

	Реактор
<b>Столяров Александр</b>	HTR 100
<b>Брижик Константин</b>	SSTAR: The US lead-cooled fast reactor (LFR)
<b>Варламов Иван</b>	ALLEGRO
<b>Климов Кирилл</b>	CEFR (The China Experimental Fast Reactor)
<b>Валерия Скляренко</b>	CSR 1000 (SCWR)
<b>Коняшина Галина</b>	IMSR (Integral Molten Salt Reactor)
<b>Егоров Александр</b>	PRISM (Power Reactor Innovative Small Module, sometimes S-PRISM from SuperPRISM)
<b>Пивцаев Дмитрий</b>	Toshiba 4S
<b>Вон Артур</b>	MYRRHA
<b>Колесниченко Анна</b>	CFR-600
<b>Логинова Диана</b>	ASTRID (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration)
<b>Кисилев Кирилл</b>	DFR (Dual fluid reactor)

	Реактор
Арутюнова Анастасия	VTR (Versatile Test Reactor)
Еремина Наталья	CLEAR(S)
Каманов Артем	GT-MHR
Кривенец Дмитрий	ALFRED
Ольховский Андрей	Prototype Fast Breeder Reactor (PFBR)
Старовойтов Никита	Fast Breeder Test Reactor (FBTR)
Сурин Павел	The stable salt reactor (SSR)
Федулов Иван	Pebble-bed modular reactor
Чернов Лев	IRIS (International Reactor Innovative and Secure)
Штейнмец Николай	EFR
Юнин Владимир	ALMR (Advanced Liquid Metal Reactor)

## Требования к реферату:

1. Объём реферата – от 10 страниц;
2. Обязательно обозначить преимущества выбранного проекта по сравнению с реакторами 3-го поколения (в общем случае);
3. Наличие актуальных ссылок по теме (не менее 10 источников);
4. Оформление реферата обязательно по ГОСТ 7.32-2001;
5. Защита рефератов будет проходить в виде устного доклада с презентацией (примерно 5 слайдов; время выступления 5 - 7 минут + вопросы);
6. Название документа должно выглядеть так: Ваша фамилия\_название ЯР\_номер группы.

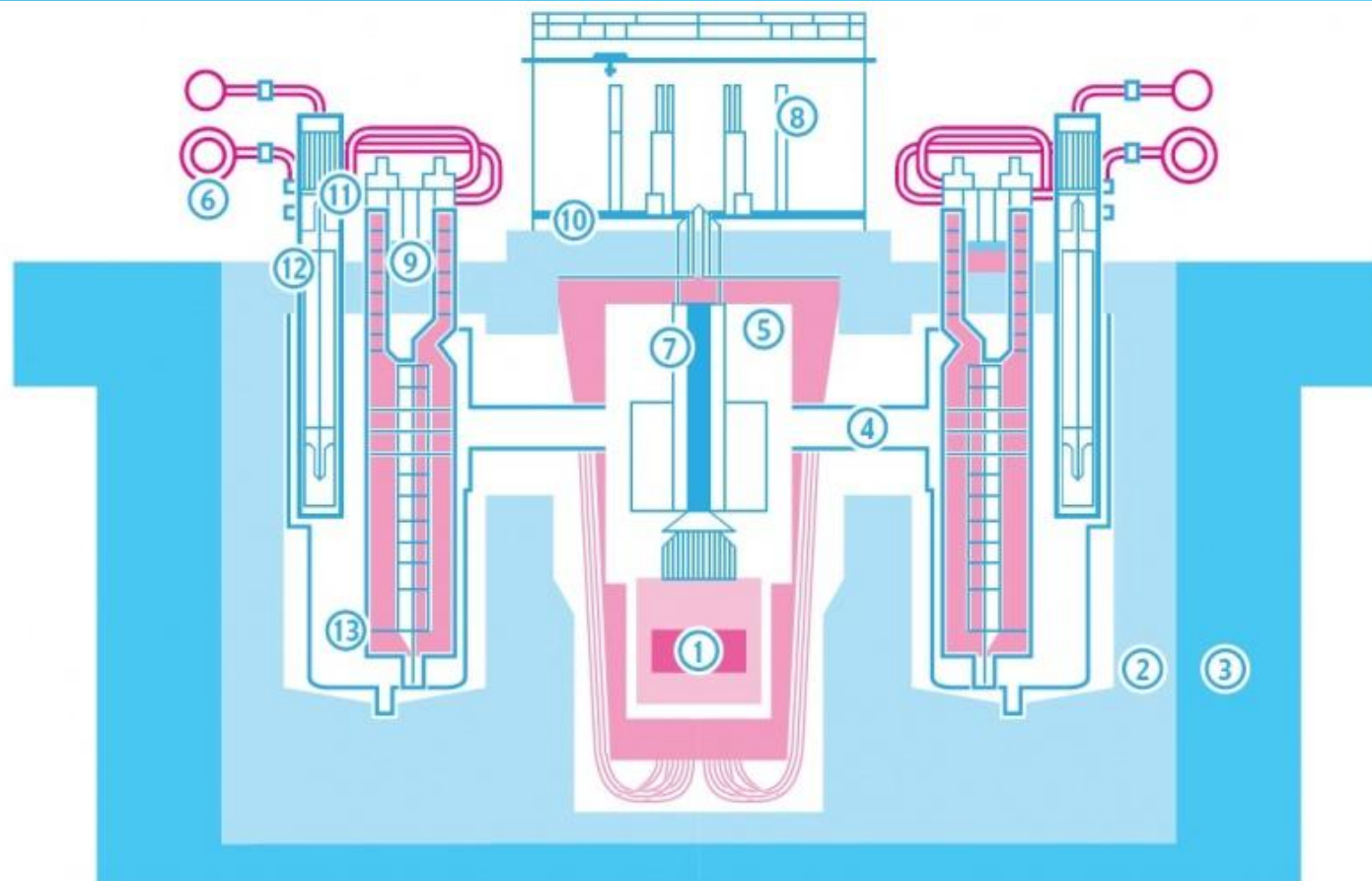
# ПЛАН РЕФЕРАТА

В реферате необходимо раскрыть следующие вопросы:

