

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

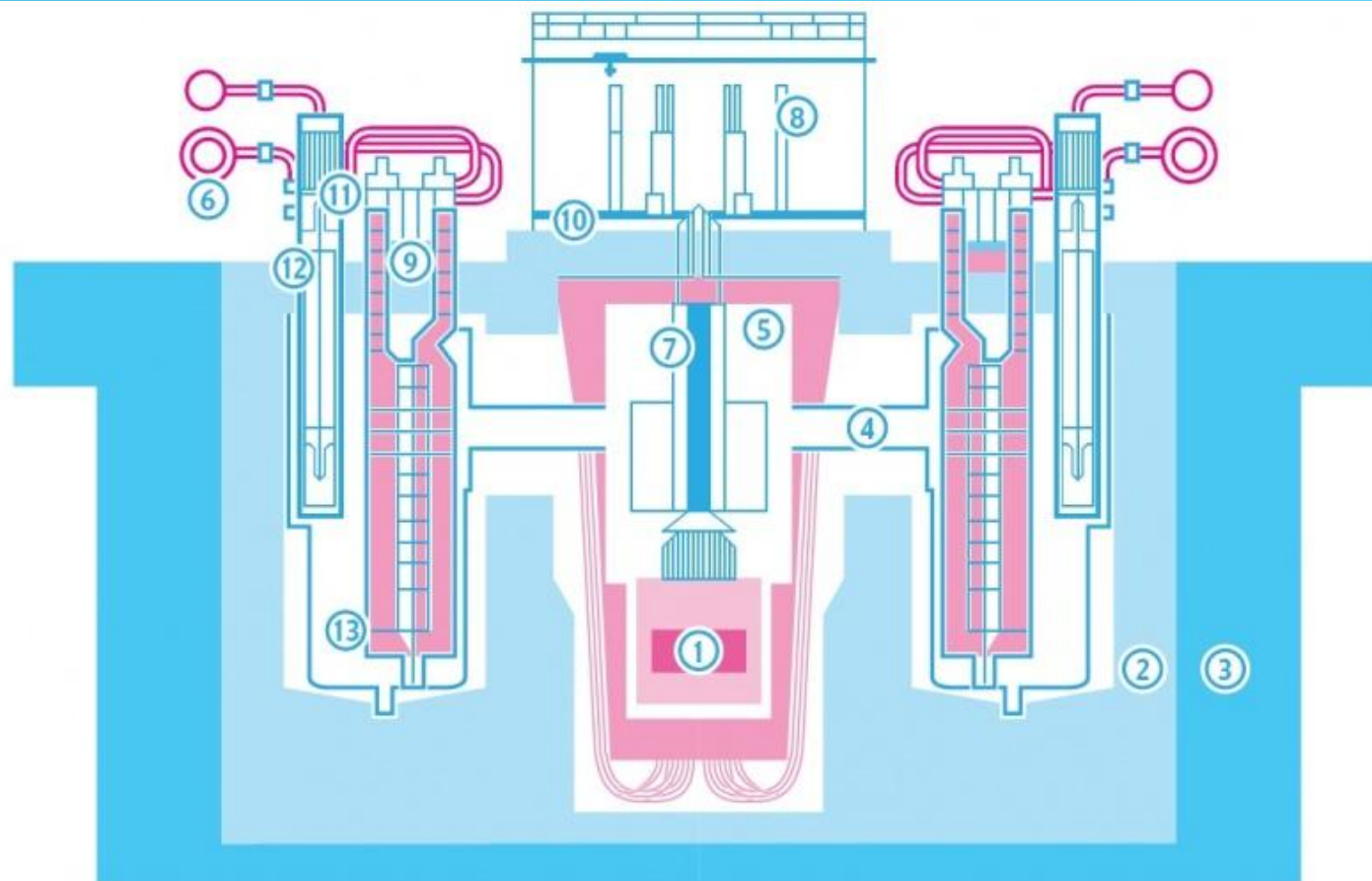
ПЛАН РЕФЕРАТА

В реферате необходимо раскрыть следующие вопросы:

1) Основные характеристики вашей установки

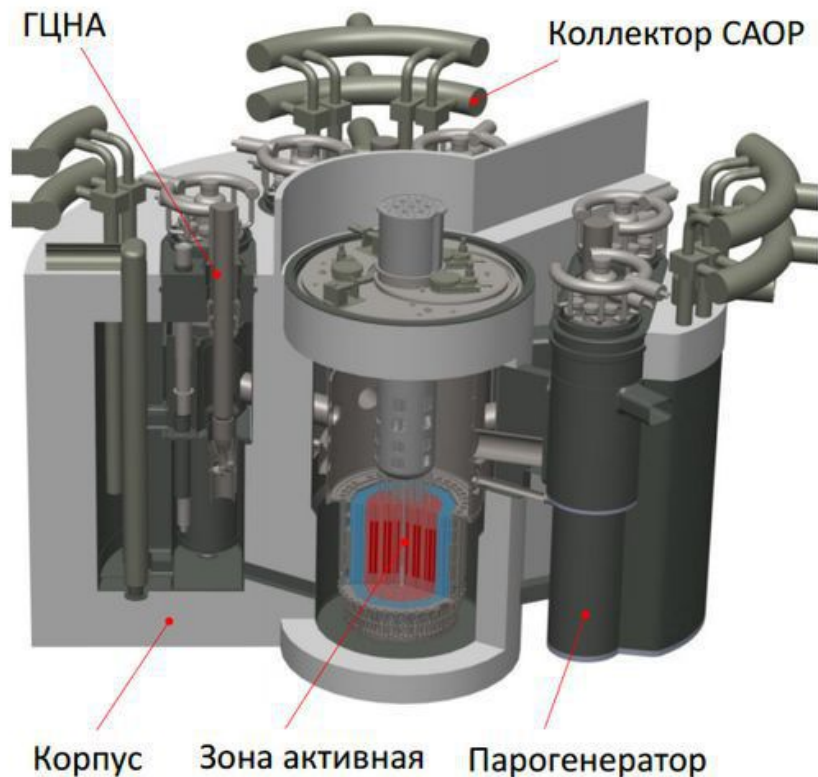


Принципиальная
схема
РУ БРЕСТ-ОД-300



- | | | |
|--------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| 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



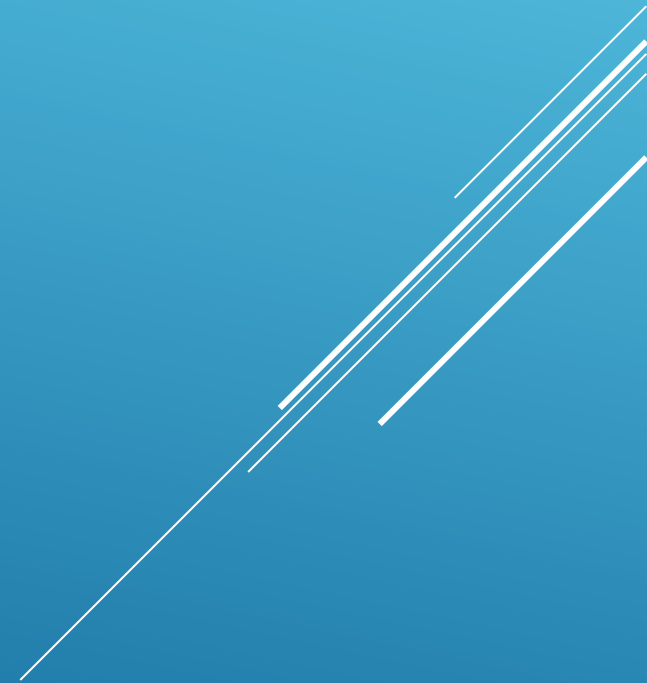
Тепловая мощность, МВт	700
Электрическая мощность, МВт	300
Паропроизводительность не менее, т/ч	1480
Теплоноситель первого контура, объем	свинец
Давление газа над уровнем СТ:	
- избыточное, МПа	0,003-0,008
- максимальное, МПа	0,02
Средняя температура СТ на входе/выходе из активной зоны, °С	420/540
Средняя 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.



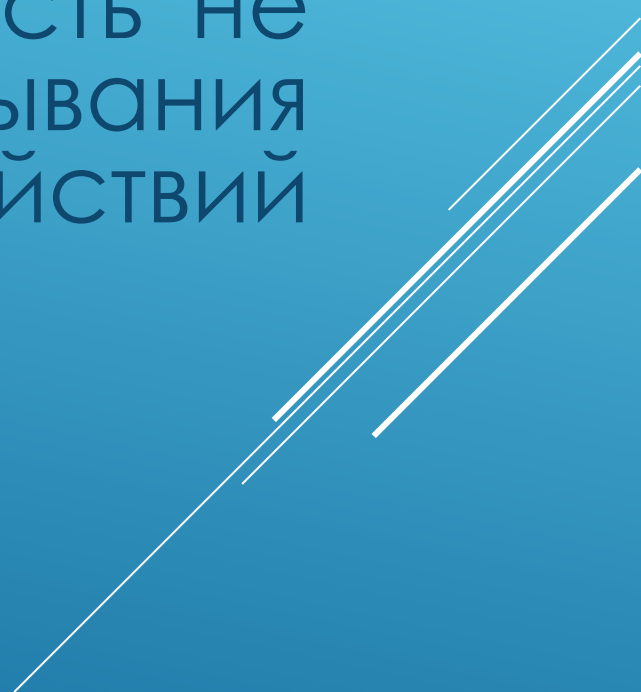
По своим физико-техническим свойствам
(на примере натриевого теплоносителя):

