

Атомная электростанция (АЭС)



АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (АЭС)

— электростанция, на которой для получения электроэнергии используется теплота, выделяющаяся в ядерном реакторе в результате контролируемой цепной реакции деления ядер тяжёлых элементов (в осн. U^{233}, U^{235})

Теплота, образующаяся в активной зоне ядерного реактора, передаётся (непосредственно через промежуточный теплоноситель) рабочему телу (водяному пару), которое приводит в действие паровые турбины с турбогенераторами.

Топливо для АЭС

Топливо для АЭС – это химические элементы, обладающие радиоактивными свойствами.

На всех атомных станциях таким элементом выступает уран. Устройство станций подразумевает, что АЭС работают на сложном составном топливе, а не на чистом химическом элементе.

И чтобы из природного урана добыть урановое топливо, которое загружается в ядерный реактор, нужно провести множество манипуляций.

Обогащенный уран



Уран состоит из двух изотопов, то есть в его составе есть ядра с разной массой. Назвали их по количеству протонов и нейтронов изотоп -235 и изотоп-238.

Исследователи 20 века начали добывать из руды 235 уран, т.к. его легче было разлагать и преобразовывать. Выяснилось, что такого урана в природе всего 0,7 % (остальные проценты достались 238 изотопу).

Что делать в этом случае? Уран решили обогащать. Обогащение урана это процесс, когда в нем остается много нужных 235х изотопов и мало ненужных 238х. Задача обогатителей урана – из 0.7% сделать почти 100% урана-235. Обогатить уран можно с помощью двух технологий – газодиффузионной или газоцентрифужной.

Для их использования уран, добытый из руды, переводят в газообразное состояние. В виде газа его и обогащают.

Урановый порошок



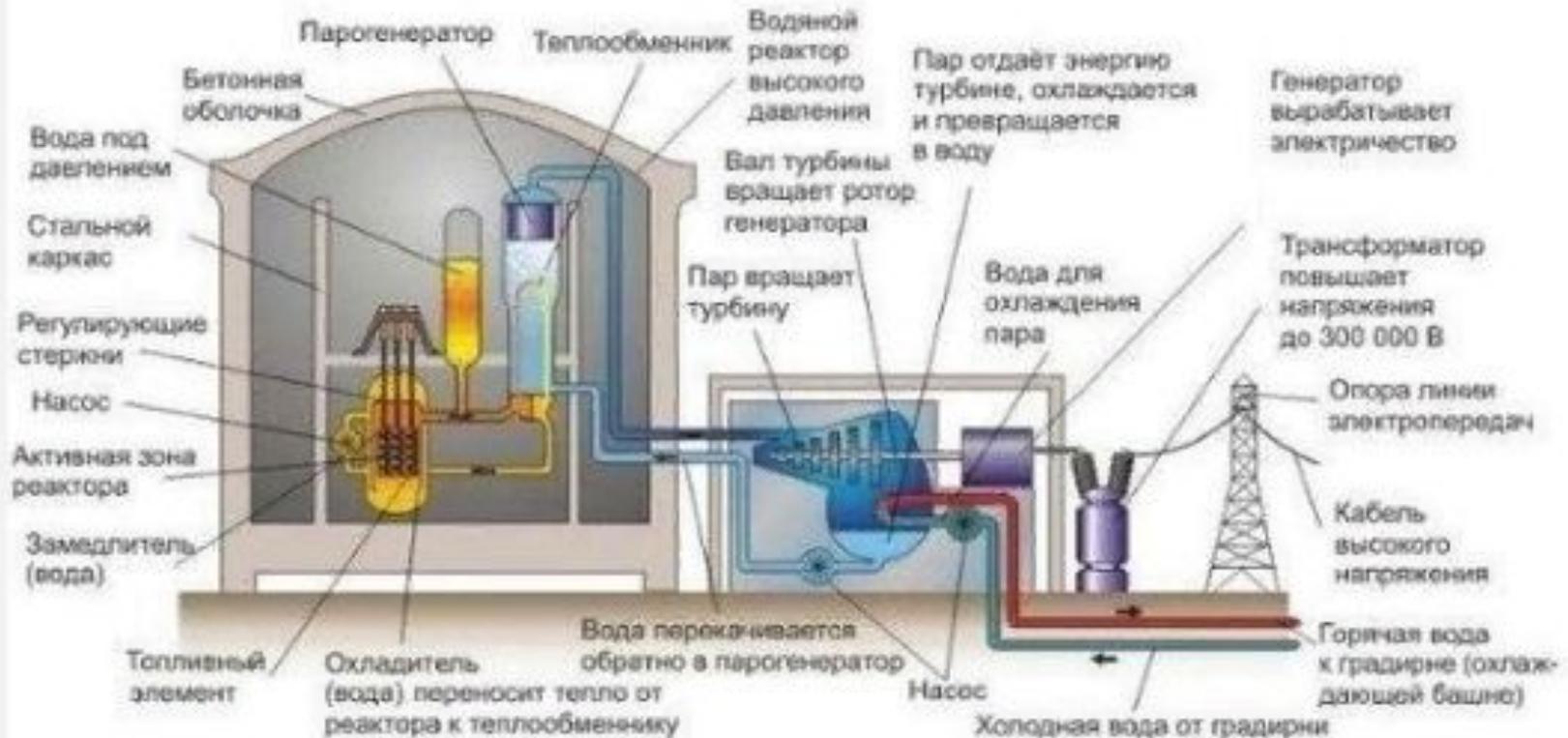
Обогащенный урановый газ переводят в твердое состояние – диоксид урана. Чистый твердый ^{235}U уран позже дробят в урановый порошок.

