

Принцип действия ЯР

Изотопы некоторых химических элементов из существующих в природе являются неустойчивыми и распадаются с испусканием α -, β - или γ -излучения.

Эти процессы сопровождаются выделением теплоты, но слишком медленно, чтобы использовать для практических целей.

Значительно более быстрое выделение энергии реализуется в процессе деления.

Деление ядер

Основой для получения тепла в ядерной энергетике является реакция деления ядер ^{235}U под действием нейтронов.

В каждом акте деления при этом происходит рождение 2-3 новых нейтронов и процесс деления может быть самоподдерживающимся

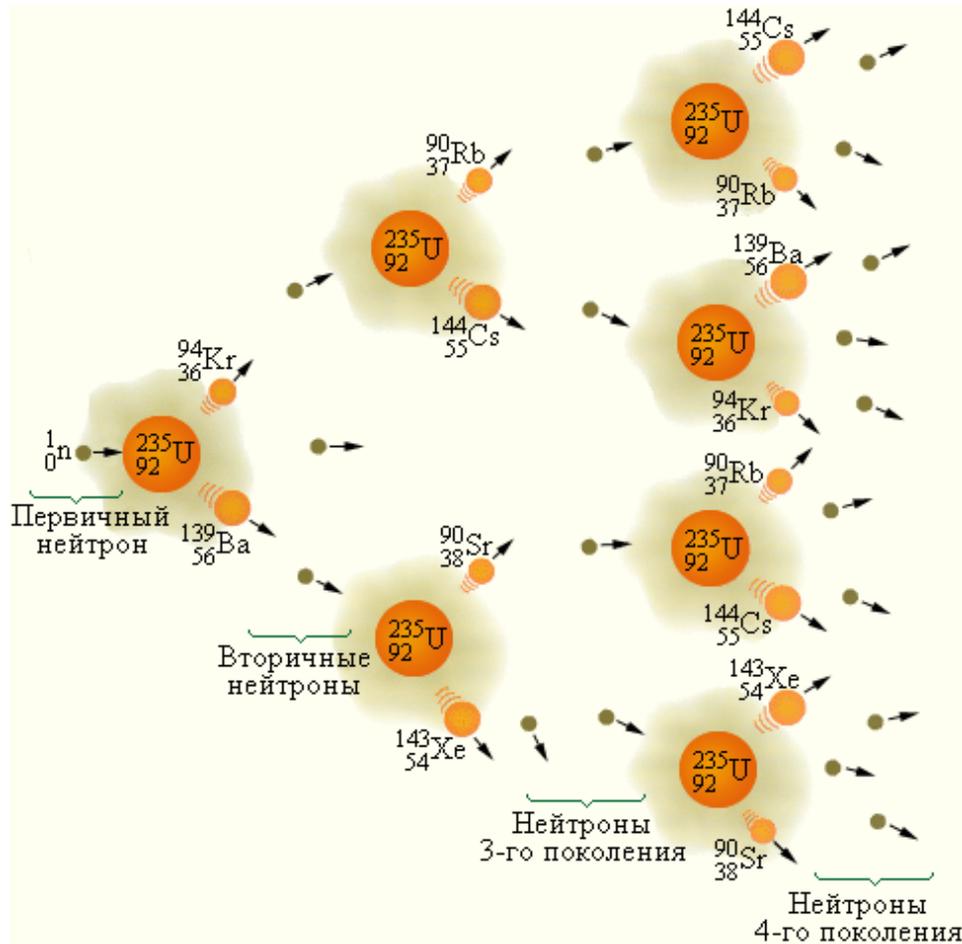


Возникающие в реакции деления 2-3 нейтрона имеют скорость приблизительно 20000 км/с (быстрые) в принципе могут вызвать реакцию деления других атомов ^{235}U .

Но вероятность этого такого взаимодействия можно увеличить в 1000 раз, если скорость нейтронов уменьшить до 2 км/с (медленные или тепловые).

Ядерные реакторы, использующие быстрые нейтроны, называют **быстрыми**, использующие медленные нейтроны- **тепловыми**.

Цепная реакция деления



Слева ядро и частица, вступающие в реакцию деления, а справа 2,46 новых нейтрона, β -частицы, γ -кванты и энергия реакции деления, равная приблизительно 195 ± 5 Мэв. При полном делении **1 кг ^{235}U** выделяется энергия равная **$7,96 \cdot 10^{10}$ кДж**.

Эта энергия эквивалентна **2700** **угля** (теплотворная способность хорошего угля – 29000 кДж/кг).

Замедление нейтронов

Быстрые нейтроны превращаются в **тепловые** в результате последовательных соударений с окружающими атомами.

Этот процесс называется **процессом замедления**.

Материал, в котором происходит процесс замедления, называется **замедлителем**.

Лучшие **замедлители**:

тяжелая вода - D_2O (${}_1D^2$ - *deuterium*, ${}_8O^{16}$ - *oxygen*),

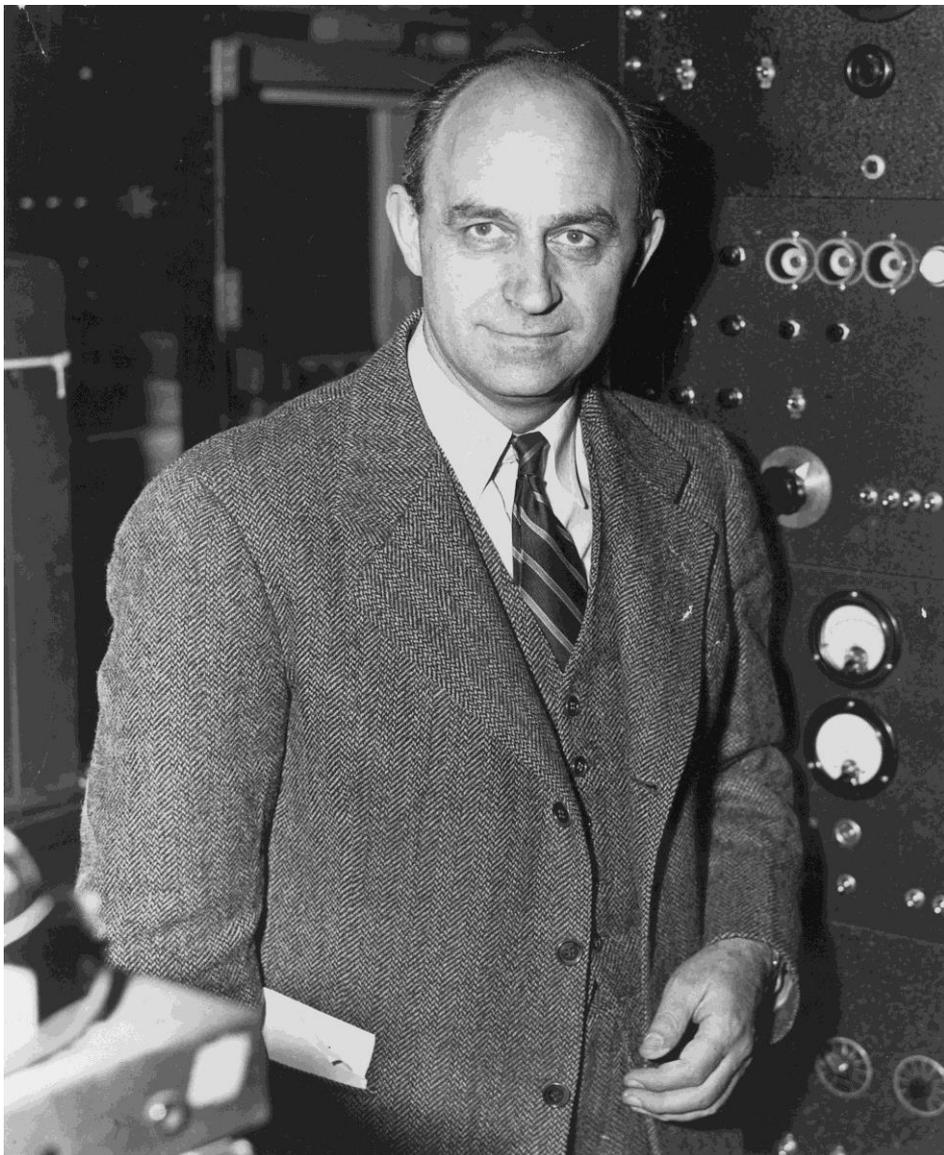
графит - C (${}_6C^{12}$ - *carboneum*),

обычная вода - H_2O (${}_1H^1$ - *hydrogenium*, ${}_8O^{16}$).

Материальный состав **теплового** реактора (реактора на **тепловых** нейтронах):

- топливо (металлический уран, окись урана, карбид урана ...)
- замедлитель (H_2O , D_2O , C)
- теплоноситель (H_2O , C_2O , He , *ЖМТ* и др)
- отражатель
- материал системы управления и защиты (СУЗ)

Первый реактор в мире

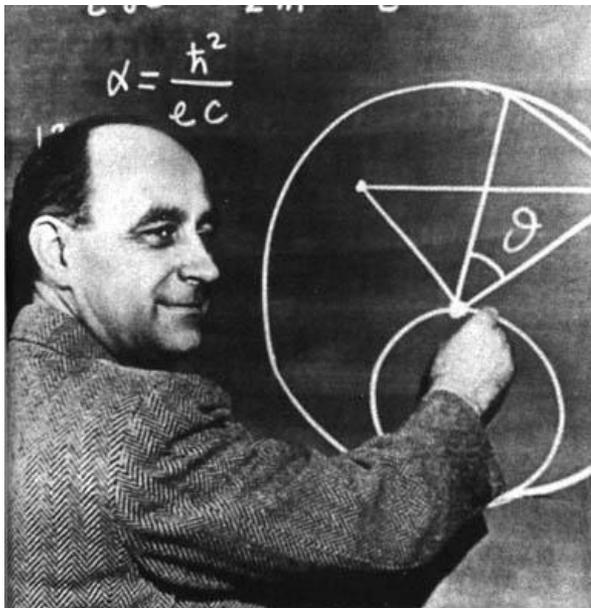


Энри́ко Фэ́рми

Энри́ко Фэ́рми

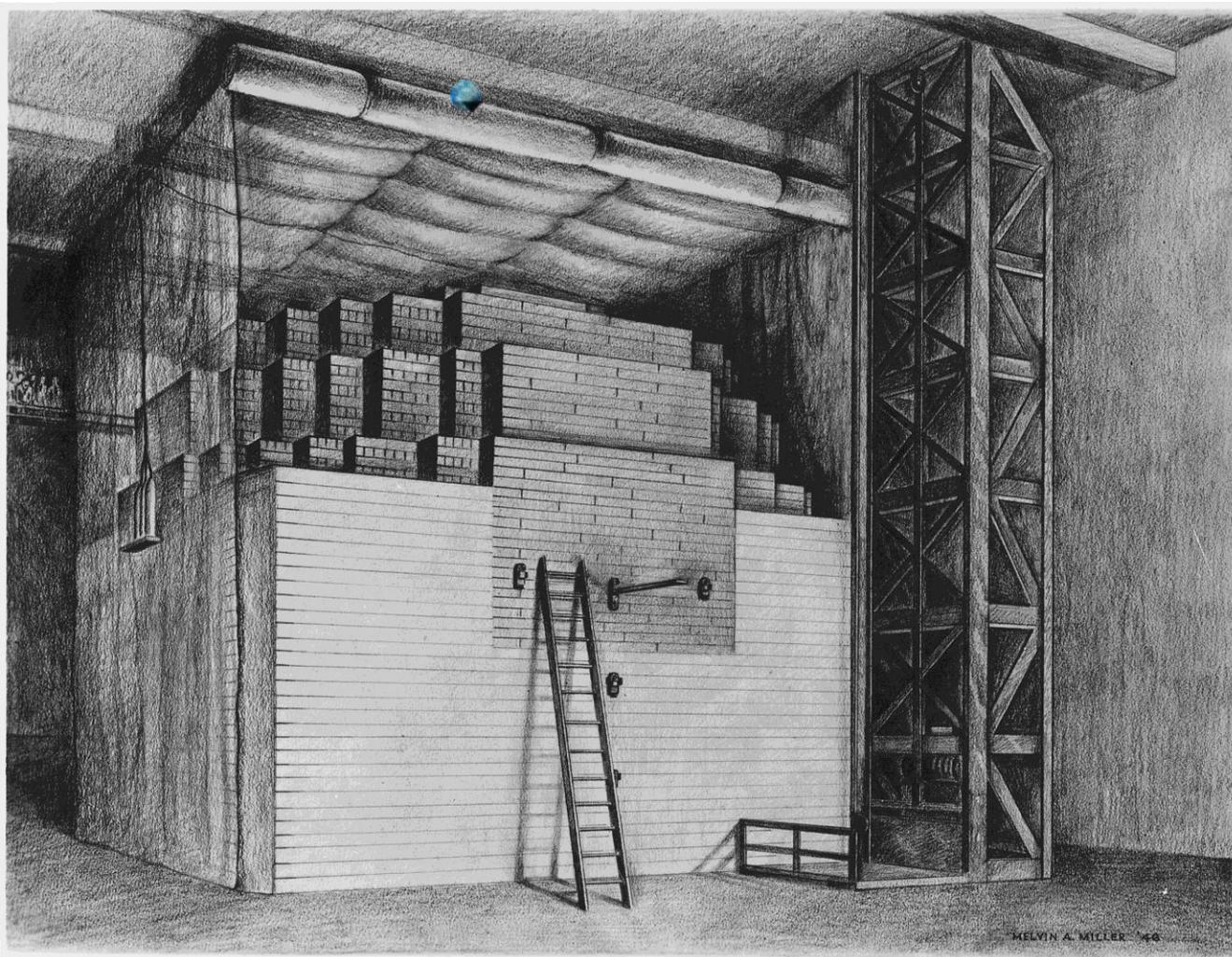
(итал. *Enrico Fermi*; 29
сентября 1901, Рим — 28
ноября 1954, Чикаго)