1) Основные характеристики вашей установки

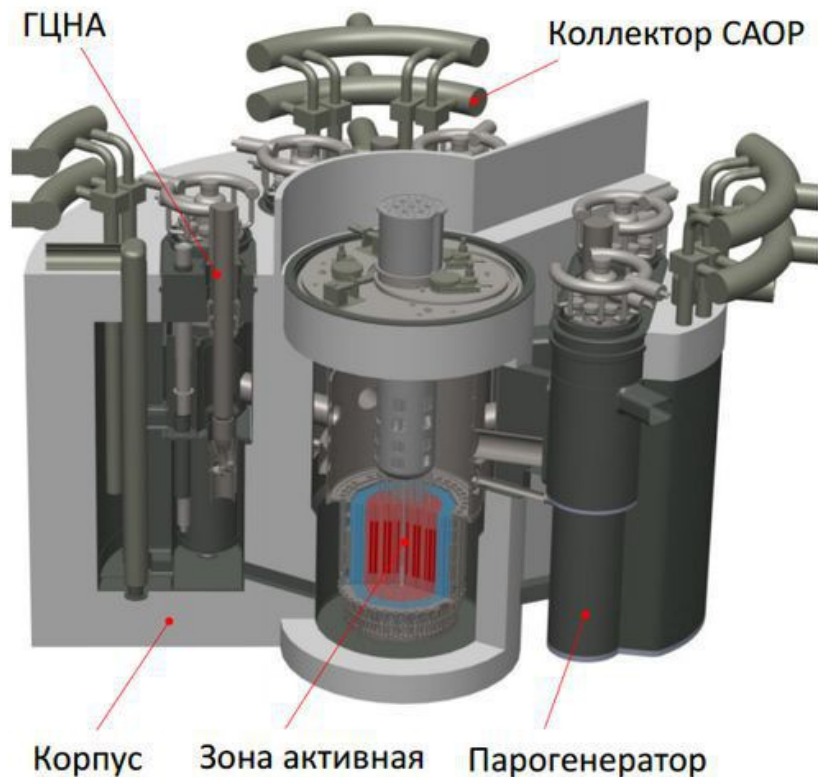


Принципиальная  
схема  
РУ БРЕСТ-ОД-300



- |                          |   |                                      |
|--------------------------|---|--------------------------------------|
| ① Активная зона          | ⑥ Система расхолаживания                | ⑪ Электронасосный агрегат ГЦН-4000/2 |
| ② Блок корпусов          | ⑦ Измерительная колонна                 | ⑫ Блок парогенератора-ГЦН            |
| ③ Шахта реактора         | ⑧ Внутриреакторная перегрузочная машина | ⑬ Фильтр                             |
| ④ Трубопровод коллектора | ⑨ Парогенератор                         |                                      |
| ⑤ Корзина активной зоны  | ⑩ Верхнее перекрытие                    |                                      |

## Основные элементы и технические характеристики РУ



Тепловая мощность, МВт	700
Электрическая мощность, МВт	300
Паропроизводительность не менее, т/ч	1480
Теплоноситель первого контура, объем	свинец
Давление газа над уровнем СТ:	
- избыточное, МПа	0,003-0,008
- максимальное, МПа	0,02
Средняя температура СТ на входе/выходе из активной зоны, °С	420/540
Средняя температура СТ на входе/выходе из парогенератора, °С	340/505
Количество петель	4
Число ТВС в активной зоне	169
Высота активной зоны, мм	1100
Загрузка топлива, т	20,6
Кампания топлива, лет	5
Максимальная/средняя глубина выгорания в выгружаемом топливе, % т. ат.	9,0/5,5

**НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ:**

**ПРОЕКТ «ПРОРЫВ»**

2) Какой теплоноситель используется ?

Почему используют именно его? Его характеристики.



По своим физико-техническим свойствам  
(на примере натриевого теплоносителя):

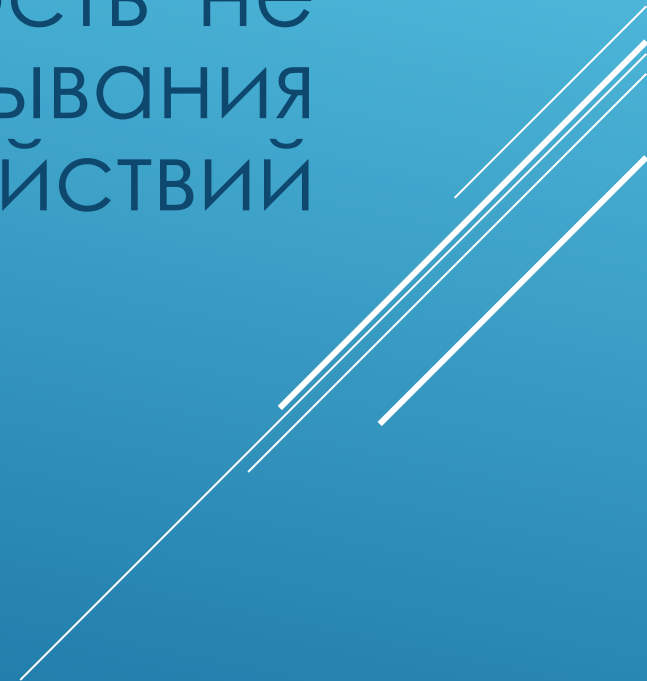
- низкое — близкое к атмосферному — рабочее давление натриевого теплоносителя;
- большие запасы до температуры кипения;
- относительно небольшой запас реактивности на выгорание;
- большая теплоёмкость натрия.