Урановые таблетки

Урановые таблетки – это твердые металлические шайбы, длиной в пару сантиметров. Чтобы из уранового порошка слепить такие таблетки, его перемешивают с веществом – пластификатором, он улучшает качество прессования таблеток. Прессованные шайбы запекают при температуре 1200 градусов по Цельсию более суток, чтобы придать таблеткам особую прочность и устойчивость к высоким температурам. То, как работает АЭС, напрямую зависит от того, насколько хорошо спрессовали и запекли урановое топливо.

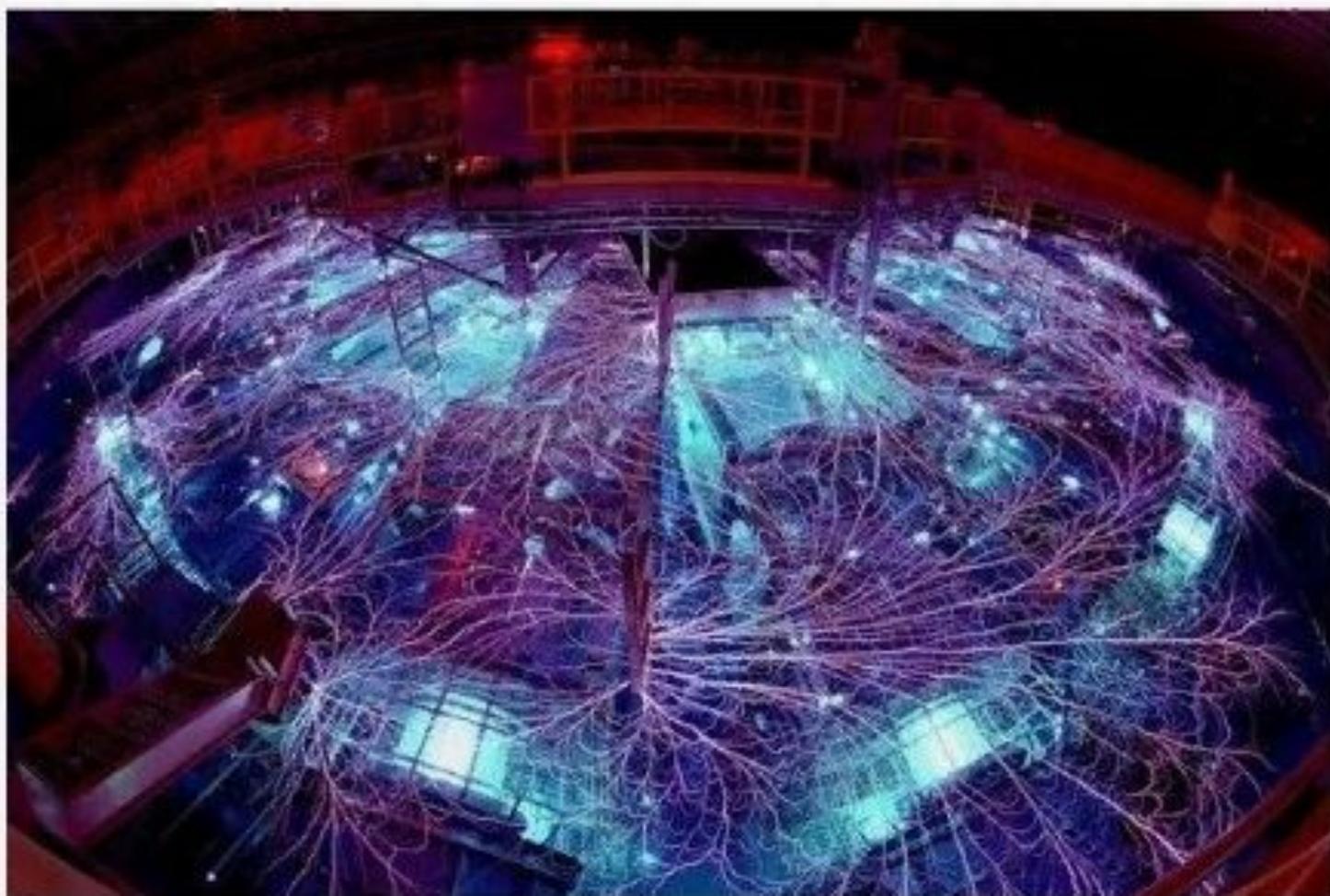


Атомная электростанция: принцип работы



Суть процесса в том, что при запуске реактора начинается контролируемый распад вещества (обычно используется Уран-235, так как он может сохранять в действии явление самоподдерживающейся цепной ядерной реакции (это когда количество нейтронов, вырывающихся из ядра вещества, вызывают столько же новых реакций распада)) схема приведена ниже..

КПД у реактора низкий(около 35%), + загрязняется много ресурсов..Да и оказывается, что реактор не делает ничего особенного - он всего лишь по-новому кипятит воду.. Но это все равно огромный скачок для человечества, и этот способ получения энергии(ага, кипячения воды) является на данный момент наиболее продуктивным...



