

**АВАРИИ НА АЭС.  
ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ  
АВАРИЙ. КРУПНЕЙШИЕ  
В МИРЕ АВАРИИ.  
КОНСТРУКЦИЯ И  
ПРИНЦИП РАБОТЫ  
ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА.**

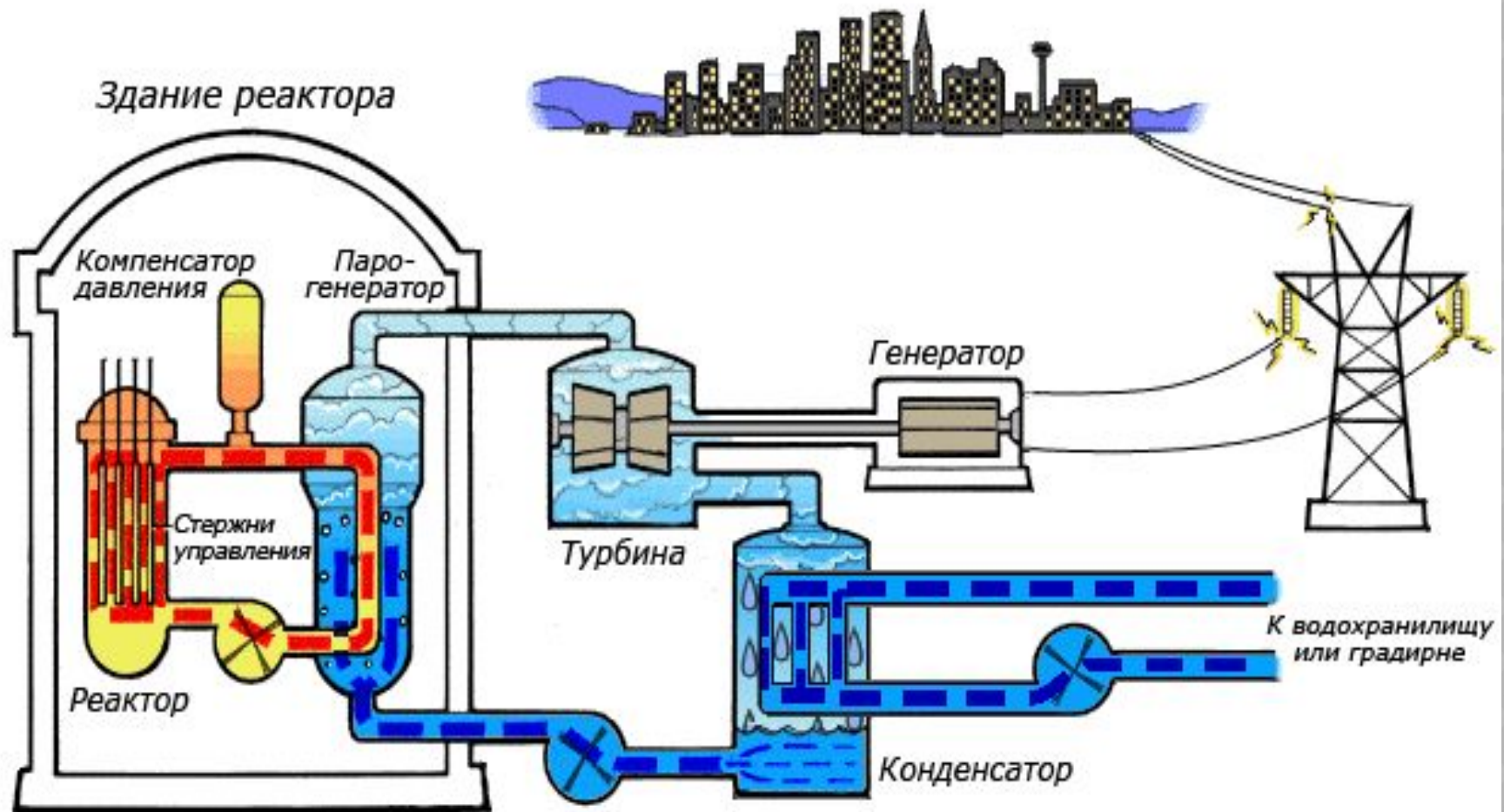


Атомная электростанция (АЭС) — ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определенной проектом территории, на которой для осуществления этой цели используются ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимыми работниками (персоналом)

# Схема работы атомной электростанции:

Энергия, выделяемая в активной зоне реактора, передаётся теплоносителю первого контура. Далее теплоноситель подаётся насосами в теплообменник (парогенератор), где нагревает до кипения воду второго контура. Полученный при этом пар поступает в турбины, вращающие электрогенераторы. На выходе из турбин пар поступает в конденсатор, где охлаждается большим количеством воды, поступающей из водохранилища.

