

Заслуженный деятель науки РФ, профессор Б.Г.Гордон  
[gordon@secnrs.ru](mailto:gordon@secnrs.ru)

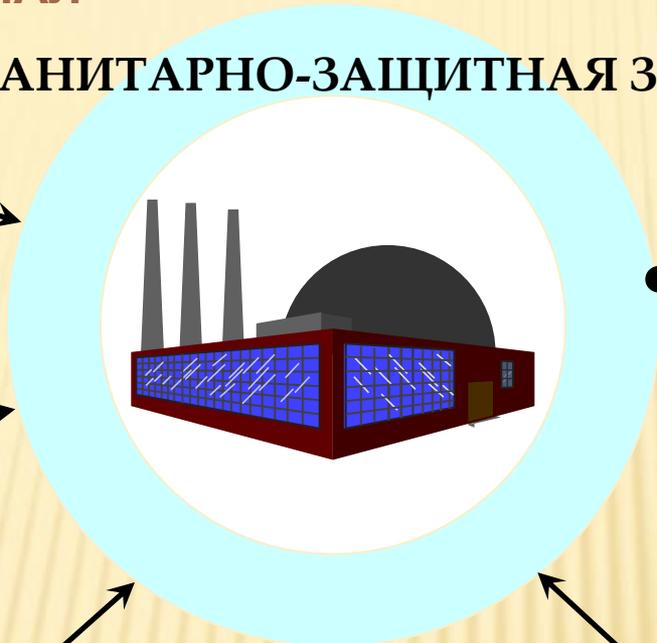
**УРОКИ КРУПНЕЙШИХ АВАРИЙ НА АС**

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ

НАСЕЛЕНИЕ, ПЕРСОНАЛ

БУДУЩИЕ ПОКОЛЕНИЯ

САНИТАРНО-ЗАЩИТНАЯ ЗОНА



АНТРОПОГЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ

ПРИРОДНАЯ СРЕДА

# ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ТЕХНИЧЕСКИХ АВАРИЙ

<b>Градиенты</b>	<b>Запасы веществ</b>	<b>Запасы энергии</b>
<b>Давление</b>	<b>Взрывчатые</b>	<b>Механическая</b>
<b>Температура</b>	<b>Горючие, воспламеняющиеся</b>	<b>Электромагнитная</b>
<b>Концентрация</b>	<b>Химические, биологические</b>	<b>Химическая</b>
<b>Высота</b>	<b>Радиоактивные</b>	<b>Ядерная</b>

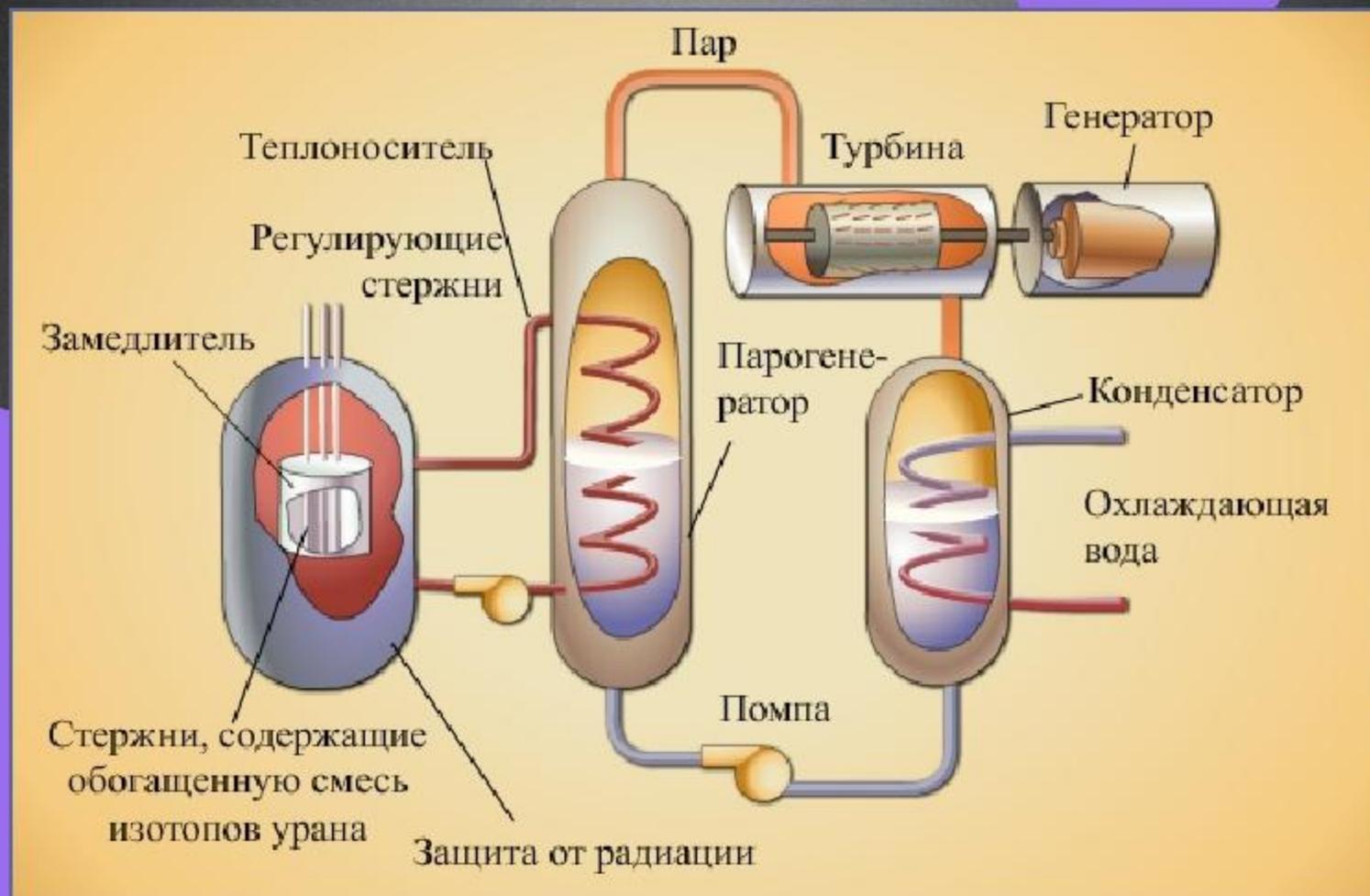
# ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



# КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЯЖЁЛЫХ АВАРИЙ

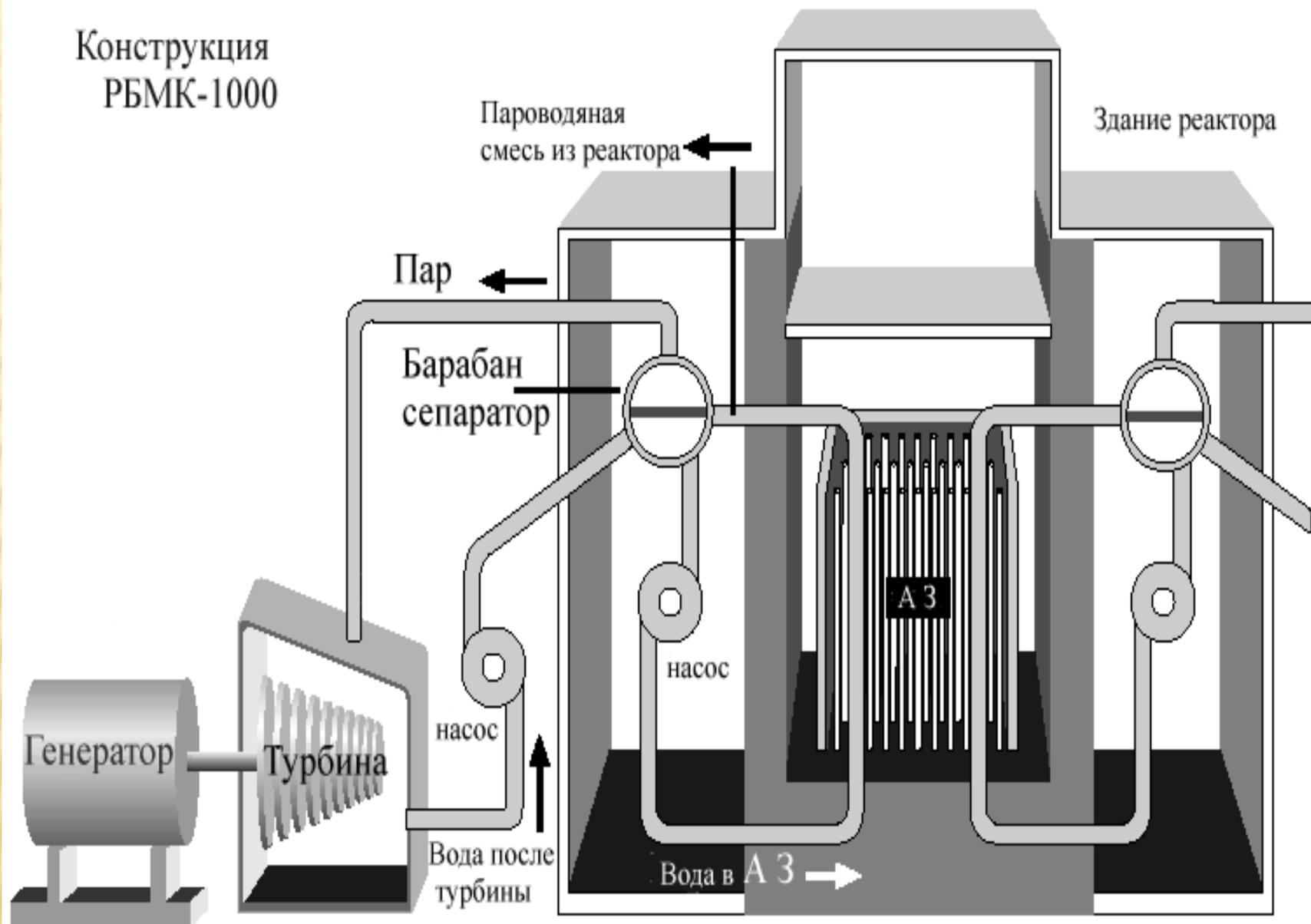
Объект	Причины ядерной аварии	Исходные события	Радиационные последствия за границами объекта
<b>Три-Майл-Айленд</b>	Нарушение теплоотвода от ТВЭЛОВ	Возрастание давления и температуры в АЗ из-за отказа оборудования и ошибок персонала	Практически отсутствовали
<b>Чернобыль</b>	Нарушение контроля и управления цепной ядерной реакцией деления в АЗ	Особенности конструкции и действия персонала вызвали реактивную аварию, приведшую к разрушению РУ	Предельно допустимый аварийный выброс
<b>Фукусима</b>	Нарушение теплоотвода от ТВЭЛОВ	Потеря аварийного электропитания из-за цунами, приведшая после ошибок персонала к разрушению РУ	То же