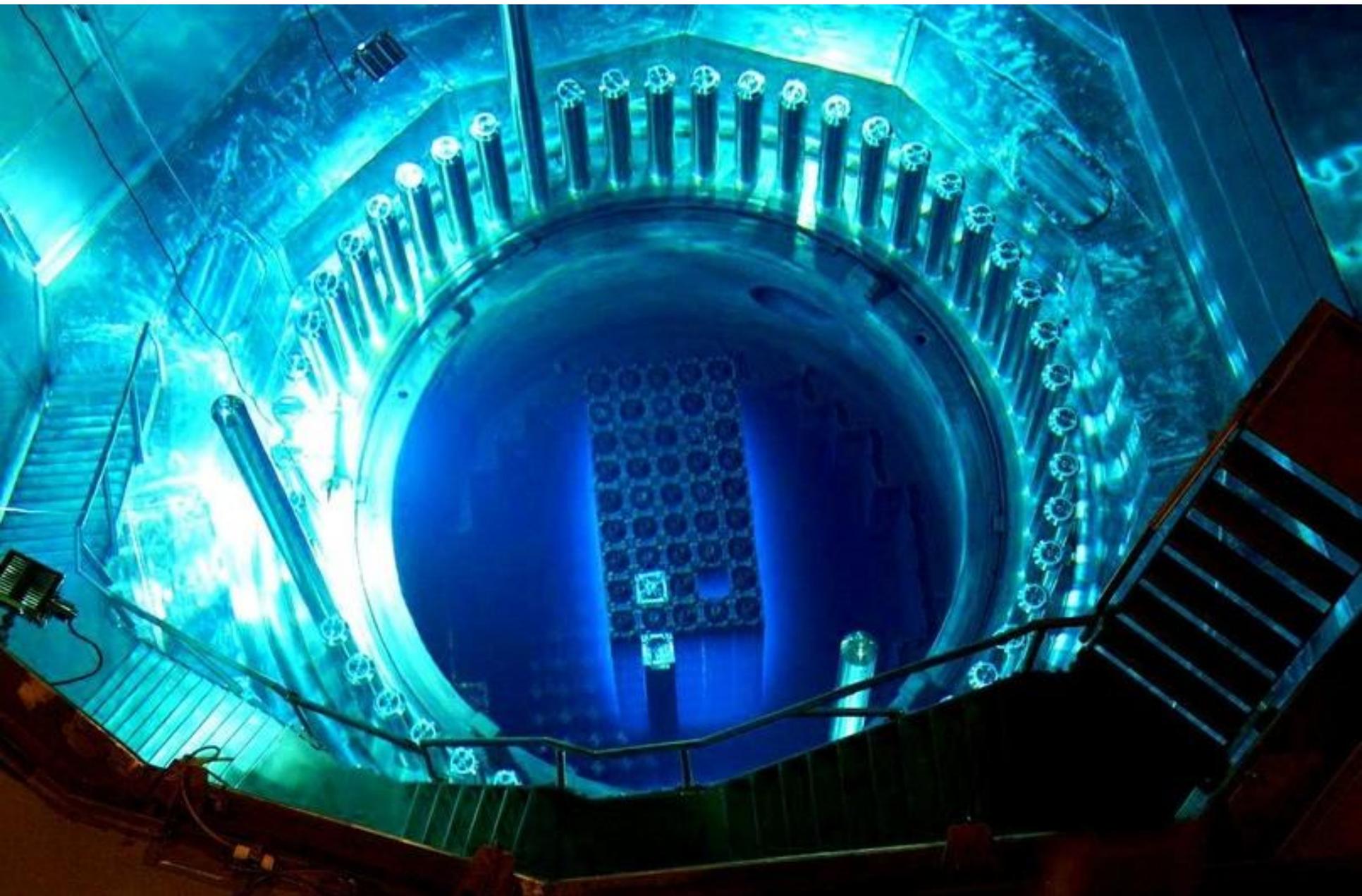
Пространство, в котором непосредственно происходит реакция деления ядер, называется «активной зоной ядерного реактора». В ее процессе выделяется большое количество энергии в виде тепла, которое нагревает теплоноситель.

В большинстве случаев теплоносителем выступает обычная вода. Правда, предварительно ее очищают от различных примесей и газов.

Она подается снизу в активную зону реактора с помощью главных циркуляционных насосов. Именно теплоноситель передает тепло за пределы реактора.