Энри́ко Фэ́рми — итальянский физик, наиболее известный благодаря созданию **первого в мире ядерного реактора**, внёсший большой вклад в развитие ядерной физики, физики элементарных частиц, квантовой и статистической механики. Считается одним из «отцов атомной бомбы». Лауреат **Нобелевской премии** по физике 1938 года «за доказательство существования новых радиоактивных элементов, полученных при облучении нейтронами и связанное с этим открытие ядерных реакций, вызываемых медленными нейтронами». Ферми был одним из немногих физиков, преуспевших как в **теоретической физике**, так и в **экспериментальной**. В его честь названы распределение **Ферми - Дирака**, модель **Томаса - Ферми**, химический элемент **фермий**.



Чикагская поленница-1

Chicago Pile-1, CP-1



Тип реактора	графитово-воздушный
Назначение реактора	экспериментальный
Технические параметры	
Топливо	природный уран
Тепловая мощность	200 ватт
Разработка	
Проект	1942
Научная часть	Чикагский университет
Предприятие-разработчик	Металлургическая лаборатория Чикагского университета
Конструктор	Энрико Ферми
Новизна проекта	первый ядерный реактор
Строительство и эксплуатация	
Строительство первого образца	1942
Местонахождение	Чикагский университет
Пуск	2 декабря 1942
Эксплуатация	1942



Рисунок реактора во время первого эксперимента
(художественная реконструкция по воспоминаниям очевидцев)

Первый ядерный реактор в нашей стране

В *СССР* первый советский реактор **Ф-1** был построен в *Лаборатории № 2 АН СССР (Москва)*.

Этот реактор выведен в критическое состояние **25 декабря 1946** года.

Реактор Ф-1 был набран из графитовых блоков и имел форму шара диаметром примерно 7,5 м. В центральной части шара диаметром 6 м по отверстиям в графитовых блоках размещены урановые стержни.

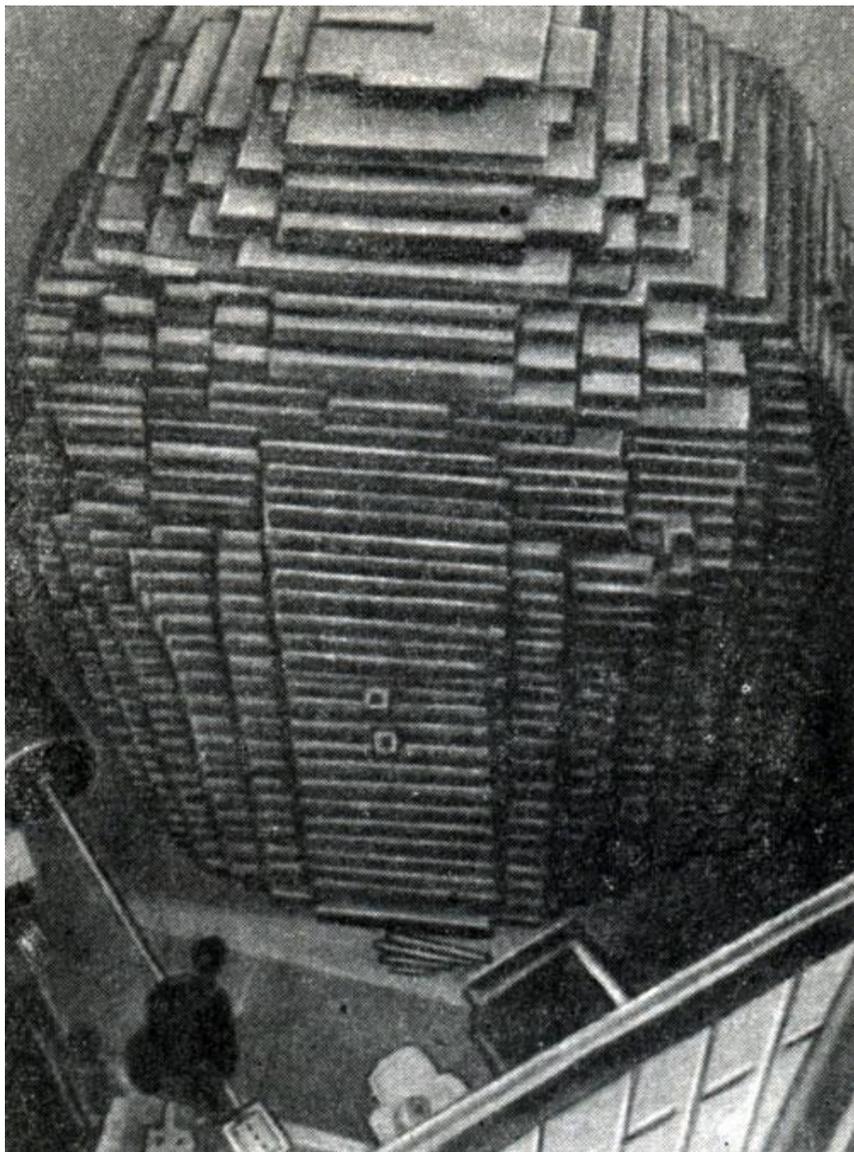
Реактор Ф-1, как и реактор СР-1, **не имел системы охлаждения**, поэтому работал на очень малых уровнях мощности (доли ватта, редко — единицы ватт).