## Схема ядерного реактора



**Ядерный реактор** — это устройство, в котором в результате управляемой цепной реакции деления ядер выделяется энергия.

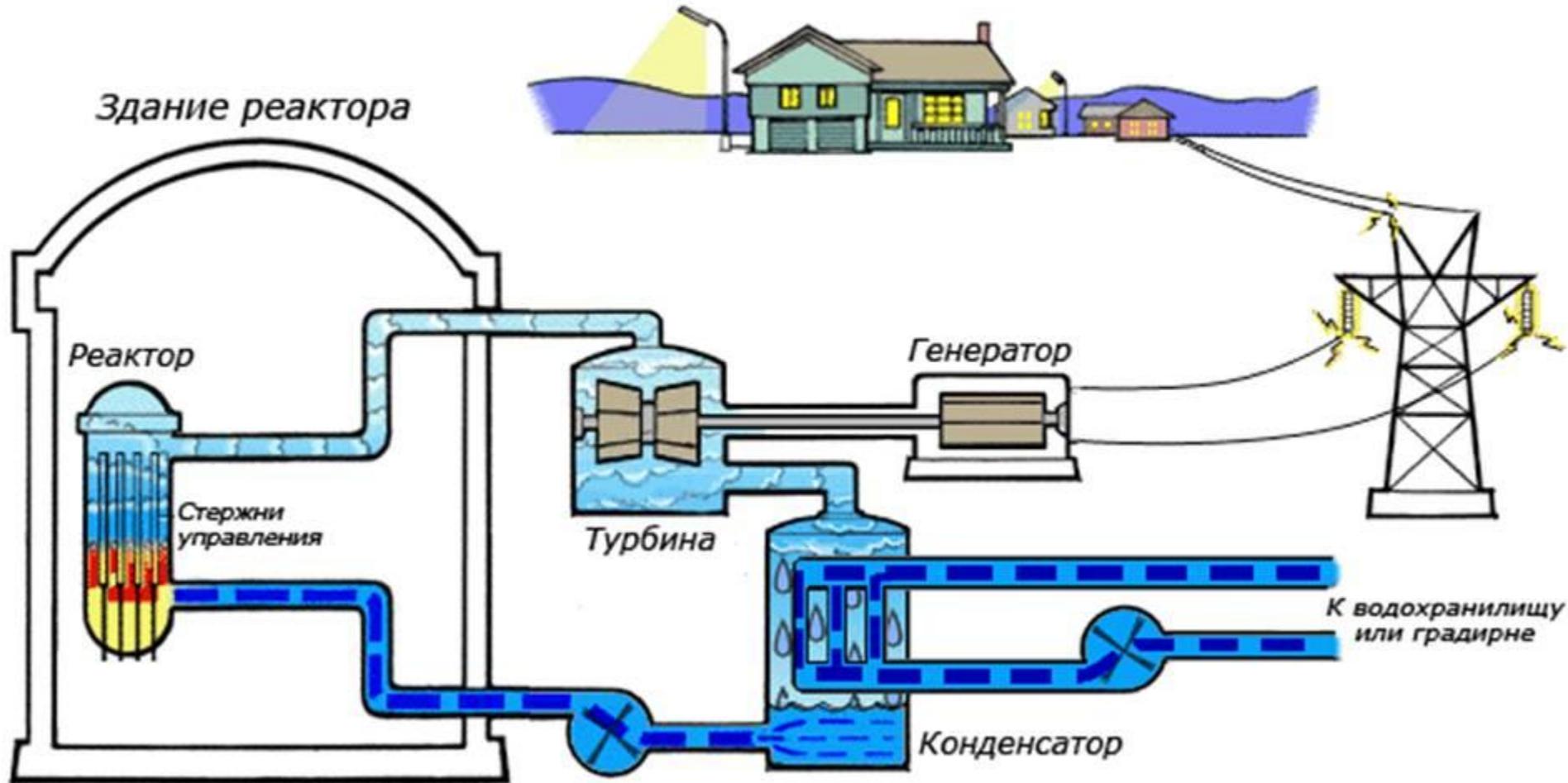
# Конструкция РБМК-1000



## ВЫВОДЫ КОМИССИИ ГПАН (1991)

- ✘ Комиссия считает, что работы по усовершенствованию методик математического моделирования РБМК, их верификации и расчетному анализу аварии на ЧАЭС ведутся крайне медленно, являясь низкоприоритетными. В результате до настоящего времени нет достаточно представительного количественного анализа, выполненного на уровне, соответствующем возможностям современной вычислительной техники и разработкам по физике РБМК.
- ✘ Для компенсации дополнительной отрицательной реактивности, возникшей из-за ксенонового отравления активной зоны реактора при снижении мощности, а также в процессе произведенного затем повышения мощности реактора до 200 МВт из реактора пришлось извлечь часть стержней оперативного запаса - ОЗР. Этим действием, как считает Комиссия, - с осознанием тяжести последствий или без него, - персонал перевел реактор в нерегламентное положение, при котором аварийная защита перестала быть

# Схема работы кипящего ядерного реактора



## АНАЛИЗ ПРОИЗОШЕДШИХ АВАРИЙ НА АЭС

АЭС	Расхожие мнения	Принятые нами меры
Три-Майл-Айленд 1979	Их операторы – monkey-бакалавры, не знающие технологии, слепо исполняющие инструкции. Наши операторы высокообразованны и самостоятельны.	ОПБ-82, уточнение понятий. Исследования аварий с малой течью, развитие разнообразных САОР, системный интерес к ДАБ и ВАБ.