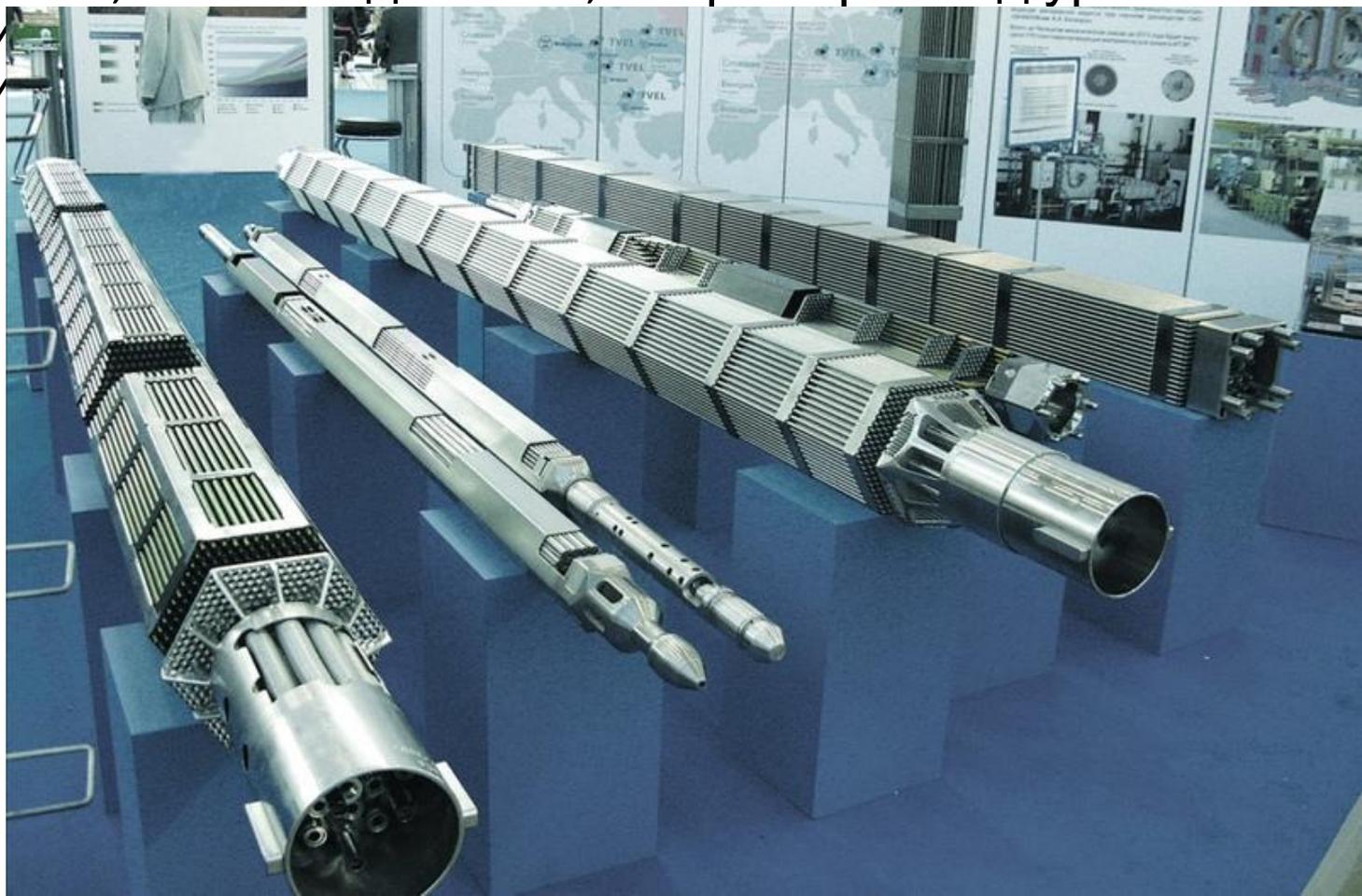
Он обращается в замкнутой системе труб - контуре. Первый контур нужен для того, чтобы отобрать тепло у разогретого реакцией деления реактора (охладить его) и передать его дальше.

Первый контур является радиоактивным, но он



Для того чтобы можно было использовать ядерное топливо в реакторе, его первоначально помещают в тепловыделяющие элементы - ТВЭЛы. Это герметичные трубки из стали или циркониевых сплавов внешним диаметром около сантиметра и длиной от нескольких десятков до сотен сантиметров, которые заполнены таблетками ядерного топлива.