# СХЕМА РАБОТЫ АЭС



# ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Аварии на АЭС классифицируются в зависимости от причин отказов оборудования, от механизма развития аварии и масштаба последствий. Различают три типа радиационных аварий на АЭС: локальная, местная и общая. При локальной аварии радиационные последствия ограничиваются одним зданием или сооружением, где создается повышенный уровень внешнего излучения, радиоактивного загрязнения воздуха в рабочих помещениях, а также наружных поверхностей оборудования. Радиационные последствия при местной аварии ограничены зданием и территорией АЭС, где возможно облучения персонала в дозах, выше допустимых. Концентрация радиоактивных веществ в воздухе, а также уровень радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и территории превышает регламентируемый. К общим относятся аварии, при которых радиоактивные продукты, выбрасываемые из реактора, распространяются за пределами территории АЭС. В результате возможно облучение населения и радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды (почвы, воздуха, растительности).

# Аварии на АЭС

- ▣ Радиационная авария - происходит при нарушении пределов безопасной эксплуатации АЭС и другого оборудования с выходом радионуклидов за предусмотренные границы в количествах, превышающих значения, установленные для нормальной эксплуатации. Число пострадавших в различной степени, может быть различным, в том числе, как показал опыт Чернобыльской АЭС, и очень большим.
- ▣ К настоящему времени накоплен большой опыт эксплуатации АЭС в условиях ядерной и радиационной безопасности, веется также опыт ликвидации радиационных инцидентов и аварий и их последствий. К 1987 г. в мире было зарегистрировано 284 серьёзных аварии на АЭС, сопровождавшиеся выбросом радиоактивных веществ. Наиболее крупные из них были в Северной Англии (Уиндскейл, 1957 г.), в США (Три-Майл-Айленд, 1979 г.) и в СССР (Чернобыльская АЭС, 1986 г.). Но, даже несмотря на казалось бы большое количество аварий, атомная энергетика во всем мире относится к отраслям деятельности человека с малой опасностью для жизни, хотя возрастание числа АЭС и участвовавшие в последние годы аварийные ситуации делают эту проблему актуальной.

## **1 место. Чернобыль. СССР (ныне Украина). Рейтинг: 7 (крупная авария)**

Авария на ядерном объекте в Чернобыле всеми экспертами признана как самый худшая катастрофа в истории атомной энергетики. Это - единственная авария на ядерном объекте, которая была классифицирована Международным агентством по атомной энергии в качестве самого худшего, что может быть. Крупнейшая техногенная катастрофа разразилась 26 апреля 1986 года, на 4-м блоке Чернобыльской атомной электростанции, находящейся в маленьком городе Припять. Разрушение носило взрывной характер, реактор был полностью разрушен, и в окружающую среду было выброшено большое количество радиоактивных веществ. На момент аварии Чернобыльская АЭС была самой мощной в СССР. 31 человек погиб в течение первых трех месяцев после аварии; отдалённые последствия облучения, выявленные за последующие 15 лет, стали причиной гибели от 60 до 80 человек. 134 человека перенесли лучевую болезнь той или иной степени тяжести, более 115 тыс. человек из 30-километровой зоны были эвакуированы. В ликвидации последствий аварии участвовали более 600 тыс. человек. Радиоактивное облако от аварии прошло над европейской частью СССР, Восточной Европой и Скандинавией. Станция навсегда прекратила свою работу лишь 15 декабря 2000 года.



