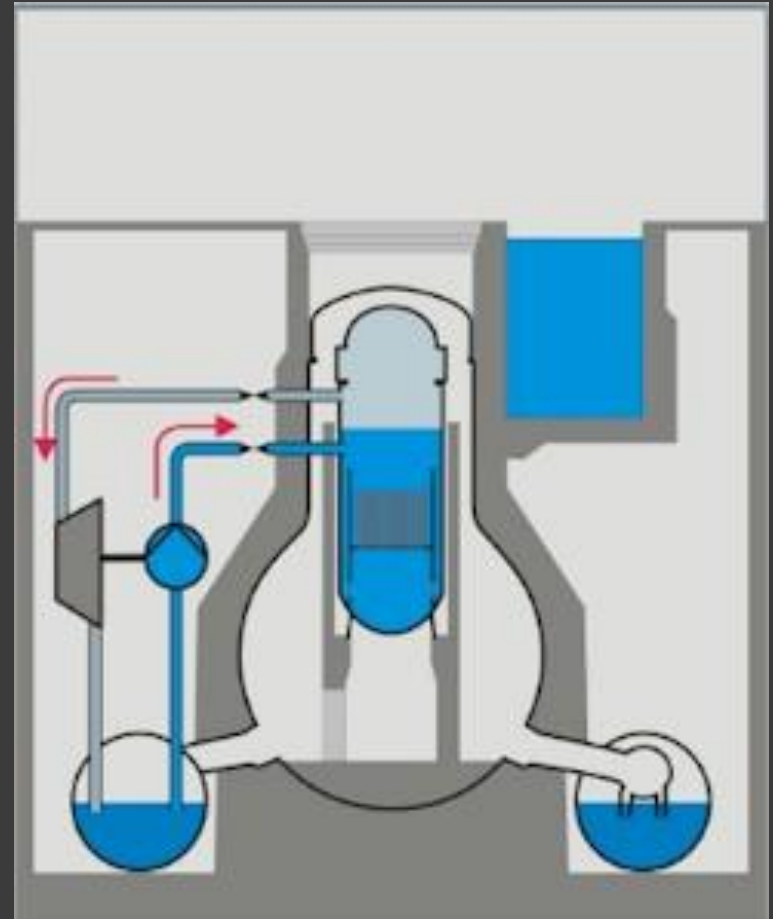
После заглушки реакторов отвод остаточного тепла из активной зоны осуществлялся за счёт запустившихся аварийных дизель-генераторов.



# Развитие аварии на блоках №1, 2, 3

Пар из реактора крутит турбопривод насоса, а затем поступает в барботёр, где конденсируется.

Вода из барботёра закачивается в активную зону турбонасосом. Отвода тепла при этом нет.





# Развитие аварии на блоках №1, 2, 3

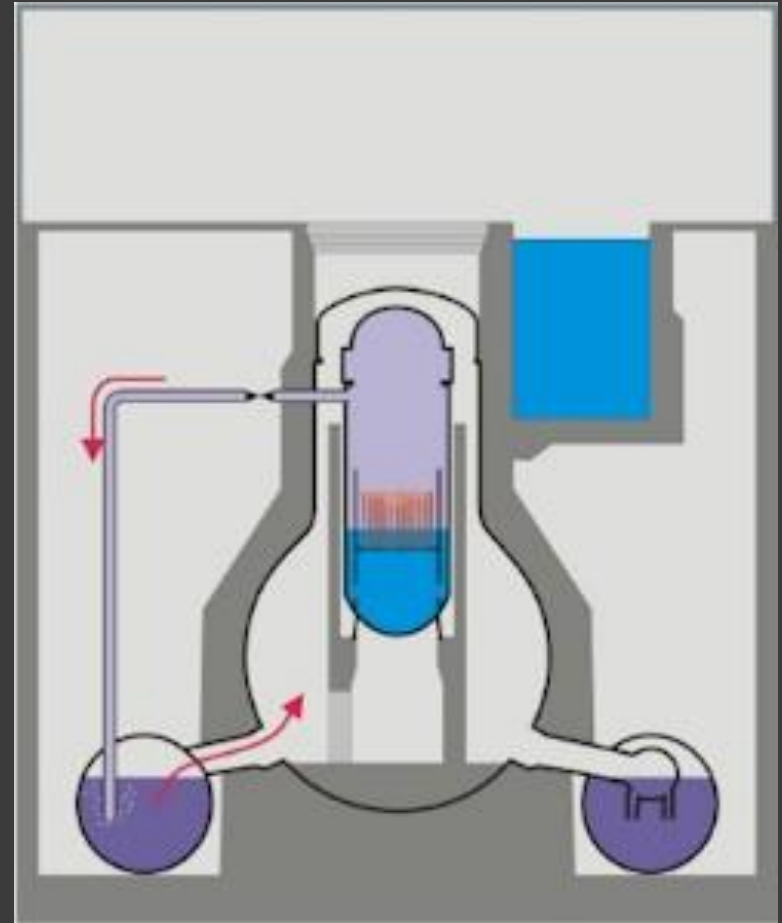
Давление в защитной оболочке растёт.