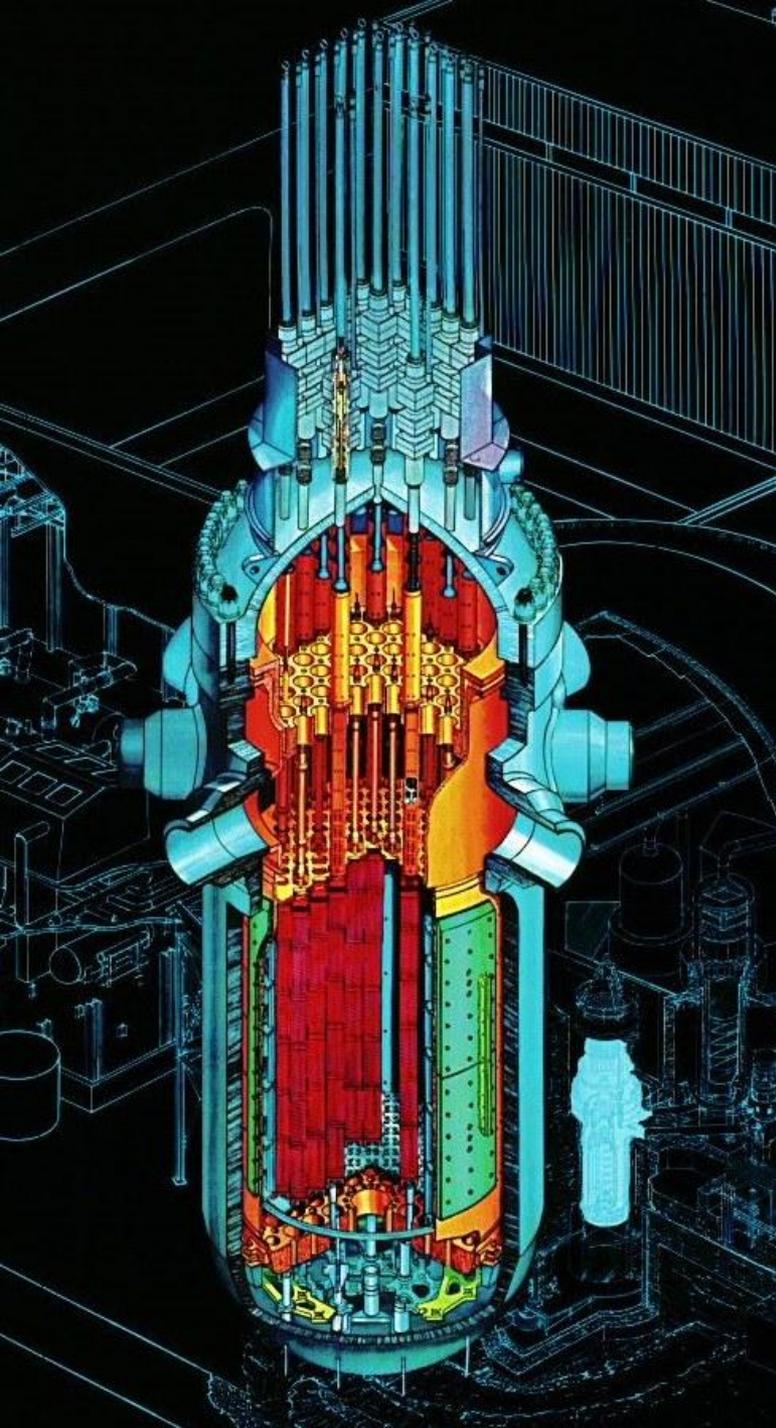
При этом в качестве топлива выступает не чистый химический элемент, а его соединение, например оксид урана UO_2 . Все это прои
прои



Для упрощения учета и перемещения ядерного топлива в реакторе твэлы собираются в тепловыделяющие сборки по 150-350 штук. Одновременно в активную зону реактора обычно помещается 200-450 таких сборок. Устанавливают их в рабочих каналах активной зоны реактора.

Именно твэлы - главный конструктивный элемент активной зоны большинства ядерных реакторов. В них происходит деление тяжелых ядер, сопровождающееся выделением тепловой энергии, которая затем передается теплоносителю. Конструкция тепловыделяющего элемента должна обеспечить отвод тепла от топлива к теплоносителю и не допустить попадания в теплоноситель продуктов деления.

После того как их радиоактивность и температура снизятся до значений, позволяющих их перевозить, а для водо-водяных реакторов это три года, твэлы извлекают, помещают в толстостенную стальную тару и отправляют в «сухие хранилища».



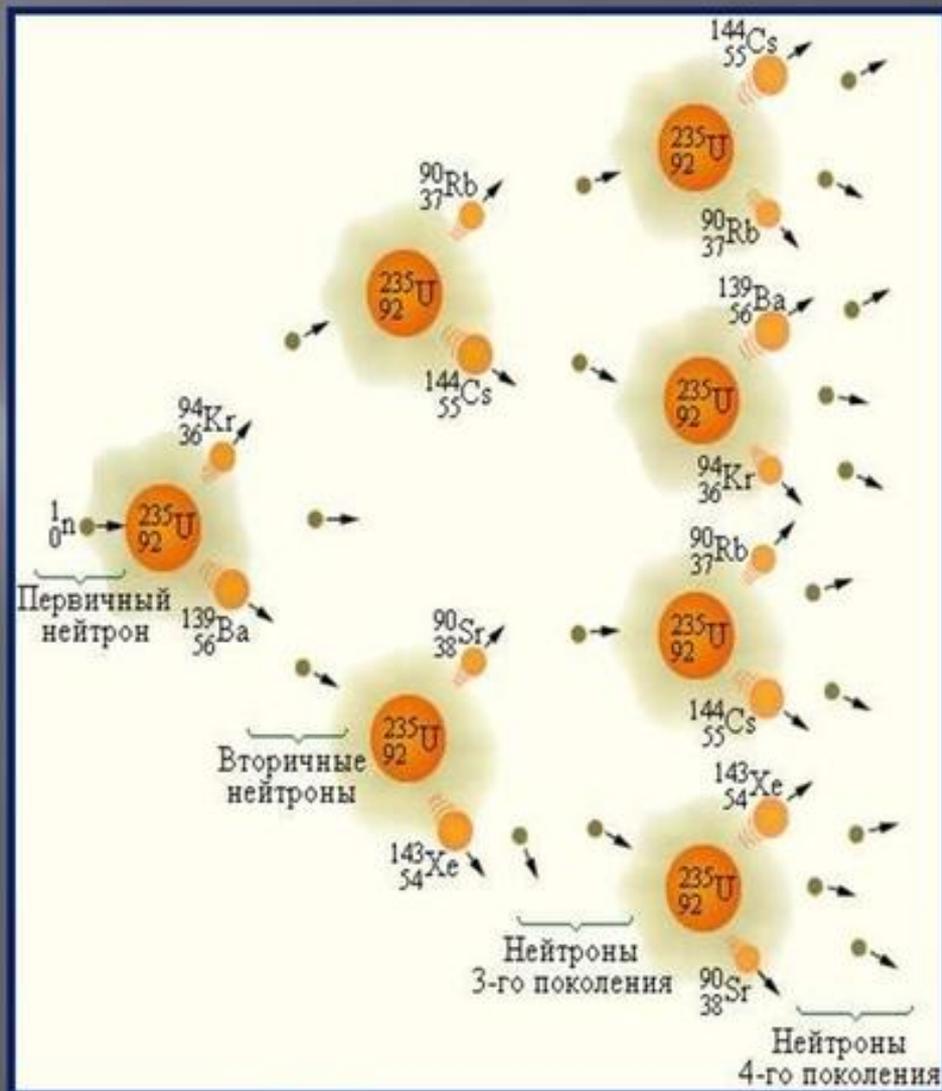
После пуска ядерного реактора из ТВЭЛов (Тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) — главный конструктивный элемент активной зоны гетерогенного ядерного реактора, содержащий ядерное топливо) извлекаются поглощающие стержни, которые не дают урану вступить в реакцию.