Игорь Васильевич Курчатов

Игорь Курчатов (30 декабря 1902 / 12 января 1903, Симский Завод, Уфимская губерния — 7 февраля 1960, Москва) — русский советский физик, «отец» советской атомной бомбы.

Основатель и первый директор Института атомной энергии с 1943 по 1960 год, главный научный руководитель атомной проблемы в СССР, один из основоположников использования ядерной энергии в мирных целях. Академик АН СССР (1943).



Активная зона первого
советского реактора

Первая АЭС в мире



27 июня 1954 года в подмосковном Обнинске дала ток первая в мире атомная электростанция.

Атомная электростанция с реактором АМ-1 (Атом мирный) **мощностью 5 МВт** дала промышленный ток и открыла дорогу использованию атомной энергии в мирных целях, успешно проработав почти 48 лет. 29 апреля 2002 года реактор первой АЭС был навсегда **заглушен**.

Первая АЭС США

АЭС Шиппингпорт — первая атомная электростанция США и Америки — расположена в штате Пенсильвания. Строительство первой **АЭС США** было начато 6 сентября 1954 года спустя несколько месяцев после запуска первой атомной электростанции мира — **Обнинской АЭС в СССР**. 26 мая 1958 года атомная станция Шиппингпорт была введена в эксплуатацию.



Мощность 68 МВт

Через 25 лет снята с эксплуатации и в 1985 г. **демонтирована.**

Первая АЭС Великобритании

АЭС Селлафилд (Колдер Холл) расположена в Великобритании на побережье Ирландского моря, рядом с городом Сискейл в графстве Камбрия. Атомная электростанция **Селлафилд** работала в период с 1956 года по 2003.

АЭС Колдер Холл знаменита тем, что стала первой АЭС в капиталистической стране (первая АЭС в мире была построена в [Обнинске](#)), хотя строительство станции было начато еще в 1947 году. Тем не менее, официальное открытие станции состоялось только **17 октября 1956 года** (**мощность** первого блока – **46 МВт**).

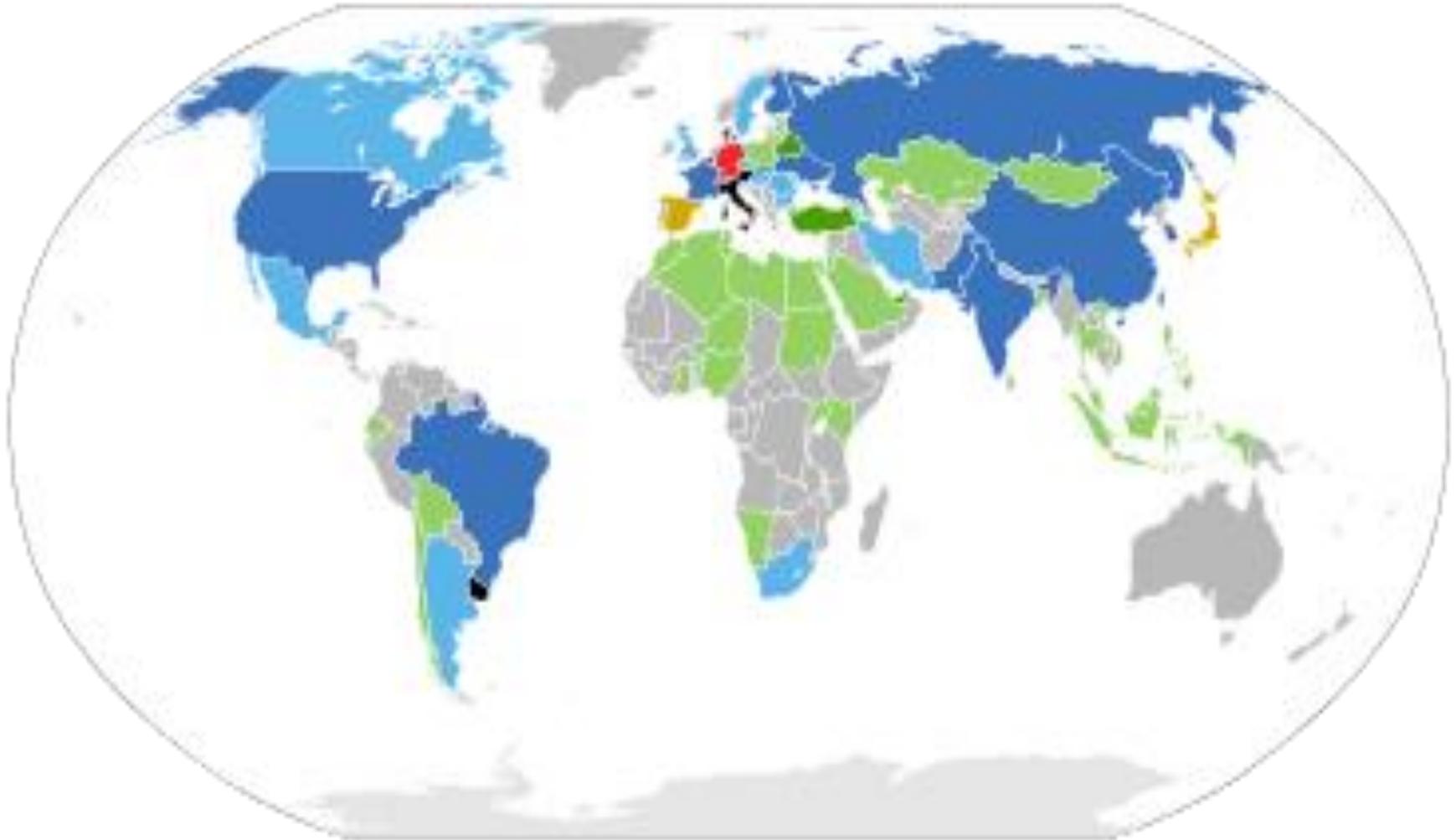
Всего на АЭС Колдер Холл действовало четыре реактора общей **мощностью 240 МВт**. Важным моментом является то, что долгое время АЭС Колдер Холл использовалась как производитель оружейного плутония вплоть до 1995 года.