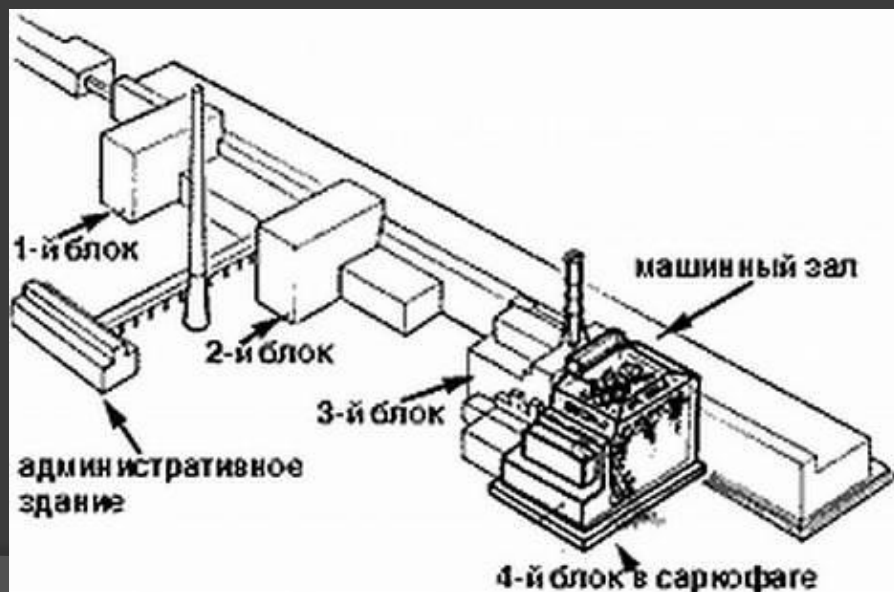
# Хронология событий

- 25 апреля запланирована остановка 4-го энергоблока для планового ремонта
- Снижение мощности реактора до 50% за сутки до аварии, 3:47
- Отключение системы аварийного охлаждения реактора в соответствии с программой
- Запрет дальнейшего снижения мощности диспетчером, 25 апреля 23:00



# Хронология событий

- Получено разрешение на остановку реактора, 23:10
- Снижение мощности до 700 МВт – уровень, предусмотренный программой, а затем до 500 МВт – по неустановленной причине
- Падение мощности до 0 МВт

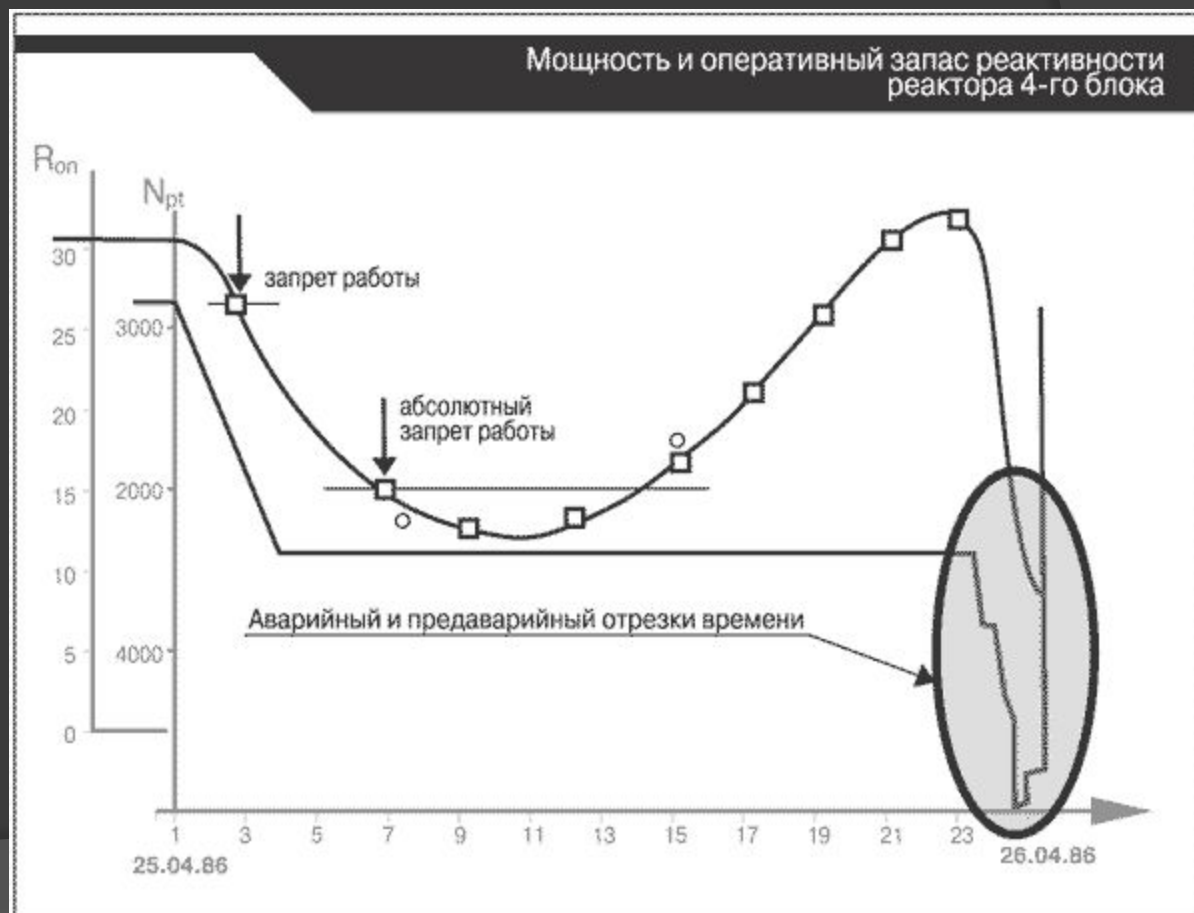


- Поднятие мощности до 200 МВт, 26 апреля 01:00
- Начало эксперимента, 26 апреля 01:23