Уровень воды в реакторе падает.

Начинается оголение активной зоны и подъём температуры топлива, а далее его плавление.

Плавящееся топливо сползает в нижнюю часть корпуса реактора.

Корпус повреждён.

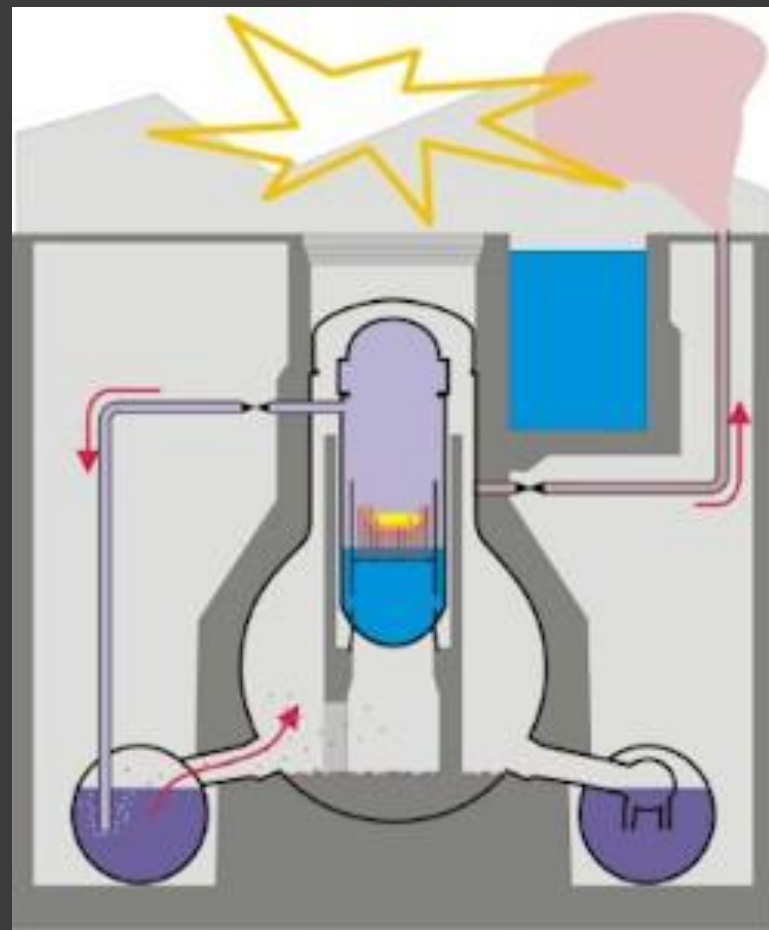


# Развитие аварии на блоках №1, 3

Для предотвращения разрушения контейнмента вручную был на 25% открыт моторный клапан сброса парогазовой смеси из защитной оболочки в вентиляционную трубу, а также клапан для сброса газов из барботёра.

Давления в защитной оболочке снижается.

Затем происходит взрыв в верхней части реактора.



