

# ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ

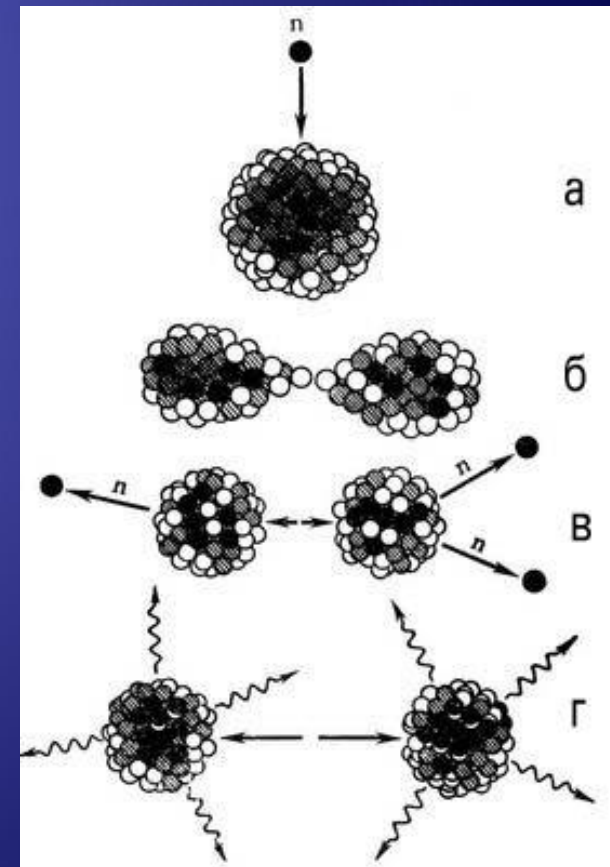
# Цепная реакция деления

*Деление ядра возможно благодаря тому, что масса покоя тяжелого ядра больше суммы масс покоя осколков, возникающих при делении.*

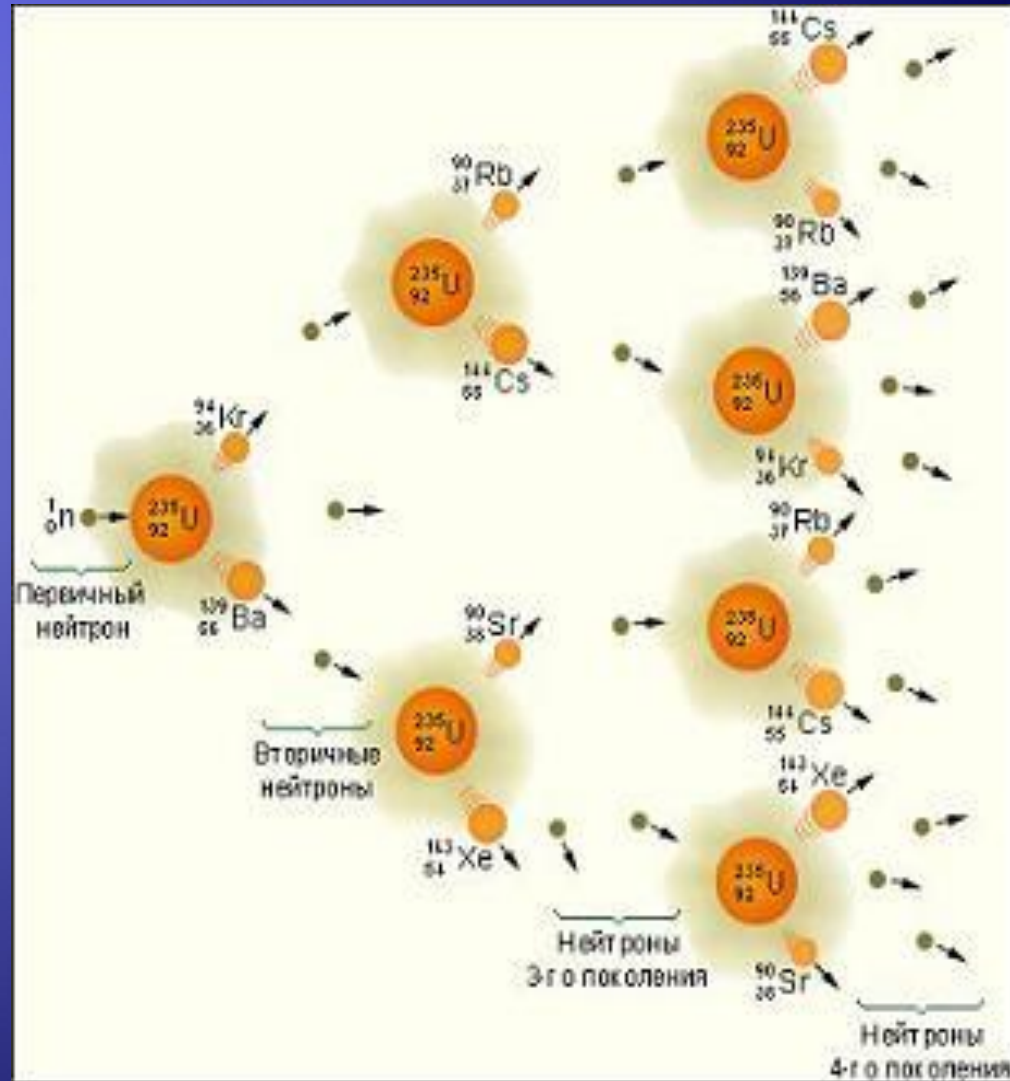
Процесс деления атомного ядра можно объяснить на основе капельной модели ядра.