# Хронология событий

- В 1:23:39 - сигнал аварийной защиты (АЗ-5)
- Затем сигнал о быстром росте мощности

- Регистрирующие системы выходят из строя
- Стержни аварийной защиты остановились
- 1:23:47 - 1:23:50 (3 секунды!) - взрыв, реактор полностью разрушен



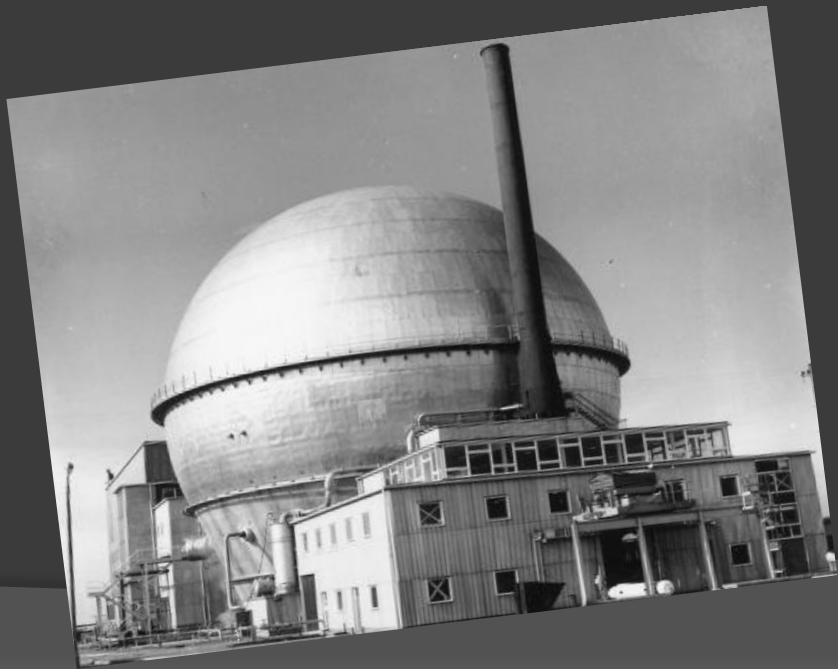
## 2 место. Кыштым, СССР (ныне Россия). Рейтинг: 6 (серьёзная авария)

«Кыштымская авария» - очень серьёзная радиационная техногенная авария на химкомбинате «Маяк», расположенном в закрытом городе «Челябинск-40» (с 1990-х годов - Озёрск). Авария получила свое название Кыштымской по той причине, что Озёрск был засекречен и отсутствовал на картах до 1990 года, а Кыштым - ближайший к нему город. 29 сентября 1957 года из-за выхода из строя системы охлаждения произошёл взрыв ёмкости объёмом 300 кубических метров, где содержалось около 80 м<sup>3</sup> высокорadioактивных ядерных отходов. Взрывом, оцениваемым в десятки тонн в тротиловом эквиваленте, ёмкость была разрушена, бетонное перекрытие толщиной 1 метр весом 160 тонн отброшено в сторону, в атмосферу было выброшено около 20 млн кюри радиации. Часть радиоактивных веществ были подняты взрывом на высоту 1-2 км и образовали облако, состоящее из жидких и твёрдых аэрозолей.. На этой территории находилось 217 населенных пунктов с более 280 тысячами жителей, ближе всех к эпицентру катастрофы было несколько заводов комбината «Маяк», военный городок и колония заключенных. Территория, которая подверглась радиоактивному загрязнению в результате взрыва на химкомбинате, получила название «Восточно-Уральский радиоактивный след». Общая длина составляла примерно 300 км, при ширине 5-10 км.