- ◎ Блок №1 после взрыва
- ◎ Взрыв произошёл 12 марта в 15ч 36мин по местному времени

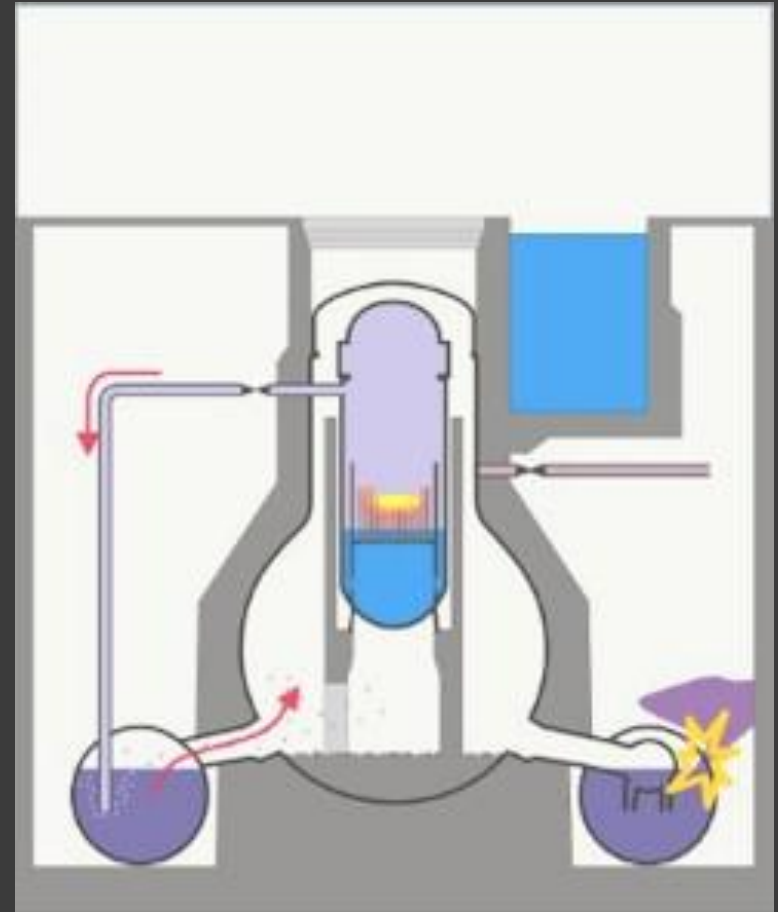


- ⦿ Блок №3 после взрыва
- ⦿ Взрыв произошёл 14 марта в 11ч 01мин по местному времени