Ядро урана -235 имеет форму шара. Поглотив лишний нейтрон, оно возбуждается и начинает деформироваться, приобретая вытянутую форму (рис.1,б). Ядро будет растягиваться до тех пор, пока силы отталкивания между половинками вытянутого ядра не начнут преобладать над силами притяжения, действующими в перешейке (рис.1,в). После этого оно разрывается на две части (рис.1,г). Под действием кулоновских сил отталкивания эти осколки разлетаются со скоростью, равной  $1/30$  скорости света.

При делении ядра урана освобождается два-три нейтрона. Это позволяет осуществить цепную реакцию деления урана.



Любой из нейтронов, вылетающих из ядра в процессе деления, может, в свою очередь, вызвать деление соседнего ядра, которое тоже испускает нейтроны способные вызвать дальнейшее деление. В результате число делящихся ядер очень быстро увеличивается. Возникает цепная реакция. **Ядерной цепной реакцией** называется реакция, в которой частицы, вызывающие ее (нейтроны), образуются как продукт этой реакции.



Для течения цепной реакции нет необходимости, чтобы каждый нейтрон обязательно вызывал деление ядра. Необходимо лишь, чтобы среднее число освобожденных нейтронов в данной массе урана не уменьшалось с течением времени.

Это условие будет выполнено, если *коэффициент размножения нейтронов «к»* больше или равен единице. *Коэффициентом размножения нейтронов* называют отношение числа нейтронов в каком-либо «поколении» к числу нейтронов предшествующего «поколения». Под сменой «поколений» понимают деление ядер, при котором поглощаются нейтроны старого «поколения» и рождаются новые нейтроны.

Если «к» больше или равно единице, то число нейтронов увеличивается с течением времени или остается постоянным и цепная реакция идет.

При «к» меньше единицы число нейтронов убывает и цепная реакция невозможна.

Коэффициент размножения определяется 4 фактами:

- ◆ Захватом медленных нейтронов ядрами с последующим делением и захватом быстрых нейтронов ядрами  $^{235}_{92}\text{U}$  и  $^{238}_{92}\text{U}$  также с последующим делением;
- ◆ Захватом нейтронов ядрами урана без деления;
- ◆ Захватом нейтронов продуктами деления, замедлителем и конструктивными элементами установки;
- ◆ Вылетом нейтронов из делящегося вещества наружу.

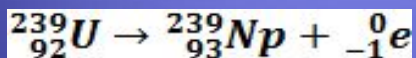
Лишь первый процесс сопровождается увеличением числа нейтронов. Все остальные приводят к их убыли.

Для стационарного течения цепной реакции коэффициент размножения нейтронов должен быть равен единице. Уже при  $K = 1,01$  почти мгновенно произойдет взрыв.