В 2007 году 30 сентября был начат процесс **демонтажа** АЭС.

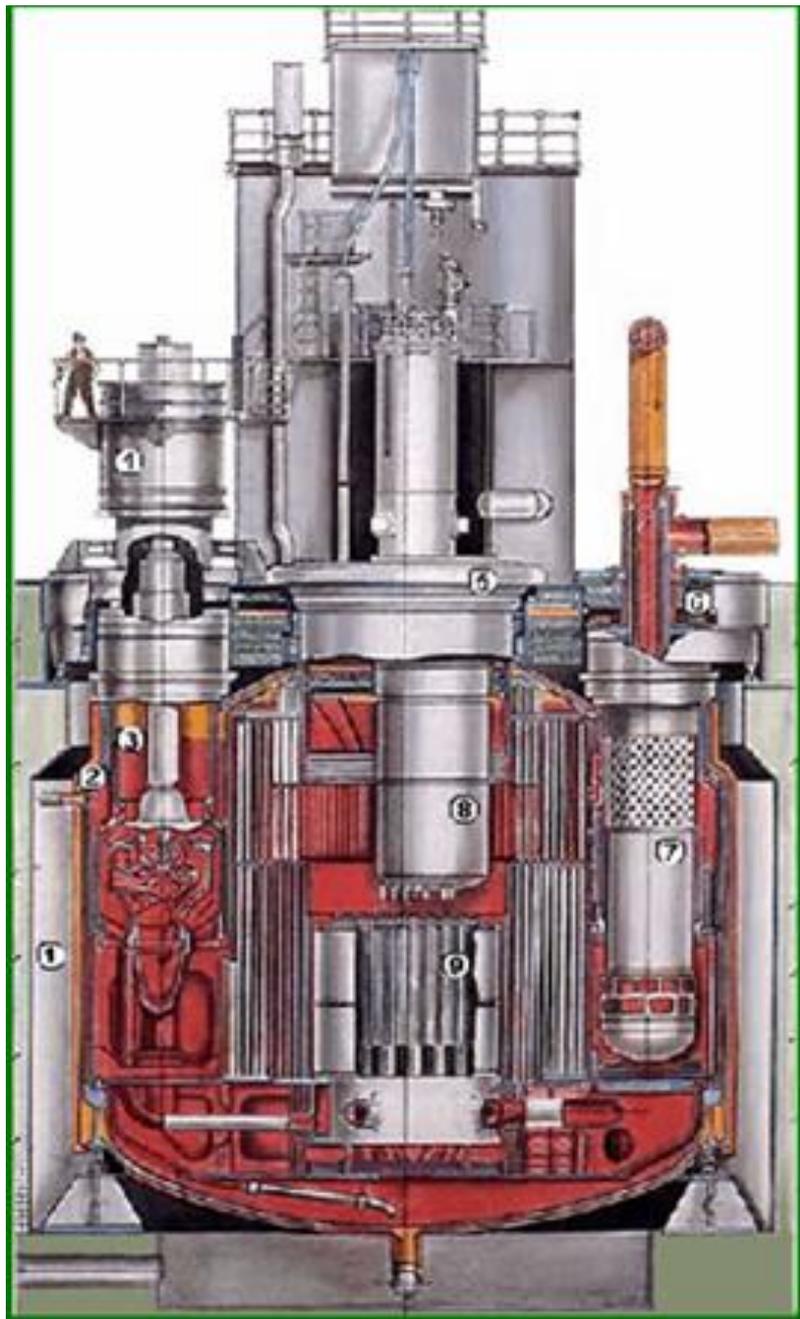
Типы реакторов

Из различных комбинаций замедлителя и топлива возникли и развиваются различные типы реакторов:

1. Замедлитель – тяжелая вода, топливо-природный уран.....**CANDU**.
2. Замедлитель – графит, топливо-природный уран.....реакторы **Magnox**.
3. Замедлитель – обычная вода, топливо-обогащенный уран.....реакторы **ВВЭР, PWR, BWR**.
4. Замедлитель – графит, топливо-обогащенный уран.....реакторы **РБМК**.