# Развитие аварии на блоке N°2

Взрыв на 2м блоке по-видимому произошёл в барботёре.



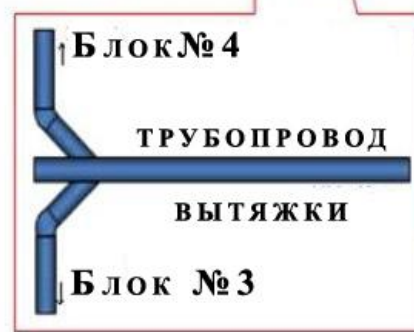
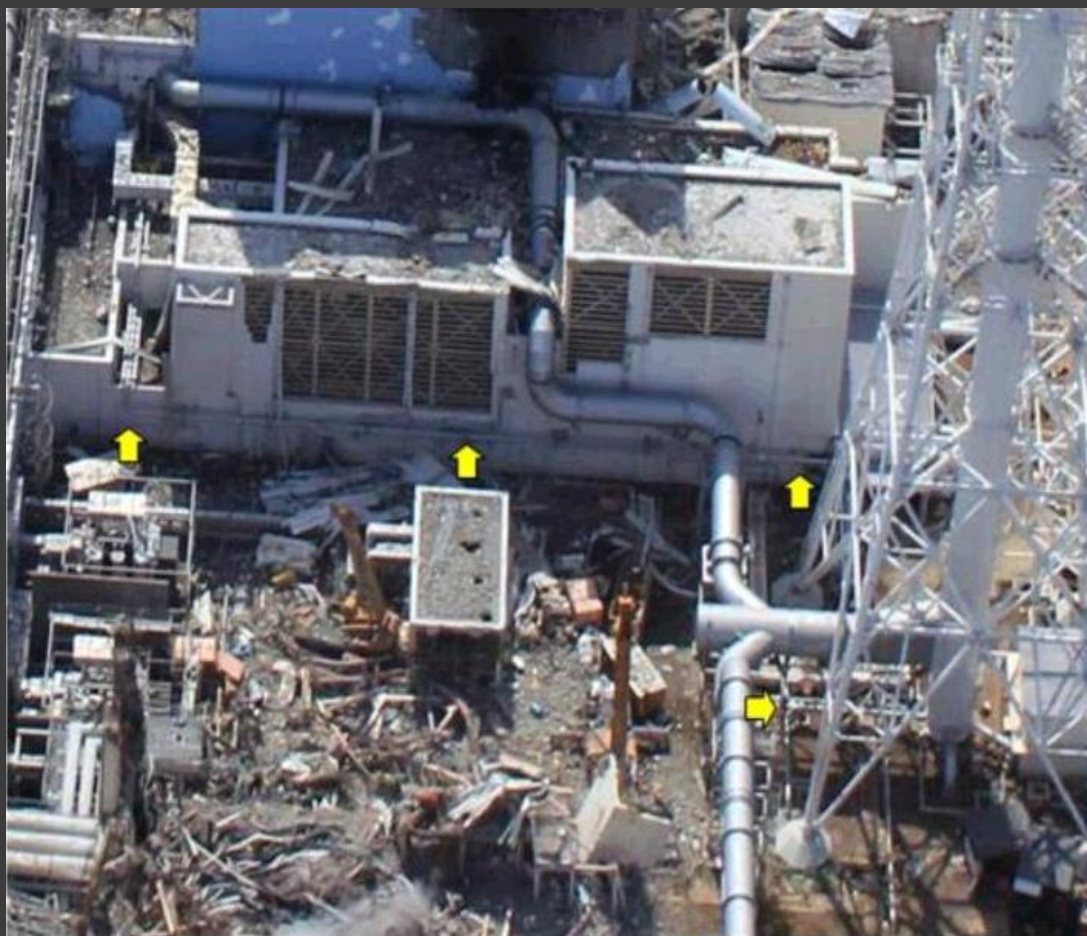
## Блок №2 после взрыва