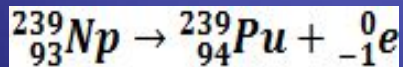
# Образование плутония

Важное значение имеет не вызывающий деления захват нейтронов ядрами изотопа урана  $^{238}_{92}\text{U}$ . После захвата образуется радиоактивный изотоп  $^{239}_{92}\text{U}$  с периодом полураспада 23 мин.

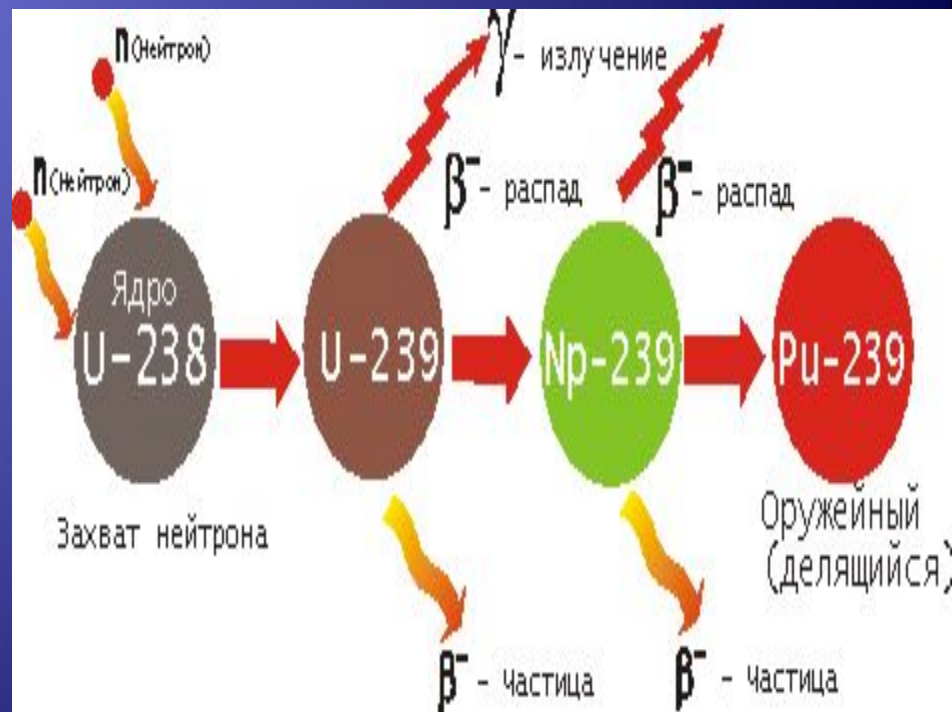
Распад происходит с испусканием электрона и возникновением первого трансуранового элемента – *нептуния*:



Нептуний  $\beta$ -радиоактивен с периодом полураспада около 2 дней. В процессе распада нептуния образуется следующий трансурановый элемент – *плутоний*:



Период полураспада плутония около 24 000 лет.