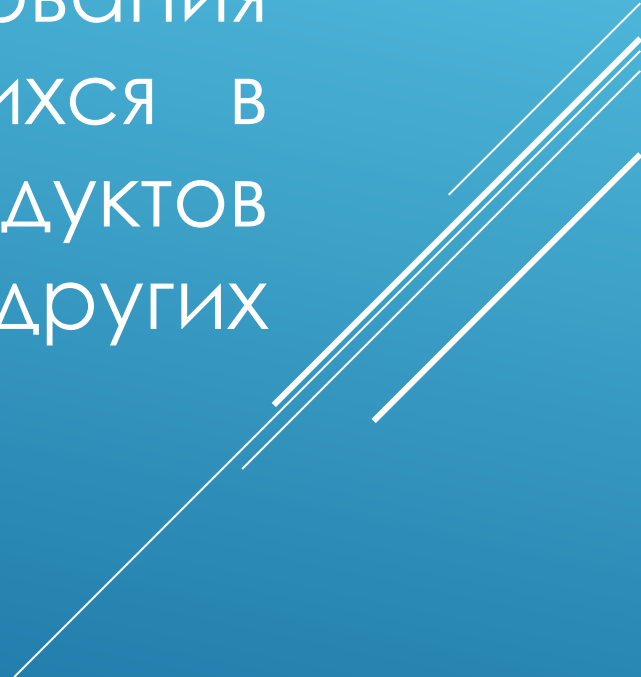
Принят целый ряд новых решений:

**ОНИ ОСНОВЫВАЮТСЯ НА ПАССИВНЫХ ПРИНЦИПАХ.**

Это означает, что эффективность не зависит от надёжности срабатывания вспомогательных систем и действий человека.



Ещё одно преимущество натриевого теплоносителя — низкая коррозионная активность по отношению к используемым в реакторе конструкционным материалам. Поэтому ресурс натриевого оборудования большой, а количество образующихся в таком реакторе радиоактивных продуктов коррозии намного меньше, чем в других типах реакторов.

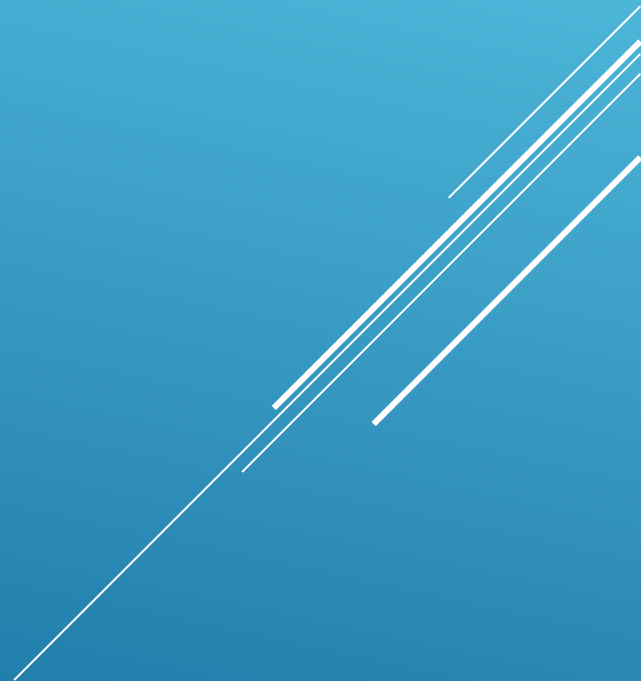


Использование натрия в качестве теплоносителя требует решения следующих задач:

- чистота натрия, используемого в БН. Большие проблемы вызывают примеси кислорода из-за участия кислорода в массопереносе железа и коррозии компонентов;
- натрий является очень активным химическим элементом. Он горит в воздухе. Горящий натрий образует дым, который может вызвать повреждение оборудования и приборов. Проблема усложняется в случае, если дым натрия радиоактивен. Горящий натрий в контакте с бетоном может реагировать с компонентами бетона и выделять водород, который в свою очередь взрывоопасен.
- возможность реакций натрия с водой и органическими материалами, что важно для надёжности конструкции парогенератора, в котором теплота с натриевого теплоносителя передаётся в водный.

3) Какое топливо планируют использовать?

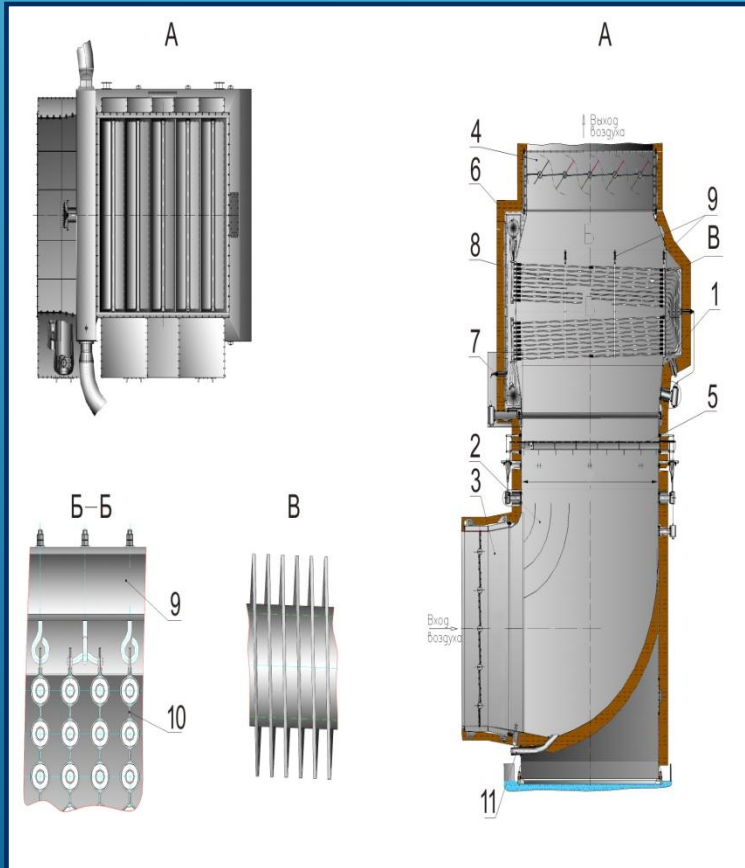
Почему именно его? Его характеристики.