Взрыв произошёл 15 марта в 06ч 00мин по местному времени

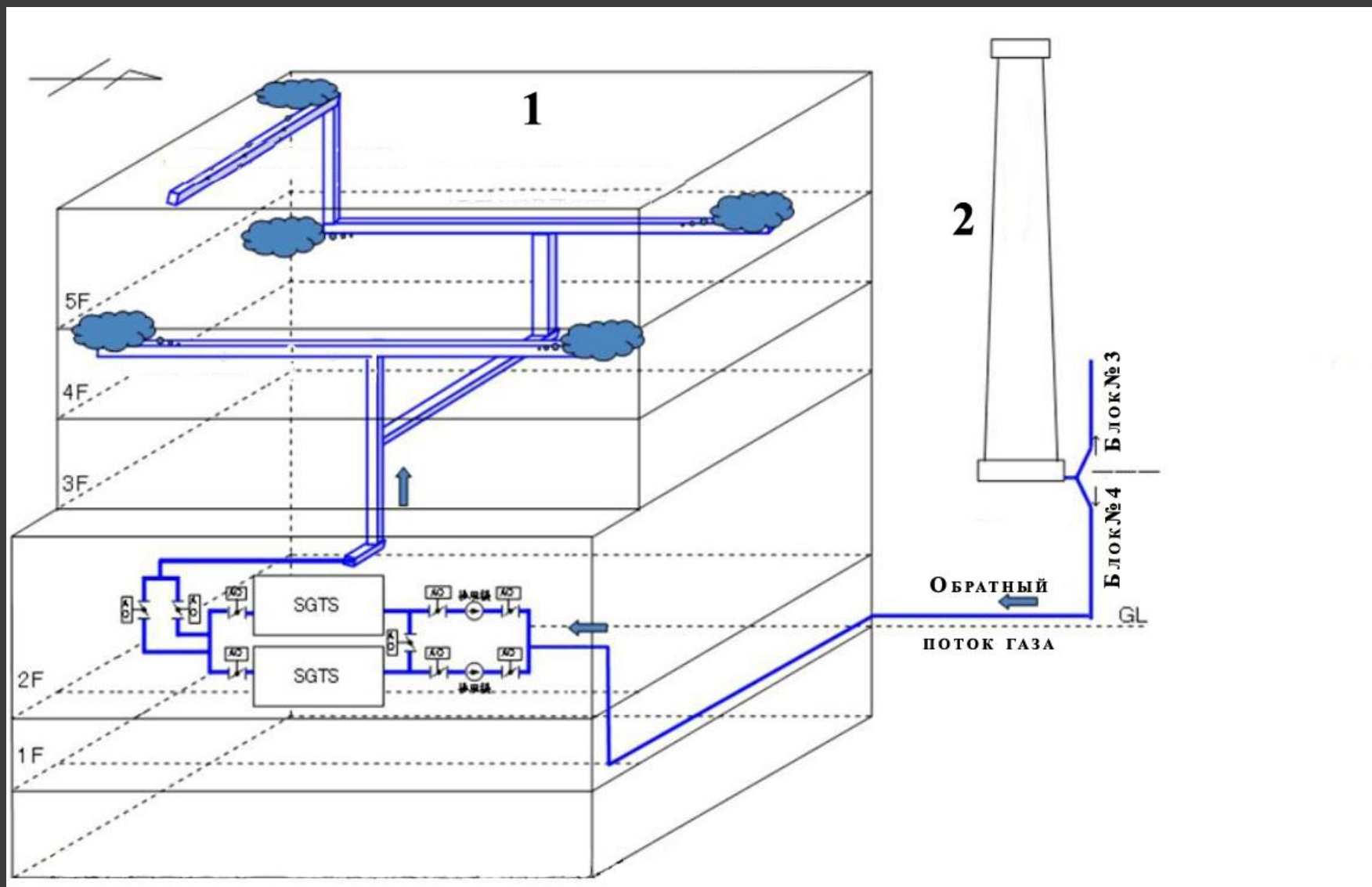


Видимые повреждения реакторного здания не наблюдаются, но они имеются на крыше здания переработки отходов, которое соседствует со зданием реактора

# Вытяжные вентиляционные короба блоков №3 и 4



# Схема вентиляции реакторного здания блока №4



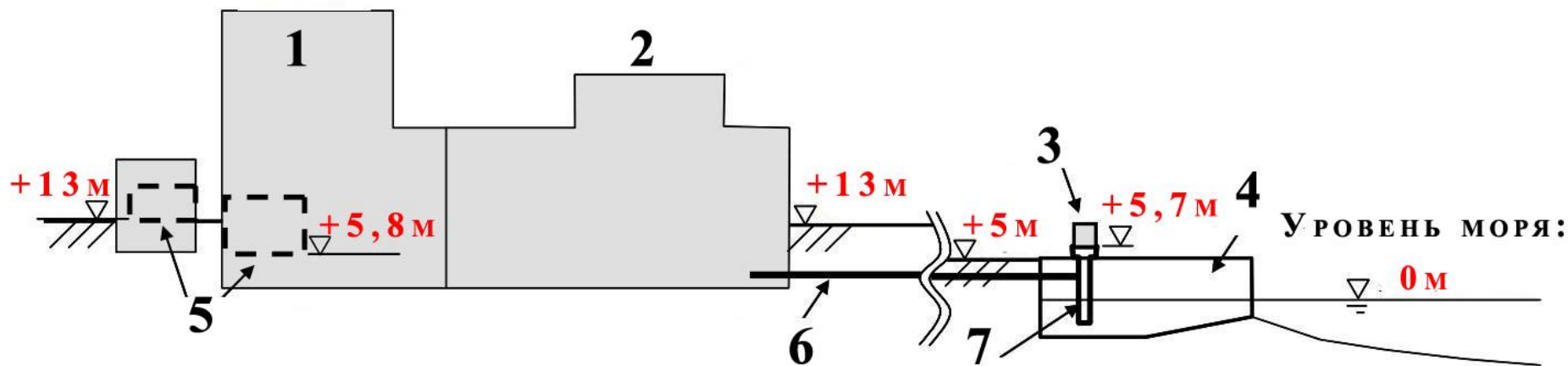
1-здание реактора; 2-вентиляционная труба;  
SGTS-газоочистка; F-этаж



- ⦿ Блок №4 после взрыва
- ⦿ Взрыв произошёл 15 марта в 06ч 00мин по местному времени