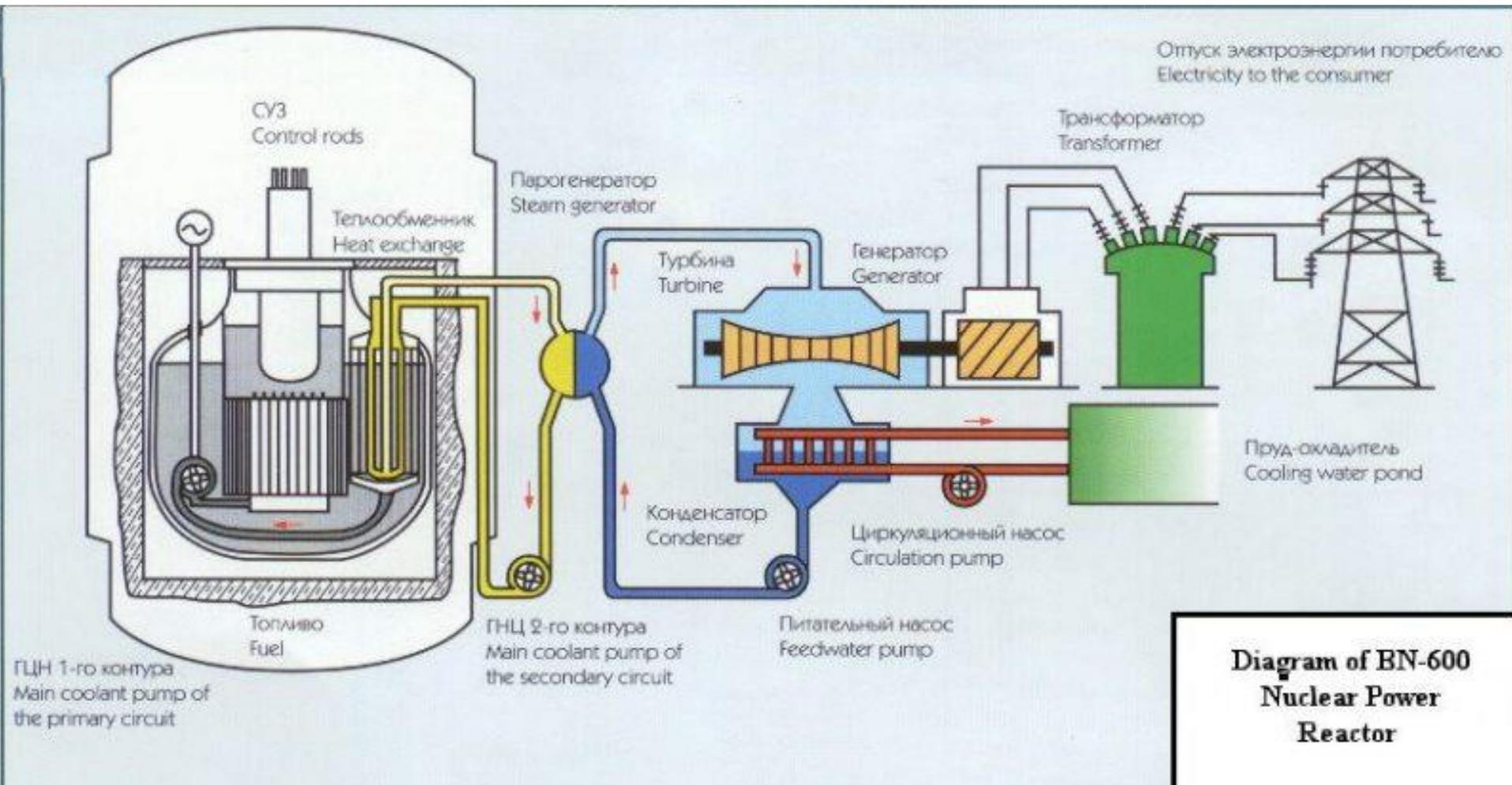


Страны с атомными электростанциями. Эксплуатируются АЭС, строятся новые энергоблоки. Эксплуатируются АЭС, планируется строительство новых энергоблоков. Нет АЭС, станции строятся. Нет АЭС, планируется строительство новых энергоблоков. Эксплуатируются АЭС, строительство новых энергоблоков пока не планируется. Эксплуатируются АЭС, рассматривается сокращение их количества. Гражданская ядерная энергетика запрещена законом. Нет АЭС.



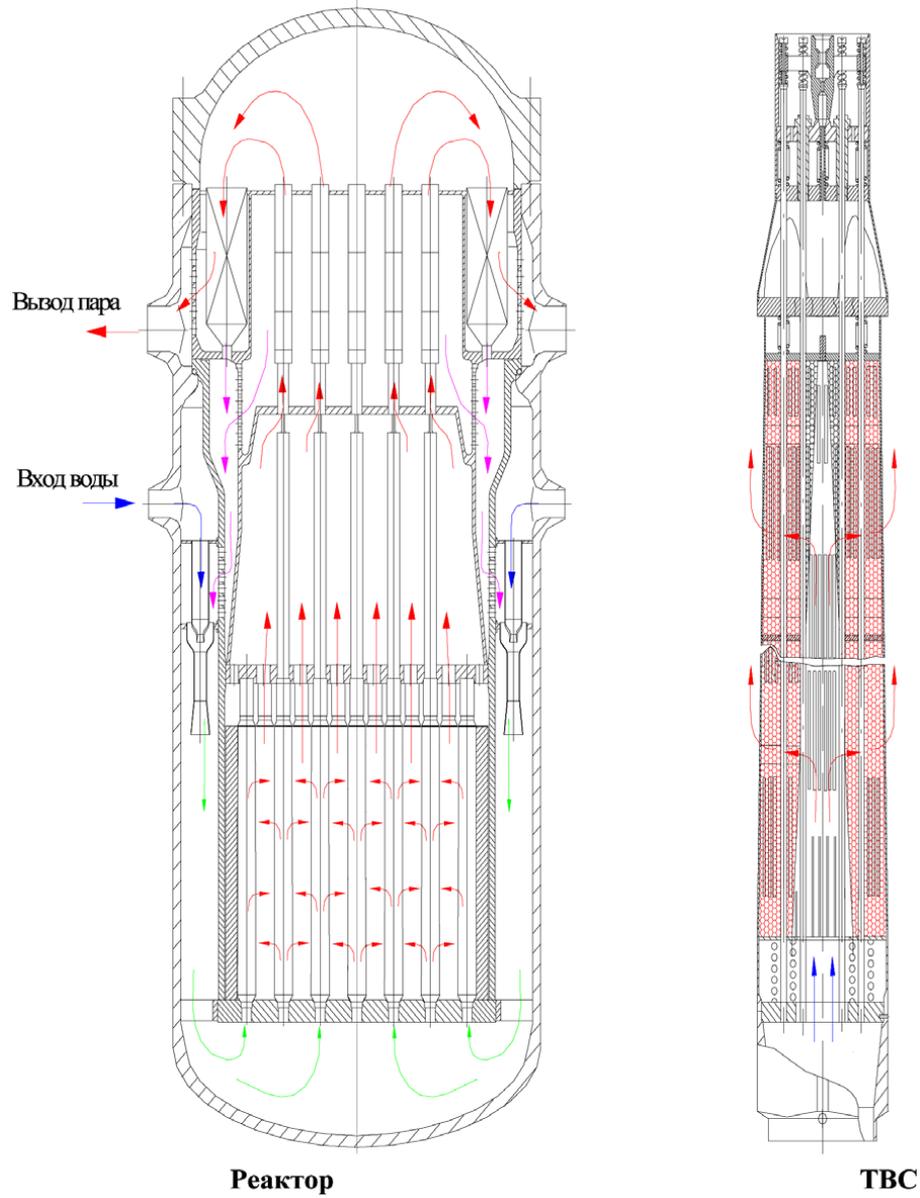
Конструкция реактора БН-600

1-Шахта; 2-Корпус; 3-Главный циркуляционный насос 1 контура; 4- Электродвигатель насоса; 5-Большая поворотная пробка; 6-Радиационная защита; 7-Теплообменник "натрий-натрий"; 8-Центральная поворотная колонна с механизмами СУЗ; 9-Активная зона.