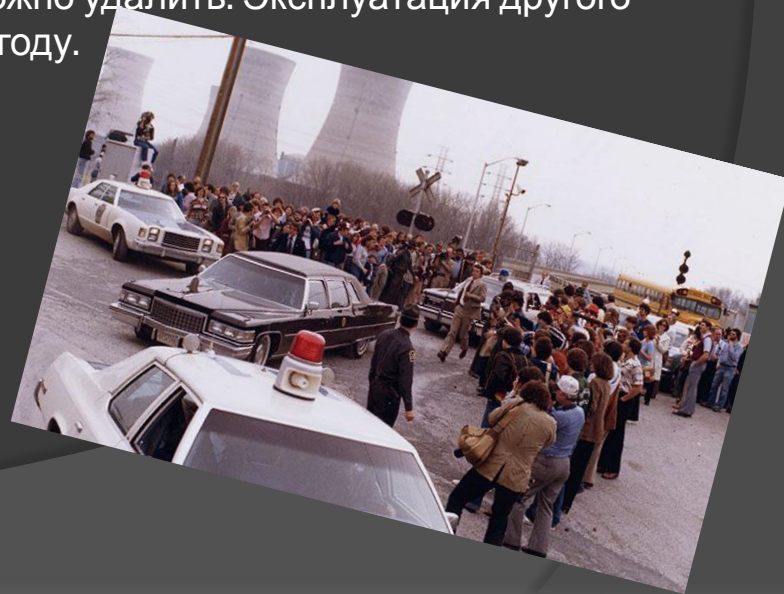
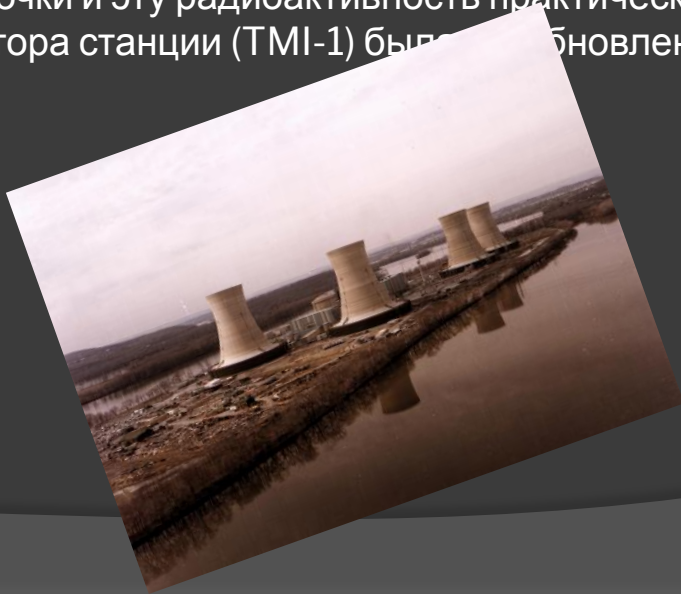
### **3 место. Уиндскейлский пожар (Windscale Fire), Великобритания. Рейтинг: 5 (авария с риском для окружающей среды)**

10 октября 1957 года операторы уиндскейлской станции заметили, что температура реактора неуклонно растет, в то время как должно происходить наоборот. Первым делом все подумали о неисправность оборудования реактора, осматривать которое отправились двое рабочих станции. Когда они добрались до самого реактора, то к своему ужасу увидели, что он был охвачен огнем. Поначалу, рабочие не использовали воды, потому что операторы станции высказывали опасения, что огонь настолько горяч, что вода будет будет распадаться мгновенно, а как известно водород в воде способен вызвать взрыв. Все испробованные средства не помогали, и тогда сотрудники станции открыли шланги. Вода смогла остановить огонь безо всякого взрыва. По некоторым оценкам, в Великобритании из-за Уиндскейла рак развился у 200 человек, половина из них умерли. Точное число жертв неизвестно, поскольку британские власти пытались скрыть эту катастрофу. Премьер-министр Гарольд Макмиллан опасался, что этот инцидент мог подрвать общественную поддержку ядерным проектам. Проблема подсчета жертв этой катастрофы усугубляется еще тем, что излучение от Уиндскейла распространилось на сотни км по всей северной Европе.



#### 4 место. ТриМайл Айленд (Three Mile Island), США. Рейтинг: 5 (авария с риском для окружающей среды)

До Чернобыльской аварии, случившейся через семь лет, авария на АЭС «Три-Майл Айленд» считалась крупнейшей в истории мировой ядерной энергетики и до сих пор считается самой тяжёлой ядерной аварией в США. 28 марта 1979 года рано утром произошла крупная авария реакторного блока № 2 мощностью 880 МВт на АЭС "Тримайл-Айленд", расположенной в двадцати километрах от города Гаррисберга (штат Пенсильвания) и принадлежавшей компании "Метрополитен Эдисон". Блок № 2 на АЭС "Тримайл-Айленд", как оказалось, не был оснащён дополнительной системой обеспечения безопасности, хотя подобные системы на некоторых блоках этой АЭС имеются. Несмотря на то, что ядерное топливо частично расплавилось, оно не прожгло корпус реактора и радиоактивные вещества, в основном, остались внутри. По разным оценкам, радиоактивность благородных газов, выброшенных в атмосферу составила от 2,5 до 13 миллионов кюри, однако выброс опасных нуклидов, таких как йод-131, был незначительным. Территория станции также была загрязнена радиоактивной водой, вытекшей из первого контура. Официально работы по устранению последствий аварии были завершены в декабре 1993 года. Была проведена дезактивация территории станции, топливо было выгружено из реактора. Однако, часть радиоактивной воды впиталась в бетон защитной оболочки и эту радиоактивность практически невозможно удалить. Эксплуатация другого реактора станции (TMI-1) была возобновлена в 1985 году.