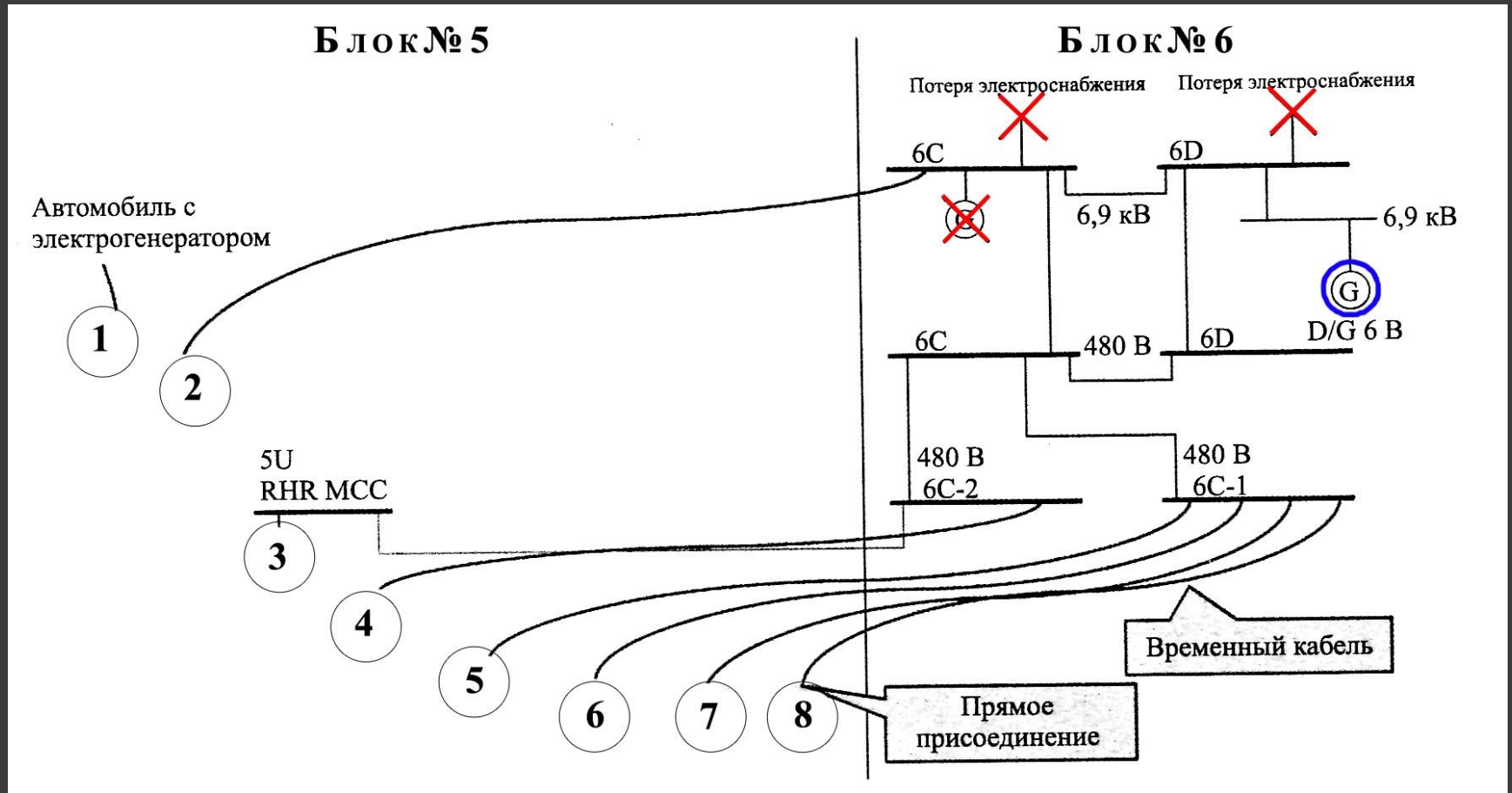


# Расположение оборудования блока №6



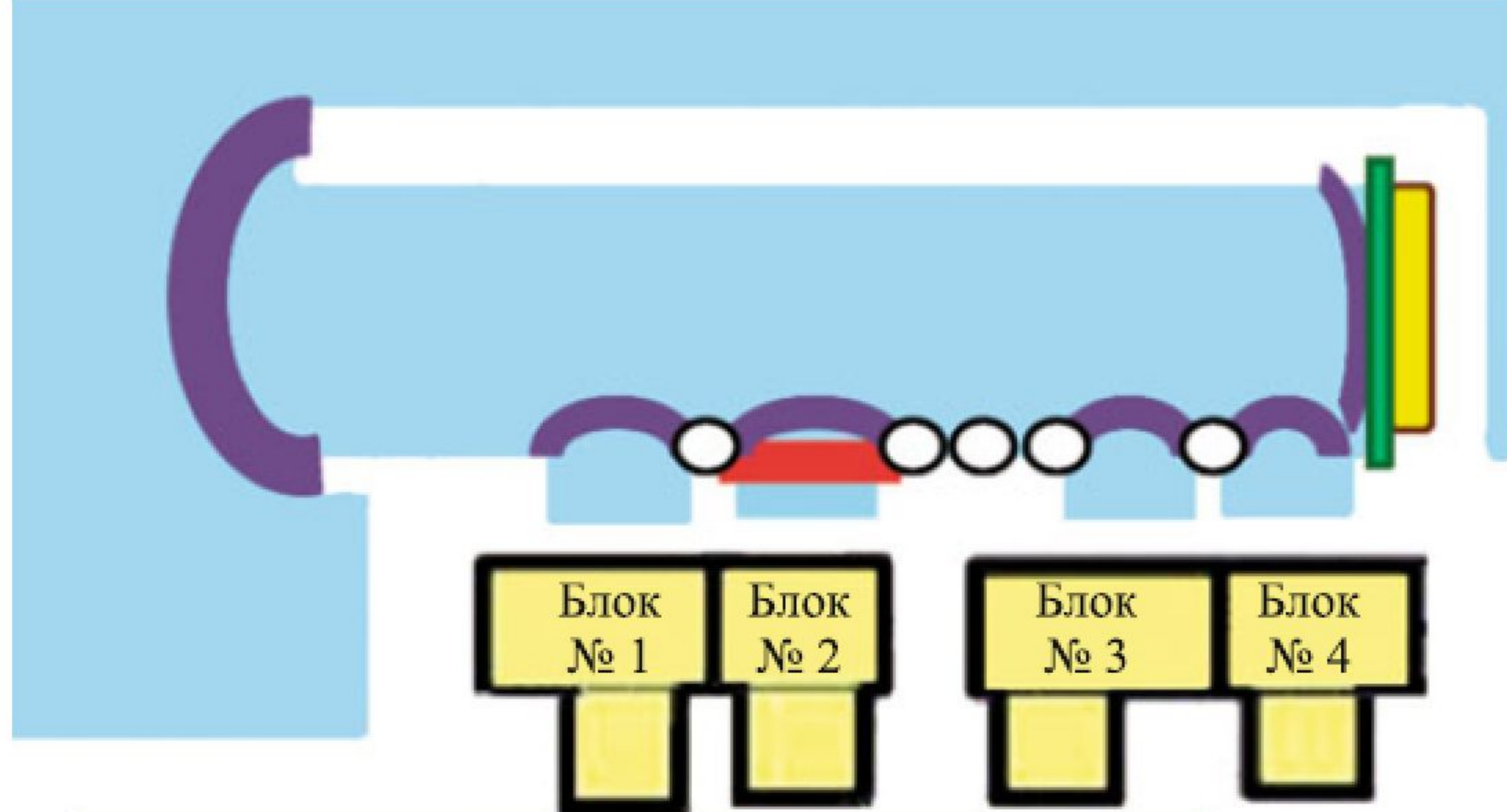
- 1-здание реактора;
- 2-здание турбины;
- 3-электродвигатель насоса;
- 4-водоприёмник;
- 5-помещения дизель-генераторов;
- 6-трубопровод морской воды;
- 7-насосы морской воды






# Схема временного электроснабжения механизмов блока №5 от блока №6 (по состоянию на 13-18 марта)



1-временный погружной насос системы отвода тепла;  
2-насос системы отвода тепла; 3,4-панели систем А и В постоянного тока; 5-щит освещения; 6-распределительное устройство низкого напряжения; 7,8-механизмы газоочистки





-  Иловый щит
-  Стальной затвор
-  Мешки с песком
-  Мешки с песком и цеолитом
-  Стальной шрунт

- Общий вид на повреждённую АЭС



# Список литературы

- 1. Корниенко А.Г. ОАО «Концерн Росэнергоатом». Обзор аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии. Журнал «Электрические станции», 2012/1, стр.2-15.
- 2. Корниенко А.Г. ОАО «Концерн Росэнергоатом». Обзор аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии. Журнал «Электрические станции», 2012/2, стр.13-28.
- 3. Корниенко А.Г. ОАО «Концерн Росэнергоатом». Обзор аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии. Журнал «Электрические станции», 2012/3, стр.2-8.
- 4. Корниенко А.Г. ОАО «Концерн Росэнергоатом». Обзор аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии. Журнал «Электрические станции», 2012/4, стр.2-8.