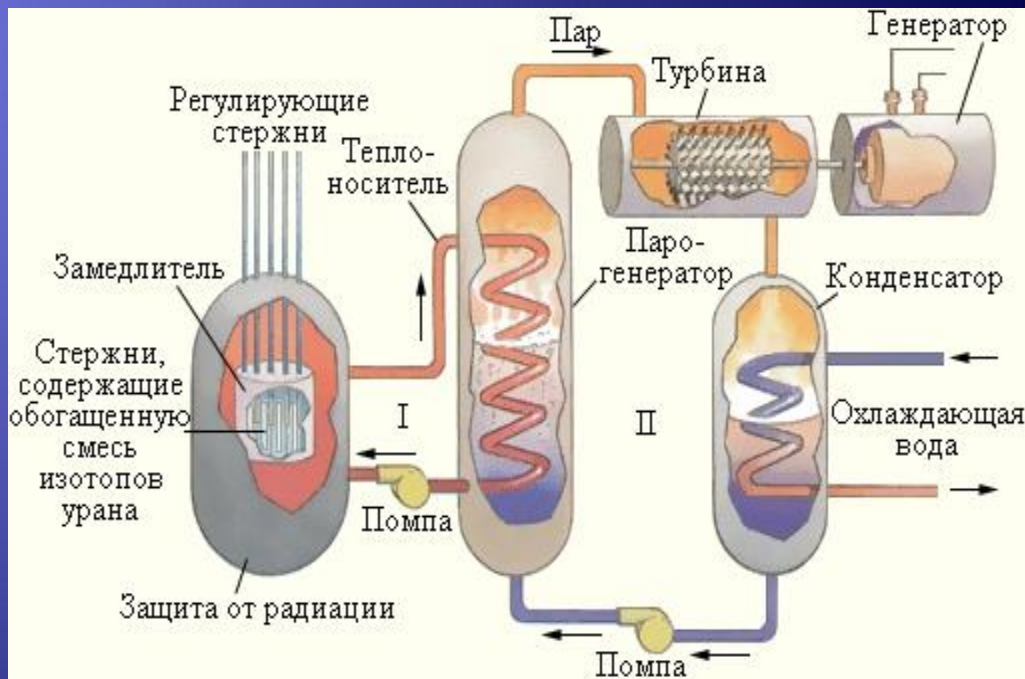
# Ядерный реактор

**Ядерный реактор** – это устройство, в котором осуществляется управляемая реакция деления ядер.

Основными элементами ядерного реактора являются: ядерное горючее ( $^{235}_{92}\text{U}$   $^{239}_{92}\text{Pu}$   $^{238}_{92}\text{U}$  и др.), замедлитель нейтронов

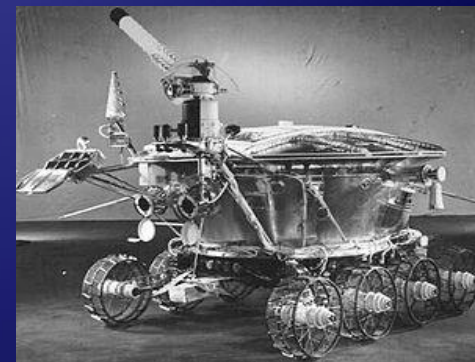
(обычная или тяжелая вода, графит и др.), теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.) и устройство для регулирования скорости реакции (вводимые в рабочее пространство реактора стержни, содержащие кадмий или бор – вещества, которые хорошо поглощают нейтроны).

Снаружи реактор окружат защитной оболочкой, задерживающей  $\gamma$ -излучение и нейтроны. Оболочку делают из бетона с железным наполнителем.



# Применение ядерной энергии

1. **В военных целях.** Энергия деления ядер урана или плутония применяется в атомных бомбах, ядерных ракетах, ядерных снарядах и минах. Энергия термоядерного синтеза применяется в водородной бомбе
2. **В мирных целях.** В атомных электрических станциях ядерная энергия используется для получения электроэнергии и для отопления. Деление ядра лежит в основе двигателей атомных ледоколов, атомных подводных лодок, атомных авианосцев. Использование ядерной энергии в целях электрификации и теплофикации занимается ядерная энергетика. Энергия, выделяемая при радиоактивном распаде, используется в долгоживущих источниках тепла и бетагальванических элементах. Автоматические межпланетные станции типа "Пионер" и "Вояджер" используют радиоизотопные термоэлектрические генераторы. Изотопный источник тепла использовал советский Луноход-1.





# Проблема захоронения ядерных ОТХОДОВ

Существует множество разнообразных предложений относительно способов захоронения радиоактивных отходов, например:

- ◆ · Долговременное наземное хранилище,
- ◆ · Глубокие скважины (на глубине несколько км),
- ◆ · Плавление горной породы (предлагалось для отходов, выделяющих тепло)
- ◆ · Прямое закачивание (подходит только для жидких отходов),
- ◆ · Удаление в море,
- ◆ · Удаление под дно океана,
- ◆ · Удаление в зоны подвижек,
- ◆ · Удаление в ледниковые щиты,
- ◆ · Удаление в космос

На сегодняшний день всеобще признано (в том числе и МАГАТЭ), что наиболее эффективным и безопасным решением проблемы окончательного захоронения РАО является их захоронение в могильниках на глубине не менее 300-500 м в глубинных геологических формациях с соблюдением принципа многобарьерной защиты и обязательным переводом ЖРО в отвержденное состояние.