## На примере реактора БРЕСТ-ОД-300

- плотное, теплопроводное нитридное топливо, отвечающее условиям достижения полного воспроизводства плутония в активной зоне ( $K_{\text{ВА}} \sim 1$ ), с небольшим мощностным эффектом по изменению температуры топлива, обеспечивающее работу с малым, соизмеримым с  $\beta_{\text{эфф}}$  запасом реактивности, **исключает разгон реактора на мгновенных нейтронах**

#### 4) Какие системы безопасности заложены в проект?



В БН-1200 впервые разрабатывается система аварийного отвода тепла (**САОТ**) непосредственно из первого контура, что резко повышает уровень безопасности и показатели надежности системы:

Тип системы	БН-600	БН-800	БН-1200
Система САОТ	$10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$10^{-6}$
Система САОТ + основная система	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$10^{-7}$

5) Сравнительный анализ с реакторами поколения 3 и 3+

6) Заключение (основные выводы по данному проекту)



# ЦЕПОЧКИ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

ВЫДЕЛЯЮТ ТРИ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ РЯДА И ОДИН ИСКУССТВЕННЫЙ.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РЯДЫ:

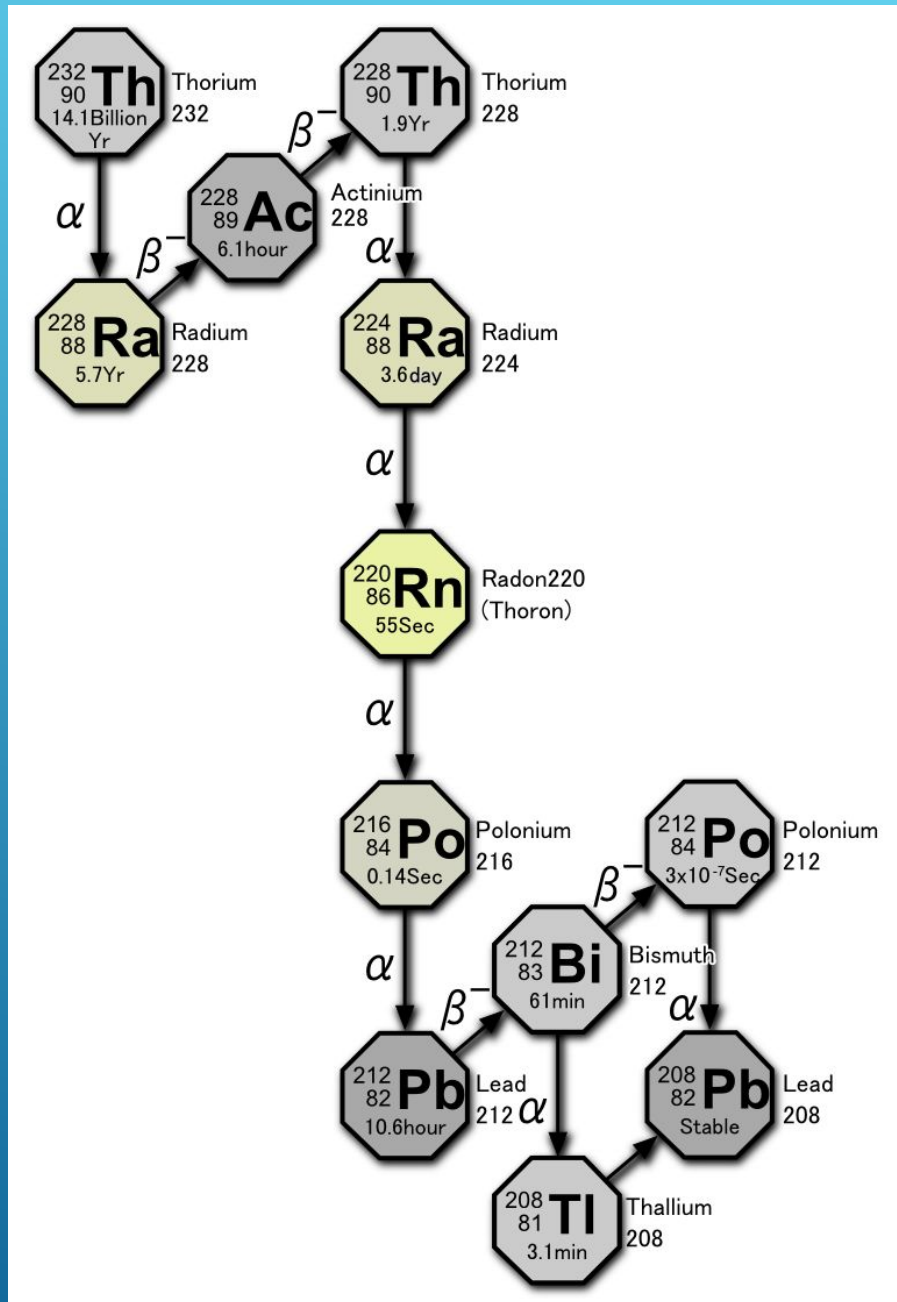
- РЯД ТОРИЯ — НАЧИНАЕТСЯ С НУКЛИДА ТН-232;
- РЯД РАДИЯ — НАЧИНАЕТСЯ С U-238;
- РЯД АКТИНИЯ — НАЧИНАЕТСЯ С U-235.