Чернобыль 1986	РБМК строят только в СССР, их безопасность не обоснованна. У русских – низкая общая культура и культура безопасности. На Западе такие аварии невозможны.	ОПБ-88/97, изменена концепция безопасности, обоснование тяжёлых запроектных аварий, управление авариями, тренажёры на всех АС.
Фукусима 2011	Японцы не выучили уроки Чернобыля и не приняли мер по управлению авариями. Нам нечему у них учиться, базовые принципы безопасности сохраняются неизменными.	НП-001-15, расширение вероятностных критериев, развитие требований к культуре безопасности, учёт всех мест хранения ОЯТ. Передвижные аварийные средства.

# ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙ

Для  
человека

Зиверт

Для  
окружающ  
ей среды

Терабеккере  
ль

Для  
собственни  
ка

Доллар

## СВЯЗЬ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ АС

<b>Вид нарушения</b>	<b>Остановка энергоблока 1 ГВт на сутки</b>	<b>Недодача 1% электроэнергии и в год</b>	<b>Ремонты, замены, отказы оборудования</b>	<b>Тяжёлые запроектные аварии</b>
<b>Порядок величины ущерба в долларах</b>	<b>1 млн.</b>	<b>1-5 млн.</b>	<b>10-50 млн.</b>	<b>100 – 500 млрд.</b>

# ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- × Пассивные системы охлаждения зоны;
  - × Аварии с малой течью;
  - × Вероятностные анализы безопасности.
- 
- × Совершенствование твэлов;
  - × Изменение конструкции СУЗ;
  - × Культура безопасности;
  - × Доступность информации об инцидентах;
  - × Охлаждение корпуса и ловушки расплава;
  - × Развитие тренажёров.
- 
- × Уязвимость от внешних воздействий;
  - × Средства аварийной готовности;
  - × Водородная опасность;
  - × ОЯТ в бассейне и хранилищах;
  - × Вероятность невозможных аварий;
  - × Развитие реакторов с внутренней самозащищённостью.