Как только стержни извлечены, нейтроны урана начинают взаимодействовать друг с другом. Когда нейтроны сталкиваются, происходит мини-взрыв на атомном уровне, выделяется энергия и рождаются новые нейтроны, начинает происходить цепная реакция. Этот процесс выделяет тепло. Тепло отдается теплоносителю.

В зависимости от типа теплоносителя оно превращается в пар или газ, которые вращают турбину.

Деление ядер урана

При делении ядра урана-235, освобождается 2 или 3 нейтрона. При благоприятных условиях эти нейтроны могут попасть в другие ядра урана и вызвать их деление. На этом этапе появятся уже от 4 до 9 нейтронов, способных вызвать новые распады ядер урана и т. д. Такой лавинообразный процесс называется цепной ядерной реакцией.



Турбина приводит в движение электрогенератор. Именно он по факту и вырабатывает электрический ток. Если не следить за процессом, нейтроны урана могут сталкиваться друг с другом до тех пор, пока не взорвут реактор и не разнесут всю АЭС. Контролируют процесс компьютерные датчики.

Они фиксируют повышение температуры или изменение давления в реакторе и могут автоматически остановить реакции. Чем отличается принцип работы АЭС от ТЭС (теплоэлектростанций)?

Различия в работе есть только на первых этапах. В АЭС теплоноситель получает тепло от деления атомов уранового топлива, в ТЭС теплоноситель получает тепло от сгорания органического топлива (угля, газа или нефти). После того, как или атомы урана, или газ с углём выделили тепло, схемы работы АЭС и ТЭС одинаковы.

Действующие АЭС в России

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В РОССИИ



- Балаковская АЭС — Расположена рядом с городом Балаково, Саратовской области, на левом берегу Саратовского водохранилища.
- Белоярская АЭС — Расположена в городе Заречный, в Свердловской области, вторая промышленная атомная станция в стране (после Сибирской).
- Билибинская АЭС — Расположена рядом с городом Билибино Чукотского автономного округа.
- **Ленинградская АЭС**— крупнейшая в России по установленной мощности действующая **атомная электростанция** (4187,6 МВт), расположена в **Ленинградской** области, в 35 км западнее границы Санкт-Петербурга и в 70 км от его исторического центра, на побережье Финского залива Балтийского моря в городе Сосновый Бор.
- Калининская АЭС — Расположена на севере Тверской области, на южном берегу озера Удомля и около одноимённого города.
- Кольская АЭС — Расположена рядом с городом Полярные Зори Мурманской области, на берегу озера Имандра.
- Курская АЭС — Расположена рядом с городом Курчатова Курской области, на берегу реки Сейм.
- Воронежская АЭС — Расположена в Воронежской области рядом с городом Воронеж, на левом берегу реки Дон.
- Ростовская АЭС — Расположена в Ростовской области около города Волгодонск.
- Смоленская АЭС — Расположена рядом с городом Десногорск Смоленской области.