ИСКУССТВЕННЫЙ РЯД:

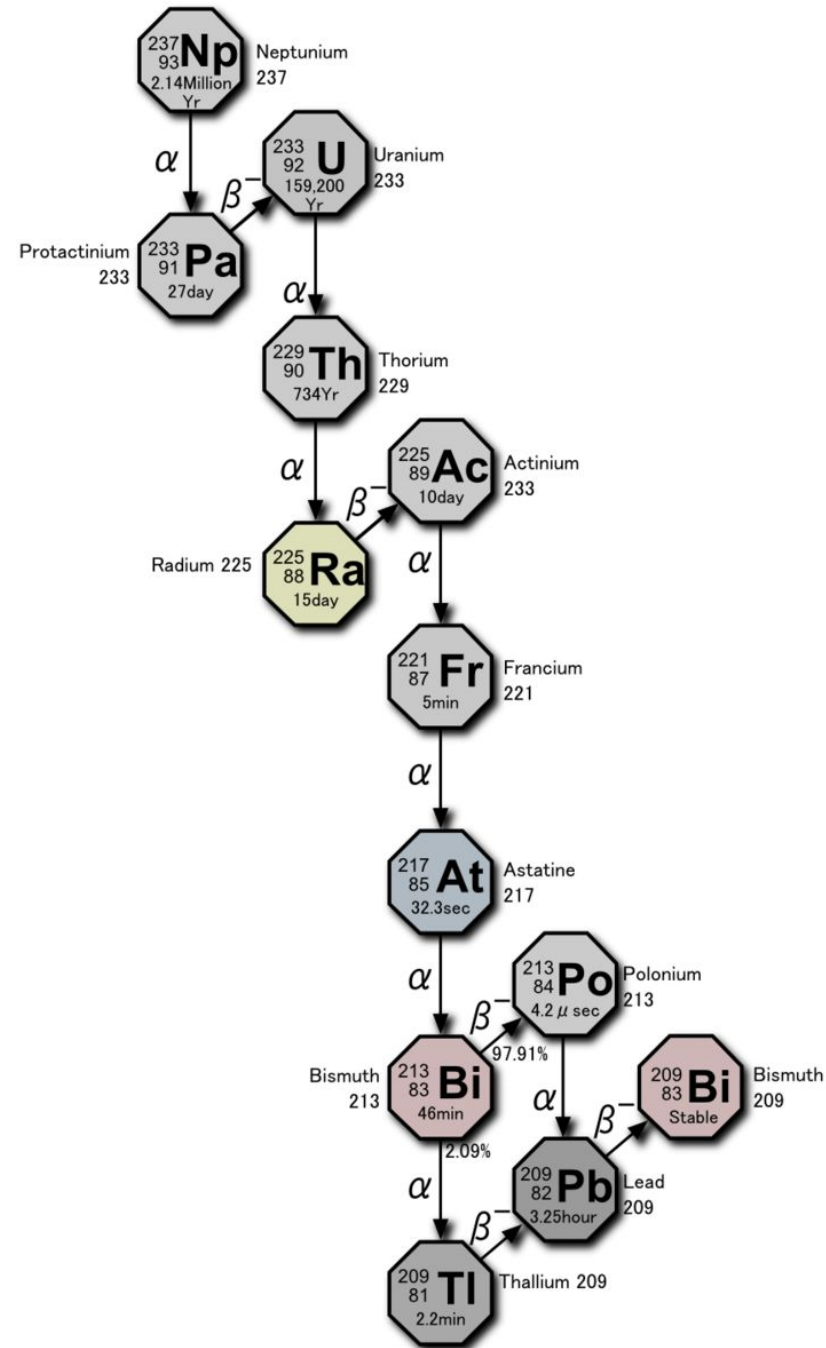
- РЯД НЕПТУНИЯ — НАЧИНАЕТСЯ С NP-237.