## **5 место. Токаимура (Tokaimura), Япония. Рейтинг: 4 (авария без значительного риска для окружающей среды)**

30 сентября 1999 года произошла самая страшная атомная трагедия для Страны восходящего Солнца. Самая пагубная авария на ядерном объекте Японии имела место более десятилетия тому назад, правда это было за пределами Токио. Для ядерного реактора, который не использовался более трех лет была подготовлена партия высокообогащенного урана. Операторов станции не обучили тому, как надо обращаться со столь высокообогащенным ураном. Не понимая, что они делают в смысле возможных последствий, «специалисты» поместили гораздо больше урана в резервуар, чем нужно. Более того, резервуар реактора был разработан не для этого типа урана. ...Но критическую реакцию уже не остановить и двое из трех операторов, работавших тогда с ураном умирают от радиации. После катастрофы около сотни рабочих и тех, кто жил поблизости были госпитализированы с диагнозом «облучение», эвакуации подлежали 161 человек, живших в нескольких сотнях метров от атомной станции.



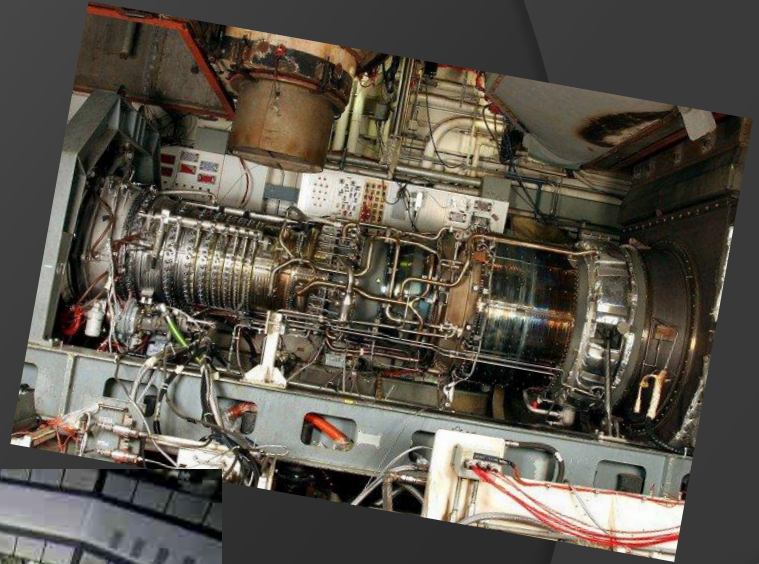
# Причины аварии

INSAG обозначил ряд проблем, внёсших вклад в возникновение аварий:

1. Если установка фактически не соответствует действующим нормам безопасности и имеет небезопасные конструктивные особенности;
2. Если существует недостаточный анализ безопасности;
3. Если есть недостаточное внимание к независимому рассмотрению безопасности;
4. Если регламенты по эксплуатации надлежащим образом не обоснованы в анализе безопасности;
5. Если существует недостаточный и неэффективный обмен важной информацией по безопасности, как между операторами, так и между операторами и проектировщиками;
6. Если существует недостаточное понимание персоналом аспектов их станции, связанных с безопасностью;
7. Если существует неполное соблюдение персоналом формальных требований регламентов по эксплуатации и программы испытаний.
8. Если есть общая недостаточность культуры безопасности в ядерных вопросах .

# ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР

Ядерный ре́актор — это устройство, предназначенное для организации управляемой самоподдерживающейся цепной реакции деления, которая всегда сопровождается выделением энергии.





# УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

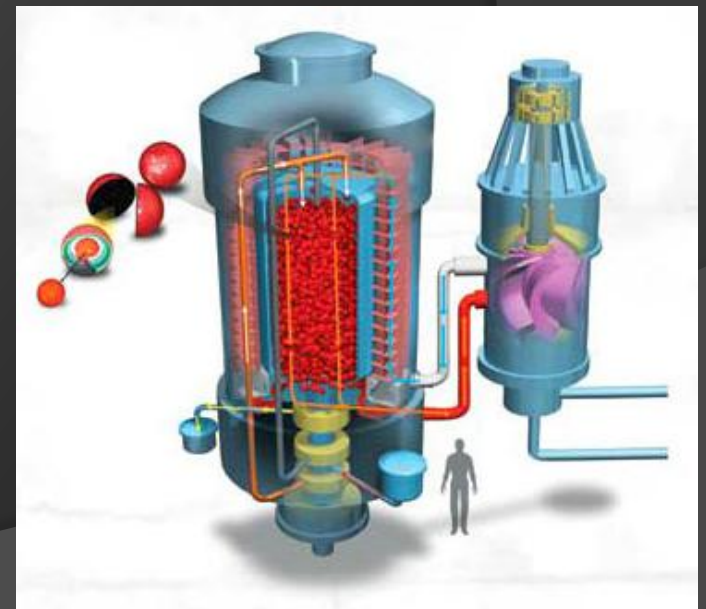
В активной зоне реактора располагаются тепловыделяющие элементы (ТВЭЛ) – ядерное топливо. Они собраны в кассеты, включающие в себя по несколько десятков ТВЭЛОВ. По каналам через каждую кассету протекает теплоноситель. ТВЭЛы регулируют мощность реактора. Ядерная реакция возможна только при определённой (критической) массе топливного стержня. Масса каждого стержня в отдельности ниже критической. Реакция начинается, когда все стержни находятся в активной зоне. Погружая и извлекая топливные стержни, реакцией можно управлять. Итак, при превышении критической массы топливные радиоактивные элементы, выбрасывают нейтроны, которые сталкиваются с атомами. В результате образуется нестабильный изотоп, который сразу же распадается, выделяя энергию в виде гамма излучения и тепла. Частицы, сталкиваясь, сообщают кинетическую энергию друг другу, и количество распадов в геометрической прогрессии увеличивается. Это и есть цепная реакция — принцип работы ядерного реактора. Без управления она происходит молниеносно, что приводит к взрыву. Но в ядерном реакторе процесс находится под контролем.

Таким образом в активной зоне выделяется тепловая энергия, которая передаётся воде, омывающей эту зону (первый контур). Здесь температура воды 250-300 градусов. Далее вода отдаёт тепло второму контуру, после этого – на лопатки турбин, вырабатывающих энергию

Активная зона реактора состоит из сотен кассет, объединенных металлической оболочкой. Эта оболочка играет также роль отражателя нейтронов. Среди кассет вставлены управляющие стержни для регулировки скорости реакции и стержни аварийной защиты реактора. Далее, вокруг отражателя устанавливается теплоизоляция. Поверх теплоизоляции находится защитная оболочка из бетона, которая задерживает радиоактивные вещества и не пропускает их в окружающее пространство.