История

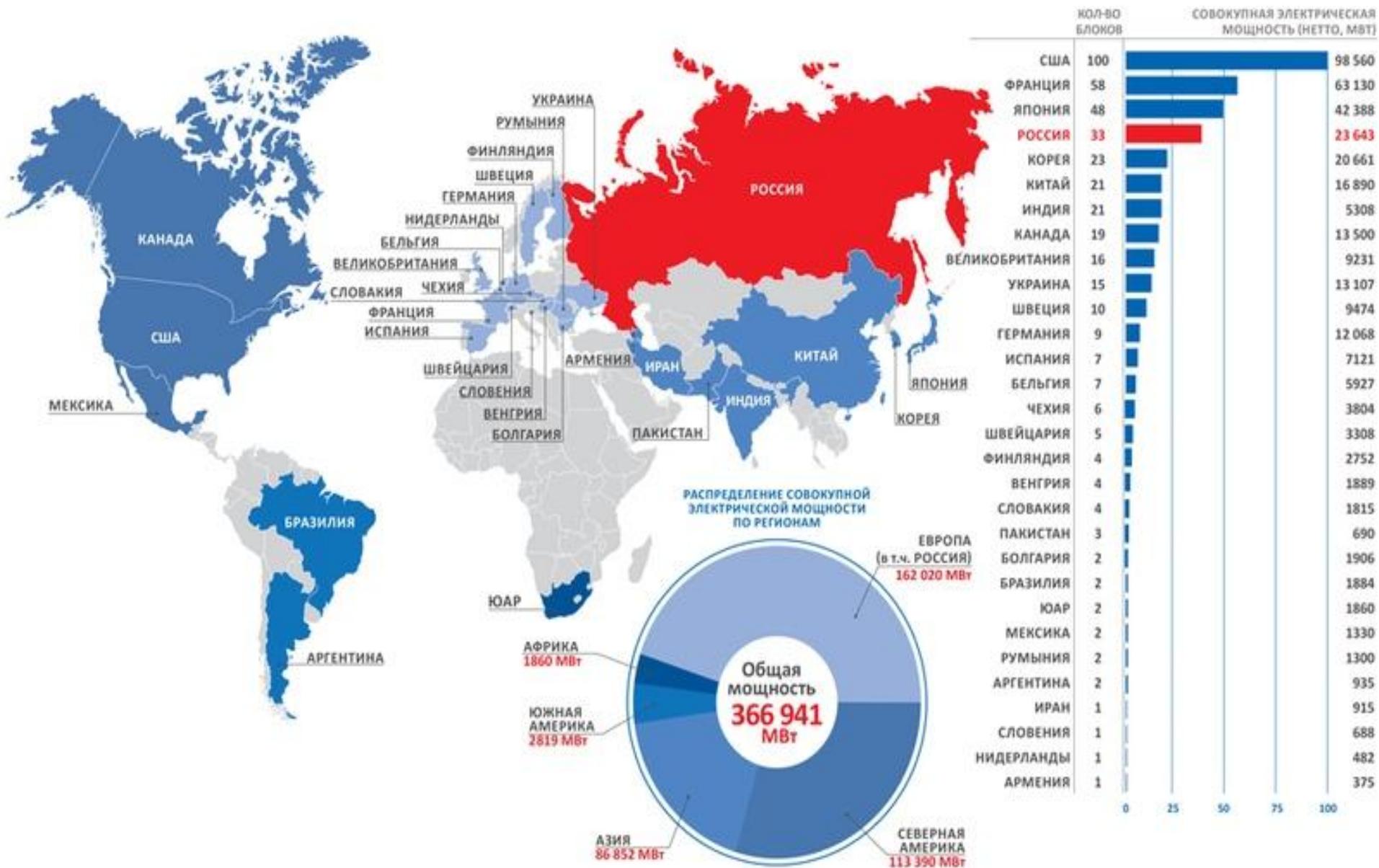


- Попытки использовать управляемую ядерную реакцию для производства электричества начались в 1940-х годах в нескольких странах. В СССР во второй половине 40-х гг., ещё до окончания работ по созданию первой советской атомной бомбы (её испытание состоялось 29 августа 1949 года), советские учёные приступили к разработке первых проектов мирного использования атомной энергии, генеральным направлением которого стала электроэнергетика.
- 3 сентября 1948 года впервые удалось запитать электроприборы с помощью электричества, полученного на графитовом реакторе X-10(США). В мае 1950 года в городе Обнинске, расположенном в Калужской области, началось строительство Обнинской АЭС. В том же 1950 году в США был создан реактор EBR-I[en] недалеко от города Арко, штат Айдахо. Данный реактор 20 декабря 1951 года в ходе эксперимента выработал пригодное для использования электричество мощностью 800 Вт. После этого мощность реактора была повышена для обеспечения электроэнергией станции, на которой находился реактор. Это даёт право называть данную станцию первой экспериментальной АЭС, но при этом она не была подключена к энергетической сети.
- Обнинская АЭС мощностью 5 МВт была запущена 27 июня 1954 года в СССР. Она стала первой в мире атомной электростанцией, подключённой к общей электрической сети.

В 1984 и 1985 годах рекордное число реакторов было введено в эксплуатацию, 33 единицы в каждом году. В 1986 году — масштабная катастрофа на Чернобыльской АЭС, которая, помимо непосредственных последствий, серьёзно отразилась на всей ядерной энергетике в целом. Она вынудила специалистов всего мира пересмотреть проблему безопасности АЭС и задуматься о необходимости международного сотрудничества в целях повышения безопасности АЭС. Под влиянием чернобыльской катастрофы Италия провела референдум, на котором большинство высказалось за закрытие АЭС страны. В результате, в 1990-х Италия прекратила эксплуатировать атомные станции.