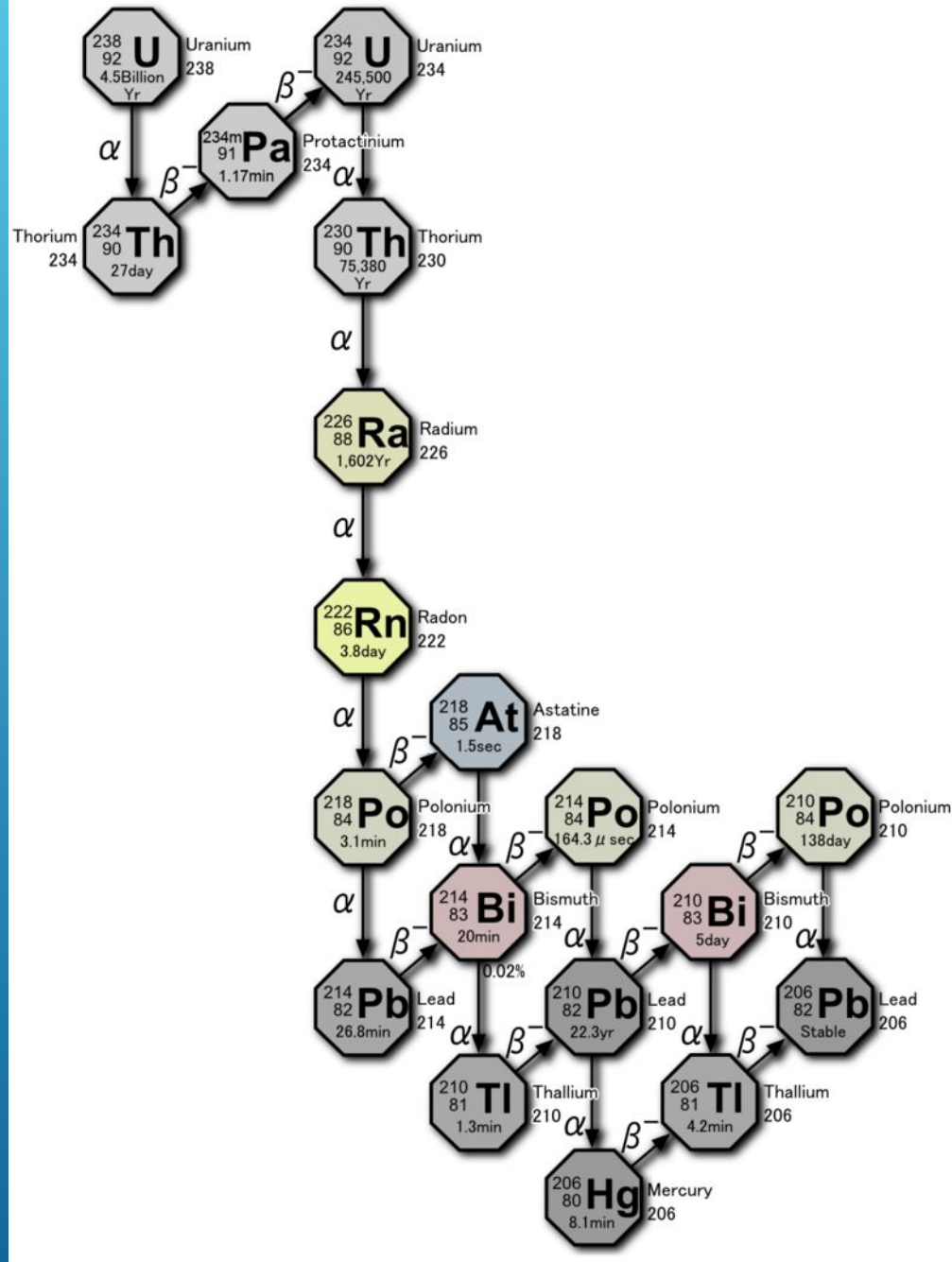
# РЯД ТОРИЯ



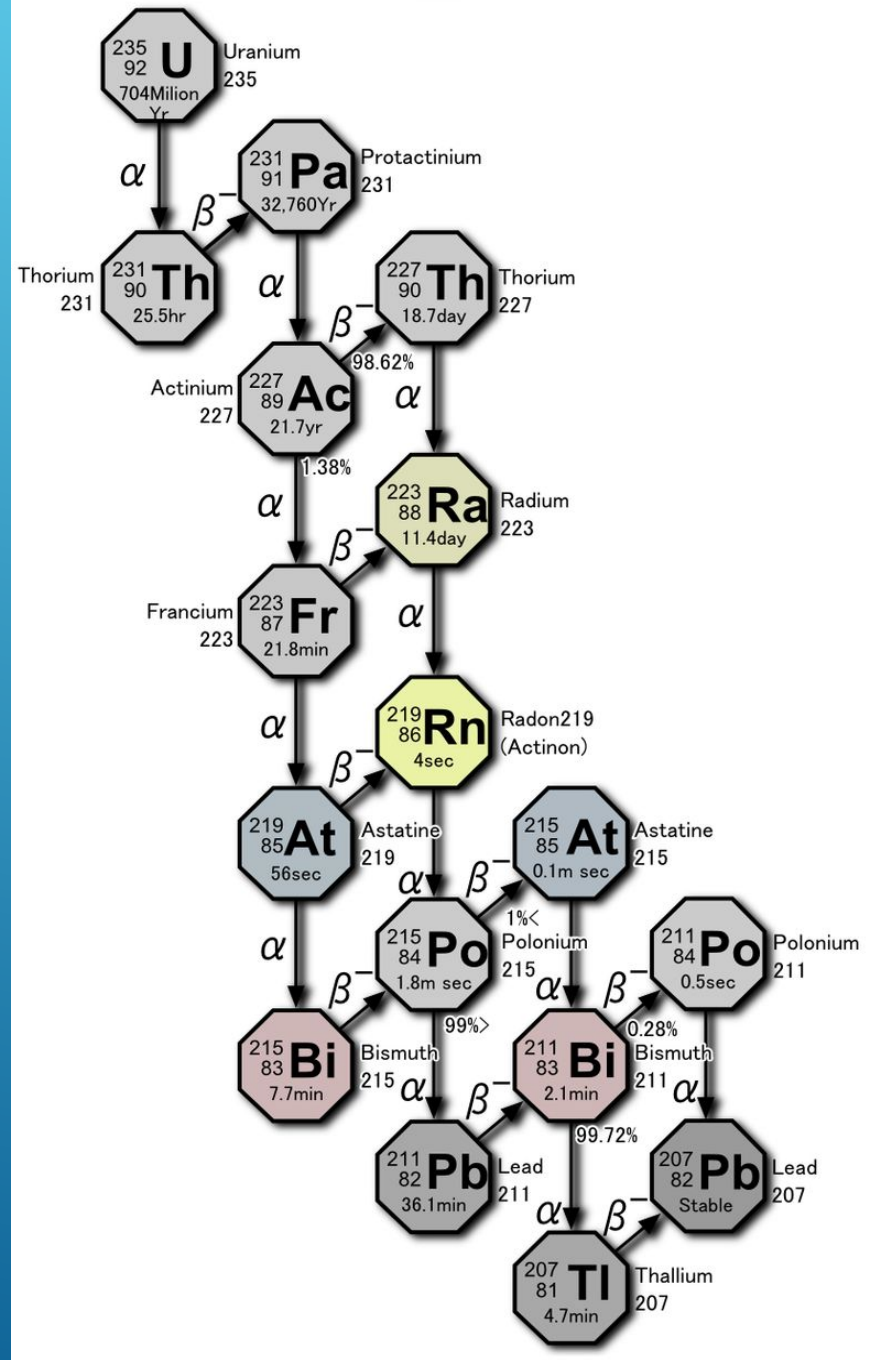
# РЯД НЕПТУНИЯ



# РЯД РАДІЯ



# РЯД АКТИНИЙ



## Типы ядерного топливного цикла

Типы цикла Делящийся материал	Фертильный (воспроизводящий материал)	Энергия деления ядер МэВ		Основные продукты деления
		ядро	суммарная энергия	
Урановый топливный цикл <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $^{235}\text{U}$	Природный или обогащённый уран <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$	$^{233}\text{U}$ <hr/> $^{235}\text{U}$ <hr/> $^{239}\text{Pu}$	198,5 <hr/> 204,1 <hr/> 210,3	25% — редкоземельные элементы 15% — цирконий 12% — молибден 6,2% — цезий 5,9% — стронций 16% — благородные газы
Уран-плутониевый топливный цикл <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $^{235}\text{U}, ^{239}\text{Pu}$	Уран - 238 <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $^{238}\text{U}$	Реакции воспроизводства $^{238}\text{U} (n, \gamma) = ^{239}\text{U}$ $^{239}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} ^{239}\text{Np} \xrightarrow{\beta^-} ^{239}\text{Pu}$		