### Основные элементы ядерного реактора

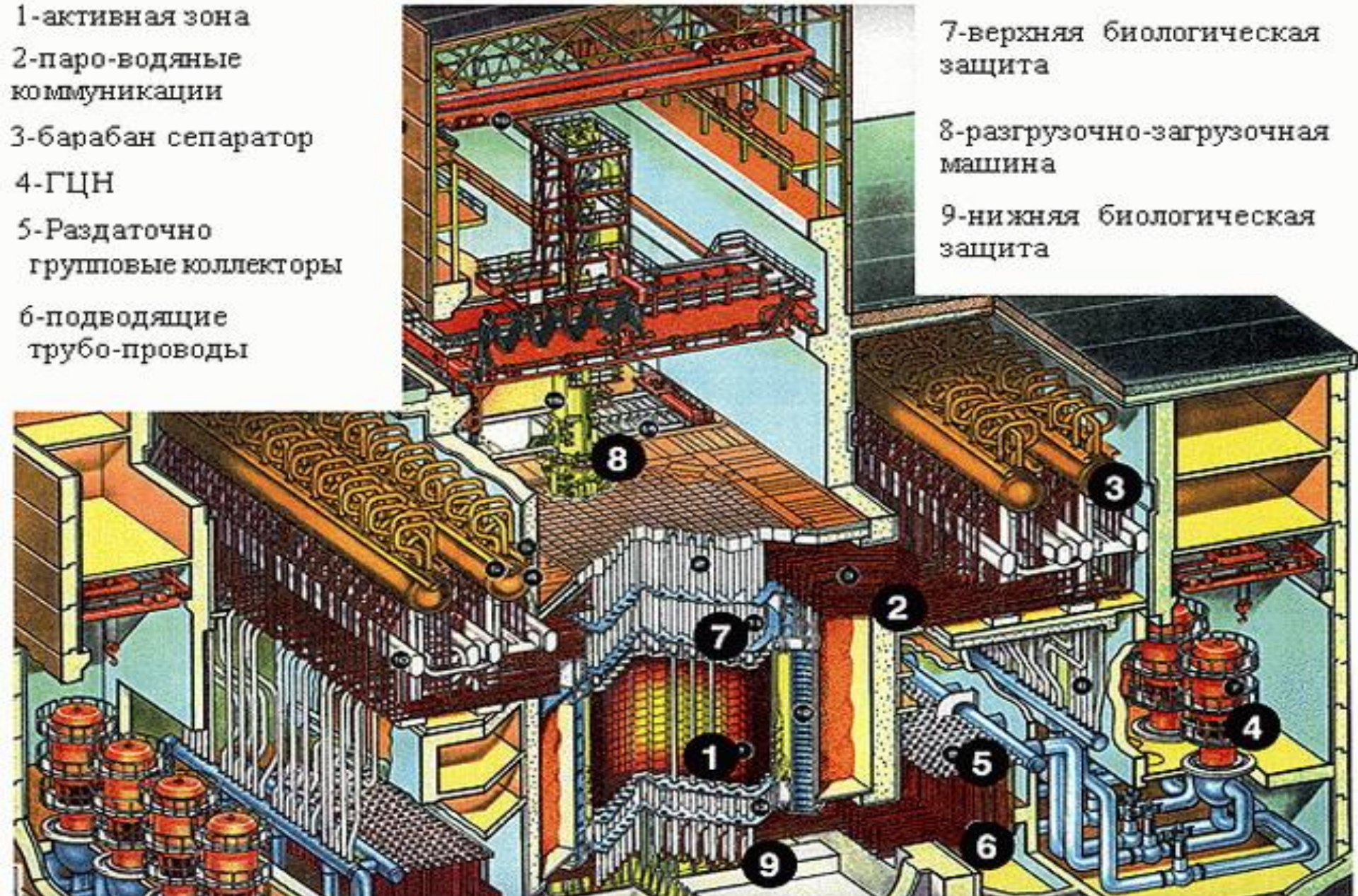
1. Ядерное топливо: обогащённый уран, изотопы урана и плутония. Чаще всего используется уран 235;
2. Теплоноситель для вывода энергии, которая образуется при работе реактора: вода, жидкий натрий и др.;
3. Регулирующие стержни;
4. Замедлитель нейтронов;
5. Оболочка для защиты от излучения.



# Схема реактора

- 1-активная зона
- 2-паро-водяные коммуникации
- 3-барабан сепаратор
- 4-ГЦН
- 5-Раздаточно групповые коллекторы
- 6-подводящие трубо-проводы

- 7-верхняя биологическая защита
- 8-разгрузочно-загрузочная машина
- 9-нижняя биологическая защита



# ПРЕИМУЩЕСТВА ЯДЕРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

1. Уран — относительно недорогое топливо. Месторождения урана распространены достаточно широко в мире.
2. Техническое обслуживание ядерных электростанций — процесс очень важный, но его не нужно проводить так же часто, как дозаправку и техобслуживание традиционных электростанций.
3. Ядерные реакторы и связанные с ними периферийные устройства могут работать в отсутствие кислорода. Это значит, что они могут быть целиком изолированы и при необходимости помещены под землю или под воду без вентиляционных систем.
4. Ядерные электростанции, в отличие от электростанций на природном топливе, не производят так называемых парниковых газов, угарного газа (СО) или пыладых загрязнителей.
5. Ядерные электростанции, построенные и эксплуатируемые с соблюдением всех мер предосторожности, могут помочь мировой экономике избавиться от чрезмерной зависимости от ископаемого топлива для производства электричества.



# НЕДОСТАТКИ ЯДЕРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

1. Добыча и обогащение урана могут подвергнуть занятый на этих работах персонал воздействию радиоактивной пыли, а также привести к выбросу этой пыли в воздух или в воду.
2. Отходы ядерных реакторов остаются радиоактивными долгие годы. Существующие и перспективные методы их утилизации сопряжены с техническими, экологическими и политическими проблемами.
3. Несмотря на то что риск диверсии на ядерных электростанциях невелик, потенциальные ее последствия — выброс радиоактивных материалов в окружающую среду — очень серьезны. Пренебрегать такими рисками нельзя.
4. Перевозка расщепляющихся материалов на электростанции для использования в качестве топлива и перевозка радиоактивных отходов к местам их утилизации (захоронения) никогда не могут быть абсолютно безопасным делом. Последствия нарушения системы безопасности могут быть катастрофическими.
5. Попадание расщепляющихся ядерных материалов не в те руки может спровоцировать ядерный терроризм или шантаж.

Спасибо за  
внимание!