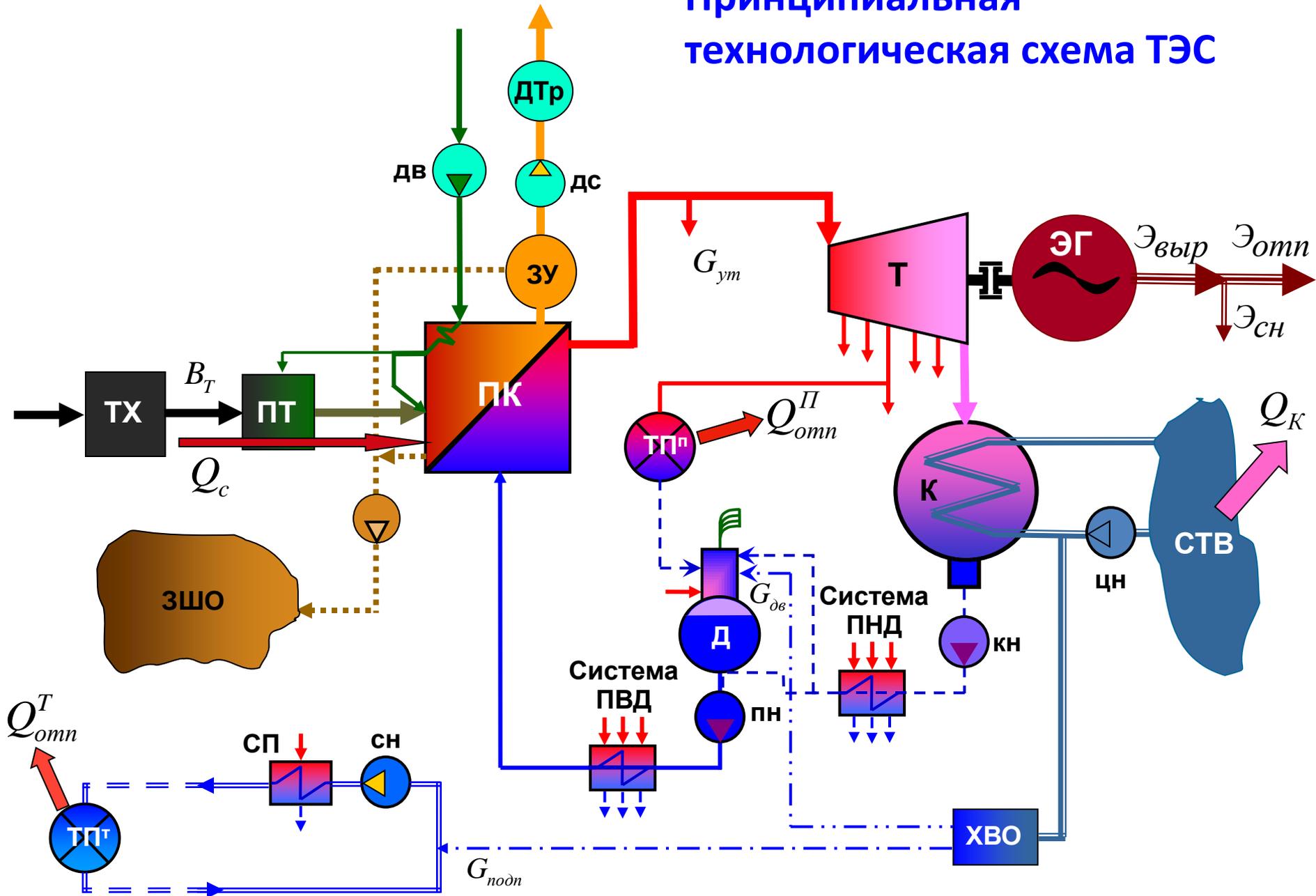


Принципиальная схема III-его энергоблока Белоярской АЭС.

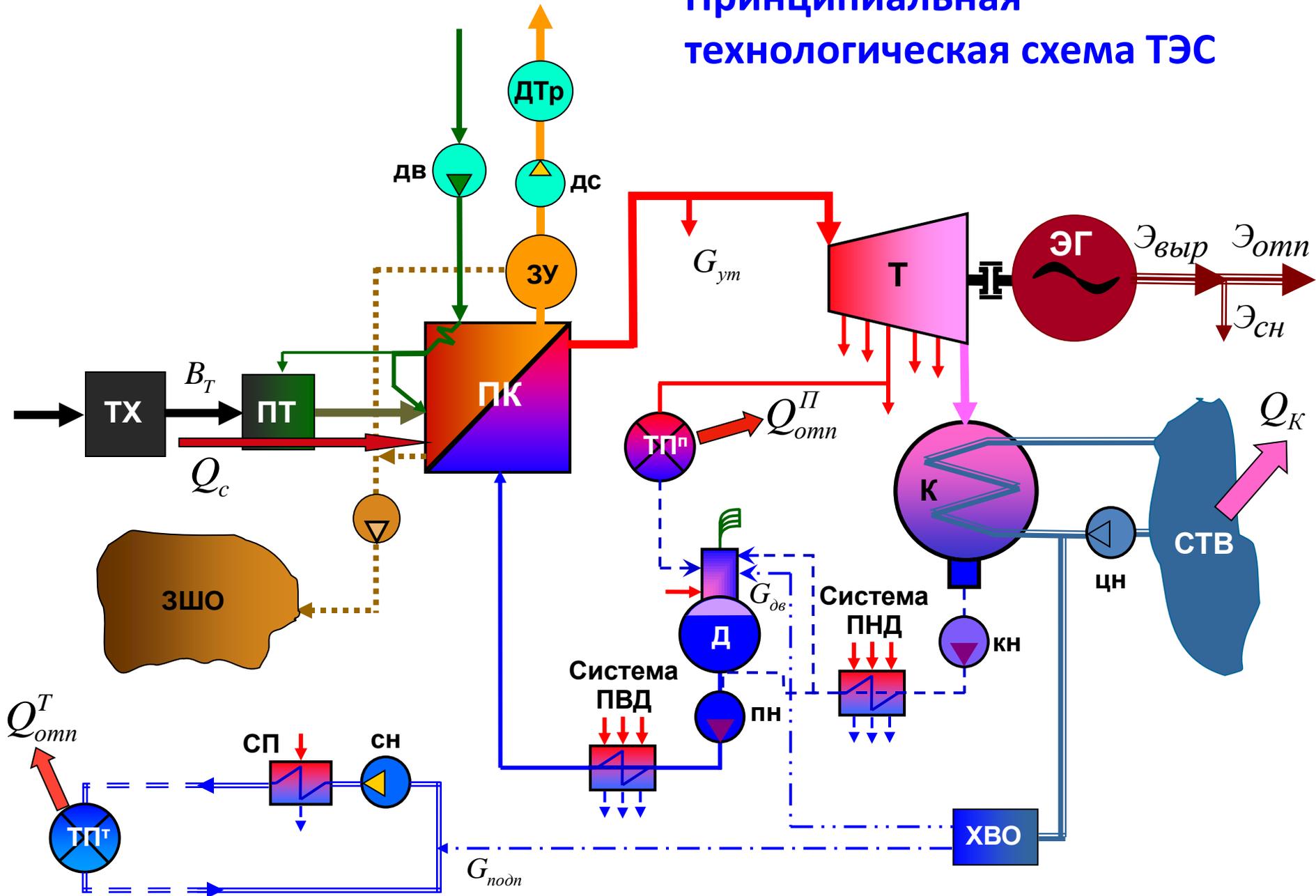
Рис.2. Принципиальная конструктивная схема системы охлаждения кипящего реактора