Уран-ториевый топливный цикл <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $^{233}\text{U}, ^{235}\text{U}$	Торий - 232 <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $^{232}\text{Th}$	$^{232}\text{Th} (n, \gamma) = ^{233}\text{Th}$ $^{233}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{Pa} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{U}$		

## Достоинства АЭС:

- Главное преимущество - это независимость от источников топлива, так как его используют небольшими объемами;



- Стоимость производимой электроэнергии

Падают цены на нефть, автоматически снижается конкурентоспособность АЭС.

По подсчетам, составленных на основе проектов в 2000 – х годах, затраты на строительство АЭС составляют 2300 \$ за кВт. Прогнозы на стоимость проектов в настоящее время равны 2000\$ за кВт (на 35% выше, чем для угольных; на 45% - газовых ТЭС).



## Недостатки АЭС:

- Тяжелые последствия после аварий;





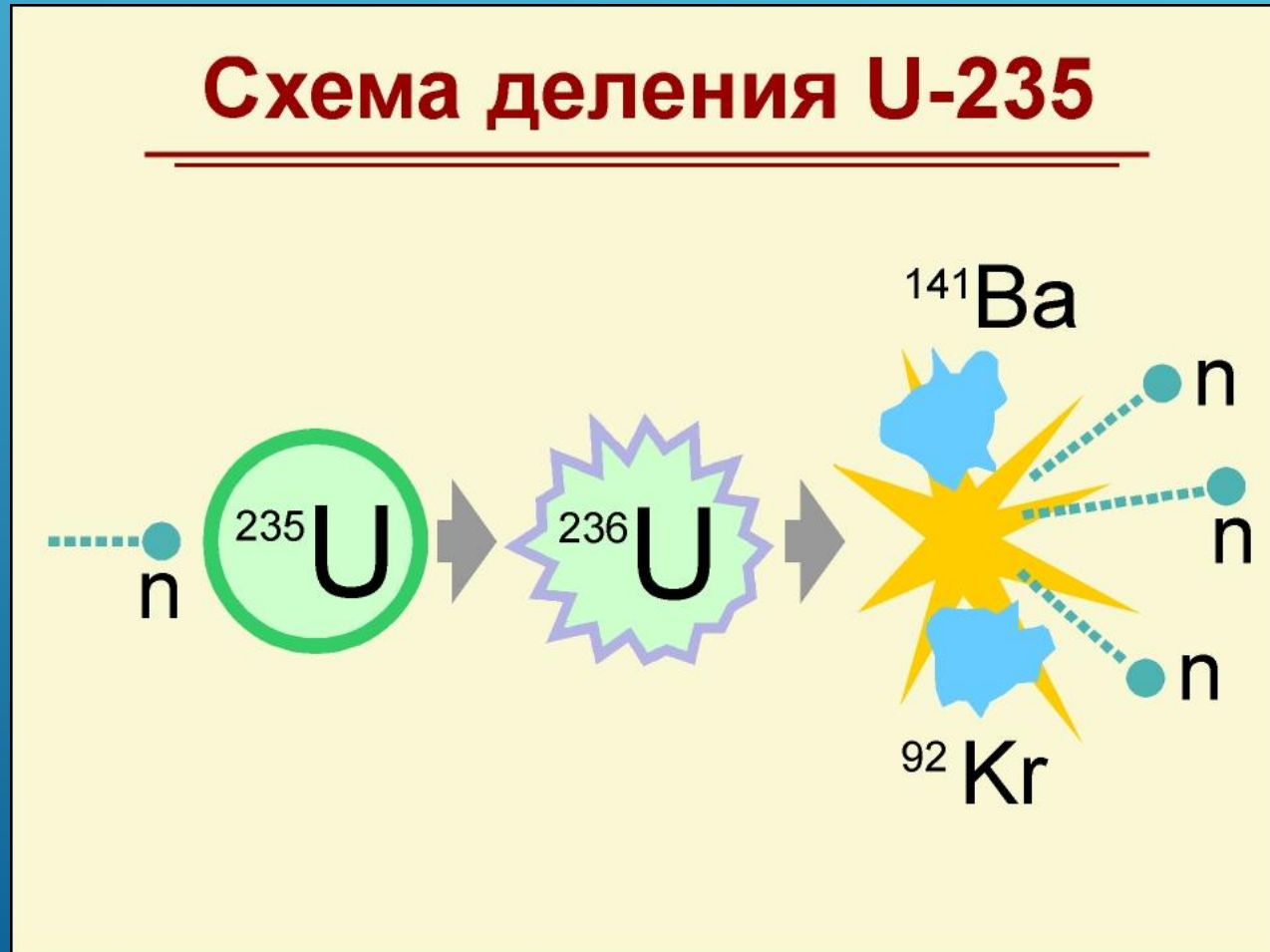
- Для АЭС нежелательно работать в маневренных режимах, для того чтобы покрыть части графика электрической нагрузкой.