Большое влияние на атомную энергетику оказала катастрофа на АЭС Фукусима-1, произошедшая в марте 2011 года в Японии. Она возникла в результате воздействия на АЭС сильного землетрясения и последовавшего за ним цунами.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В МИРЕ



- В 2018 год суммарно АЭС мира выработали 2560 ТВт·ч электроэнергии, что составило 10,7 % всемирной генерации электричества. На середину 2019 года количество действующих ядерных энергоблоков в мире составляет 453.
- Мировыми лидерами в производстве ядерной электроэнергии на 2018 год являлись
- США (805,3 млрд Вт·ч/год), работает 99 атомных реакторов (19,3 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Франция (395,9 млрд Вт·ч/год), 58 реакторов (71,7 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Китай (277,1 млрд Вт·ч/год), 46 реакторов (4,2 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Россия (191,3 млрд Вт·ч/год), 37 реакторов (17,9 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Республика Корея (127,1 млрд Вт·ч/год), 24 реактора (23,7 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Канада (94,4 млрд Вт·ч/год), 19 реакторов (14,9 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Украина (79,5 млрд Вт·ч/год), 15 реакторов (53,0 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Германия (71,9 млрд Вт·ч/год), 7 реакторов (11,7 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Великобритания (59,1 млрд Вт·ч/год), 15 реакторов (17,7 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Швеция (65,9 млрд Вт·ч/год), 8 реакторов (40,3 % от вырабатываемой электроэнергии).
- Половина всемирной выработки электроэнергии на АЭС приходится на США и Францию.

Современное состояние и перспективы ЛЭС на карте



Атомные электростанции использует 31 страна. Подавляющее большинство АЭС находится в странах Европы, Северной Америки, Дальневосточной Азии и на территории бывшего СССР, в то время как в Африке их почти нет, а в Австралии и Океании их нет вообще.

Прослеживается тенденция к старению ядерных реакторов. Средний возраст действующих реакторов составляет 29 лет. Самый старый действующий реактор находится в Швейцарии, работает в течение 50 лет.

В 2007 году Россия приступила к строительству первой в мире плавучей АЭС, позволяющей решить проблему нехватки энергии в отдалённых прибрежных районах страны. Строительство столкнулось с задержками

Достоинства АЭС

- Небольшой объём используемого топлива и возможность его повторного использования после переработки
- Высокая единичная мощность: 1000—1600 МВт на энергоблок;
- Относительно низкая себестоимость энергии, особенно тепловой;
- Возможность размещения в регионах, расположенных вдали от крупных водноэнергетических ресурсов, крупных месторождений, в местах, где ограничены возможности для использования солнечной или ветряной электроэнергетики;
- Хотя при работе АЭС в атмосферу и выбрасывается некоторое количество ионизированного газа, однако обычная тепловая электростанция вместе с дымом выводит ещё большее количество радиационных выбросов, из-за естественного содержания радиоактивных элементов в каменном угле.

Недостатки АЭС

- Облучённое топливо опасно: требует сложных, дорогих, длительных мер переработки и хранения;
- Нежелателен режим работы с переменной мощностью для реакторов, работающих на тепловых нейтронах;
- С точки зрения статистики крупные аварии весьма маловероятны, однако последствия такого инцидента крайне тяжёлы, что делает трудноприменимым страхование, обычно применяемое для экономической защиты от аварий;
- Большие капитальные вложения;
- Так как для АЭС необходимо предусматривать особо тщательно процедуры ликвидации (из-за радиоактивности облученных конструкций) и особо длительное наблюдение отходов, то это делает неоднозначным экономический эффект от АЭС, сложным его корректный расчет.

Главное преимущество — практическая независимость от источников топлива из-за небольшого объёма используемого топлива. Например 54 тепловыделяющих сборки общей массой 41 тонна на один энергоблок с реактором ВВЭР-1000 в 1—1,5 года (для сравнения, Троицкая ГРЭС мощностью 2000 МВт сжигает за сутки два железнодорожных состава угля). Расходы на перевозку ядерного топлива, в отличие от традиционного, минимальны. В России это особенно важно в Европейской части, так как доставка угля из Сибири слишком дорога.

Огромным преимуществом АЭС является её относительная экологическая чистота. На ТЭС суммарные годовые выбросы вредных веществ, в которые входят сернистый газ, оксиды азота, оксиды углерода, углеводороды, альдегиды и золовая пыль, на 1000 МВт установленной мощности составляют от примерно 13 000 тонн в год на газовых и до 165 000 тонн на пылеугольных ТЭС. Подобные выбросы на АЭС возникают в редких случаях заедания резервных дизельных генераторов. ТЭС мощностью 1000 МВт потребляет 8 миллионов тонн кислорода в год для окисления топлива, АЭС же не потребляют кислорода.

Единственный фактор, в котором АЭС уступают в экологическом плане традиционным КЭС — тепловое загрязнение, вызванное большими расходами технической воды для охлаждения конденсаторов турбин, которое у АЭС несколько выше из-за более низкого КПД (не более 35 %).

Главный недостаток АЭС — тяжёлые последствия аварий. Серьёзной проблемой для АЭС является их ликвидация после выработки ресурса, по оценкам она может составить до 20 % от стоимости их строительства. Также недостатком АЭС является трудность

Выбросы



- Любая работающая АЭС оказывает влияние на окружающую среду по трём направлениям:
- газообразные (в том числе радиоактивные) выбросы в атмосферу;
- выбросы большого количества тепла;
- распространение вокруг АЭС жидких радиоактивных отходов.
- Основные компоненты газоаэрозольных выбросов — радиоактивные инертные газы, аэрозоли радиоактивных продуктов деления и активированных продуктов коррозии, летучие соединения радиоактивного йода. В общей сложности в реакторе АЭС из уранового топлива образуются посредством деления атомов около 300 различных радионуклидов, из которых более 30 могут попасть в атмосферу. Срок эксплуатации реакторов АЭС оценивается до 60 лет.