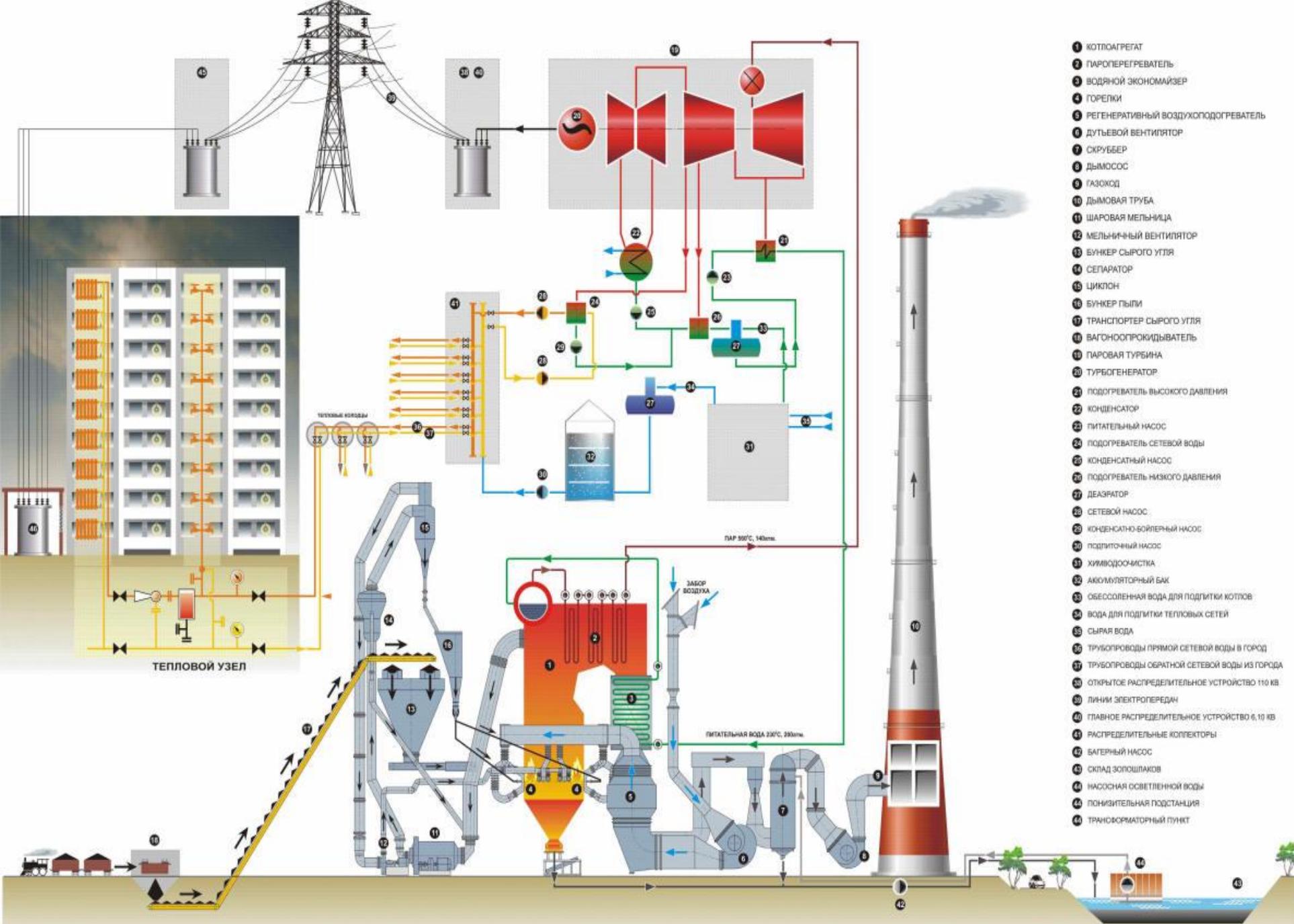


Принципиальная технологическая схема ТЭС



Принципиальная технологическая схема ТЭС





$$Q_c = N_{\mathcal{E}}^{omn} + Q_{omn}^{\Pi} + Q_{omn}^{\Pi} + Q_{omn}^T + N_{\mathcal{E}}^{CH} + Q_K$$

кэс:

$$\eta_{\mathcal{E}}^H = \frac{N_{\mathcal{E}}^{omn}}{Q_c} = \frac{N_{\mathcal{E}}^{omn}}{BQ_H^p}$$

тэц:

$$\eta_{\mathcal{E}}^H = \frac{N_{\mathcal{E}}^{omn}}{Q_c - Q_{omn}^{\Pi} - Q_{omn}^T} = \frac{N_{\mathcal{E}}^{omn}}{BQ_H^p - Q_{omn}^{\Pi} - Q_{omn}^T}$$