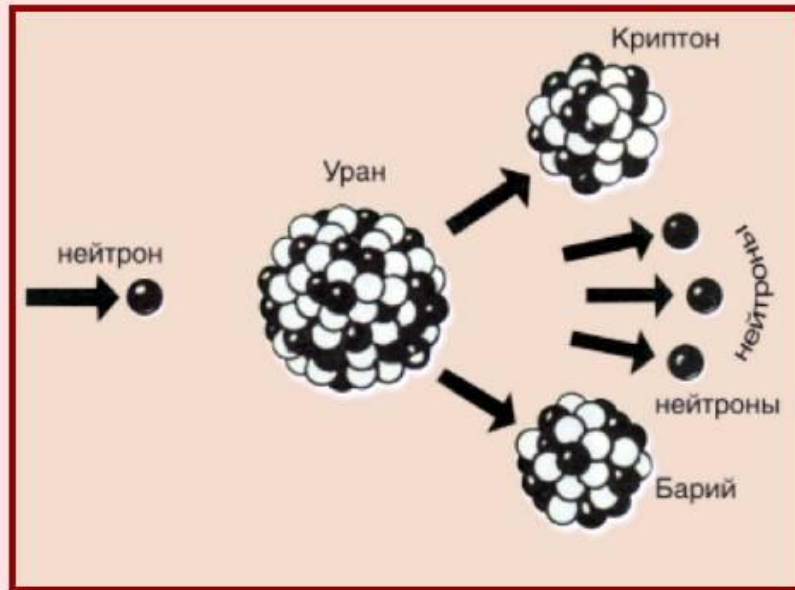
# Преимущества атомной энергетики

Благодаря особенностям ядерных реакций затраты топлива очень невелики. Это основное преимущество атомной энергетики.



## Цель атомного проекта: получение ядерной энергии

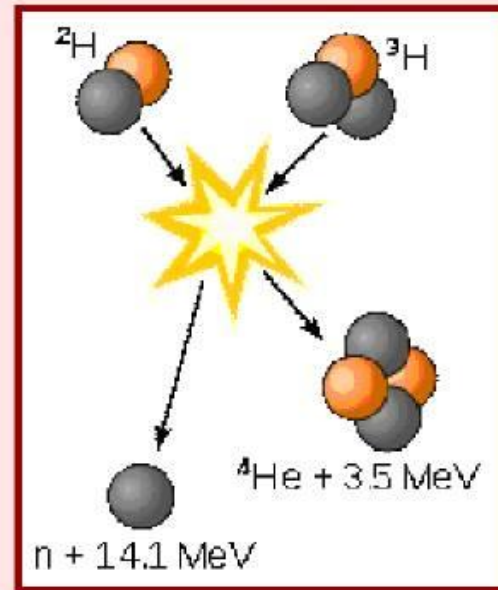
### Ядерные реакции деления тяжелых ядер



Средняя энергия деления  
одного ядра урана-235

$$E_D = 1 \text{ МэВ/на один нуклон}$$

### Термоядерные реакции слияния легких ядер



Средняя энергия слияния  
ядер дейтерия и трития

$$E_C = 3,5 \text{ МэВ/на один нуклон}$$

Экологическая чистота.

Выбросы от АЭС, хотя в это и трудно поверить, практически безвредны в отличие от ТЭС. Например, электростанции, работающие на угле, выбрасывают в атмосферу гораздо больше радионуклидов, чем АЭС, не говоря уже о выбросах углекислого газа и прочих канцерогенов. Кроме того, ТЭС опасны тем, что способствуют образованию очень вредных кислотных дождей из-за своих выбросов, содержащих серу и образующих в атмосфере серную кислоту.





Повторное использование.

Расщепляющийся материал (уран-235) выгорает в ядерном топливе не полностью и может быть использован снова после регенерации (в отличие от золы и шлаков органического топлива). В перспективе возможен полный переход на замкнутый топливный цикл, что означает практически полное отсутствие отходов.

Снижение «парникового эффекта».

Интенсивное развитие ядерной энергетики можно считать одним из средств борьбы с глобальным потеплением. К примеру, атомные станции в Европе ежегодно позволяют избежать эмиссии 700 миллионов тонн CO<sub>2</sub>. Действующие АЭС России ежегодно предотвращают выброс в атмосферу около 210 млн. тонн углекислого газа. По этому показателю Россия находится на четвертом месте в мире.

Развитие экономики.

Строительство АЭС обеспечивает экономический рост, появление новых рабочих мест: Одно рабочее место при сооружении АЭС создает более 10 рабочих мест в смежных отраслях. Развитие атомной энергетики способствует росту научных исследований и объемов экспорта высокотехнологичной продукции.