# Ядерные отходы в России

Новая концепция Минатома: отходы — в мерзлоту. Российская концепция подземной изоляции РАО и отработанного ядерного топлива в многолетнемерзлых породах разработана в Институте промышленной технологии Минатома России (ВНИПИП).

Суть этой концепции такова: тепловыделяющие отходы помещают в мерзлоту и отделяют их от пород непроницаемым инженерным барьером. За счет тепловыделения мерзлота вокруг захоронения начинает подтаивать, но через какое-то время, когда тепловыделение снизится (вследствие распада короткоживущих изотопов), породы снова промерзнут. Поэтому достаточно обеспечить непроницаемость инженерных барьеров на то время, когда мерзлота будет протаивать; после промерзания миграция радионуклидов становится невозможной.



# Обратная сторона использования ядерной энергии

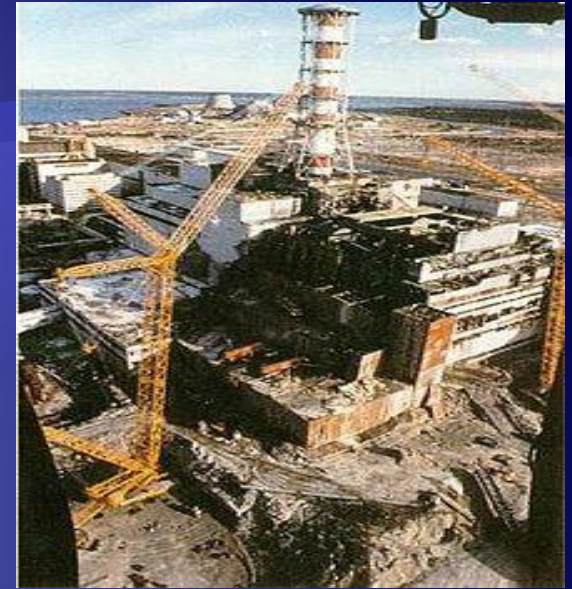
Использование ядерной энергии имеют ужасные последствия.

В первую очередь это влияет на экологическую обстановку страны, т.к. выбросы в атмосферу и гидросферу радиоактивных отходов приводят к большому экологическому загрязнению, вследствие которого у людей начинаются проблемы со здоровьем, многие животные и растения мутируют или гибнут, ухудшается состояние почв, воды и атмосферы.

Немало важным является и то, что большие выбросы радиоактивных отходов отражаются и на экономическом состоянии страны.



Одной из страшных аварий случившихся за всю историю развития ядерной энергии является Чернобыльская авария. Она произошла 26 апреля 1986 года на территории Украины. Радиоактивное облако от аварии прошло над европейской частью СССР, Восточной Европой, Скандинавией, Великобританией и восточной частью США. Примерно 60 % радиоактивных осадков выпало на территории Белоруссии. Около 200 000 человек было эвакуировано из зон, подвергшихся загрязнению.



Еще одной крупной аварией на АЭС является авария на реакторе «Тримайл-Айленд», расположенном в США штат Пенсильвания. Произошел большой выброс радиоактивной воды в реку Саскуеханна.



Не стоит также забывать про сброс атомных бомб на города Хиросима и Нагасаки, который привел к большому радиоактивному загрязнению, большой гибели людей и почти полному разрушению городов.



# Заключение

Ядерная энергия открыла новый век в истории человечества. Стало возможным создание мощного оружия, строительство атомных ледоколов, атомных подводных лодок и авианосцев. Мы смогли вырабатывать более дешевую электроэнергию, т.к. стоимость электричества, произведенного на АЭС, ниже, чем на большинстве электростанций иных типов. Атомная энергетика может не только освободить транспорт от титанической нагрузки, но и даст дополнительный резерв топлива.

Во всем мире сейчас существует договоренность о запрете использования ядерного оружия в военных целях, т.к. последствия использования ядерного оружия будут касаться всего мира.



**Спасибо за внимание!**