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

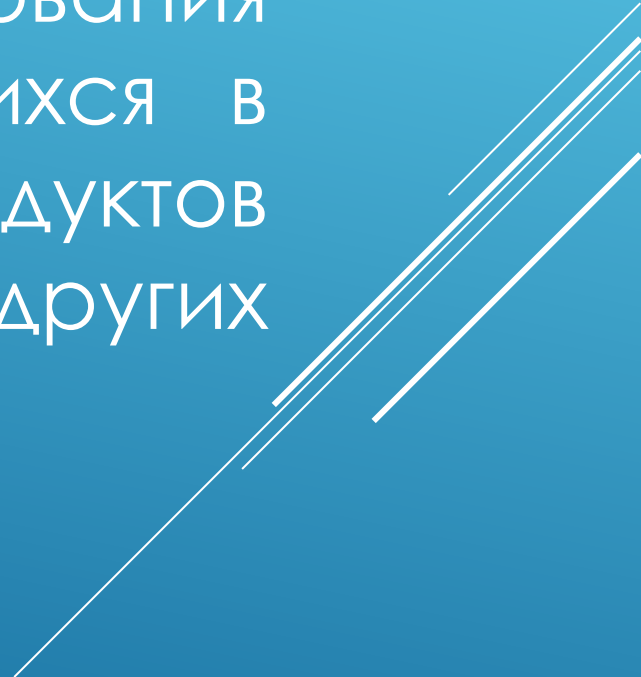
Принят целый ряд новых решений:

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.

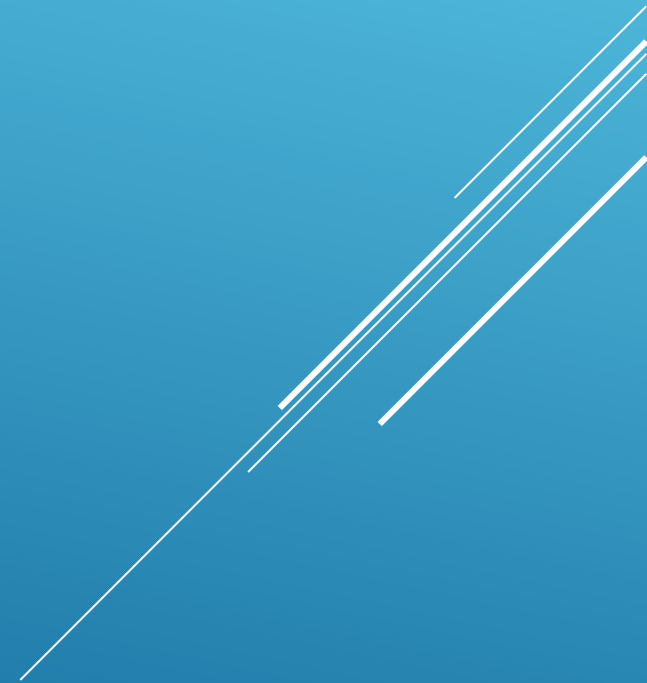


Использование натрия в качестве теплоносителя требует решения следующих задач:

- 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?

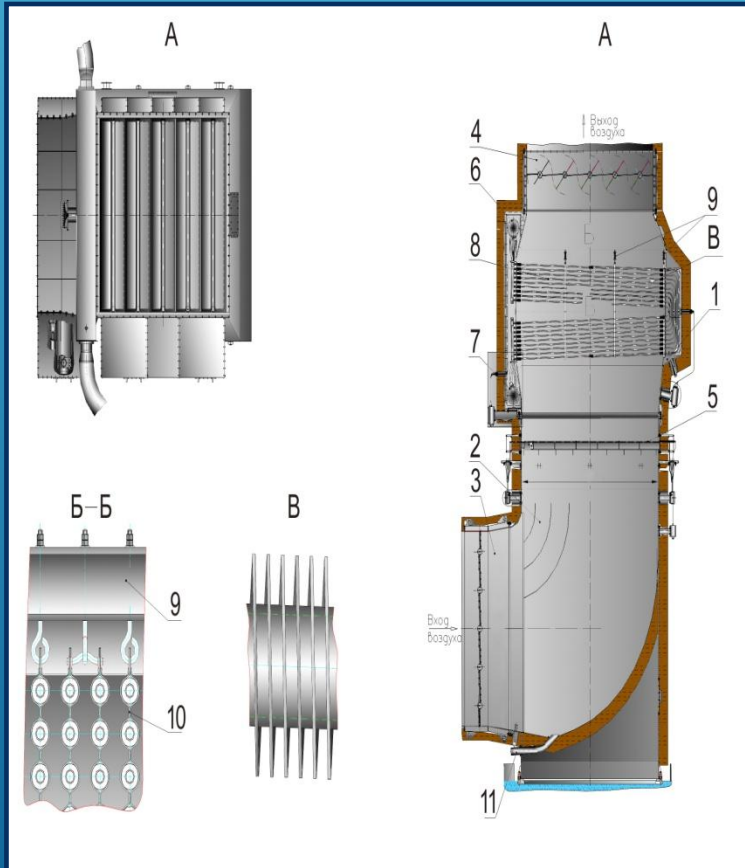
Почему именно его? Его характеристики.



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.

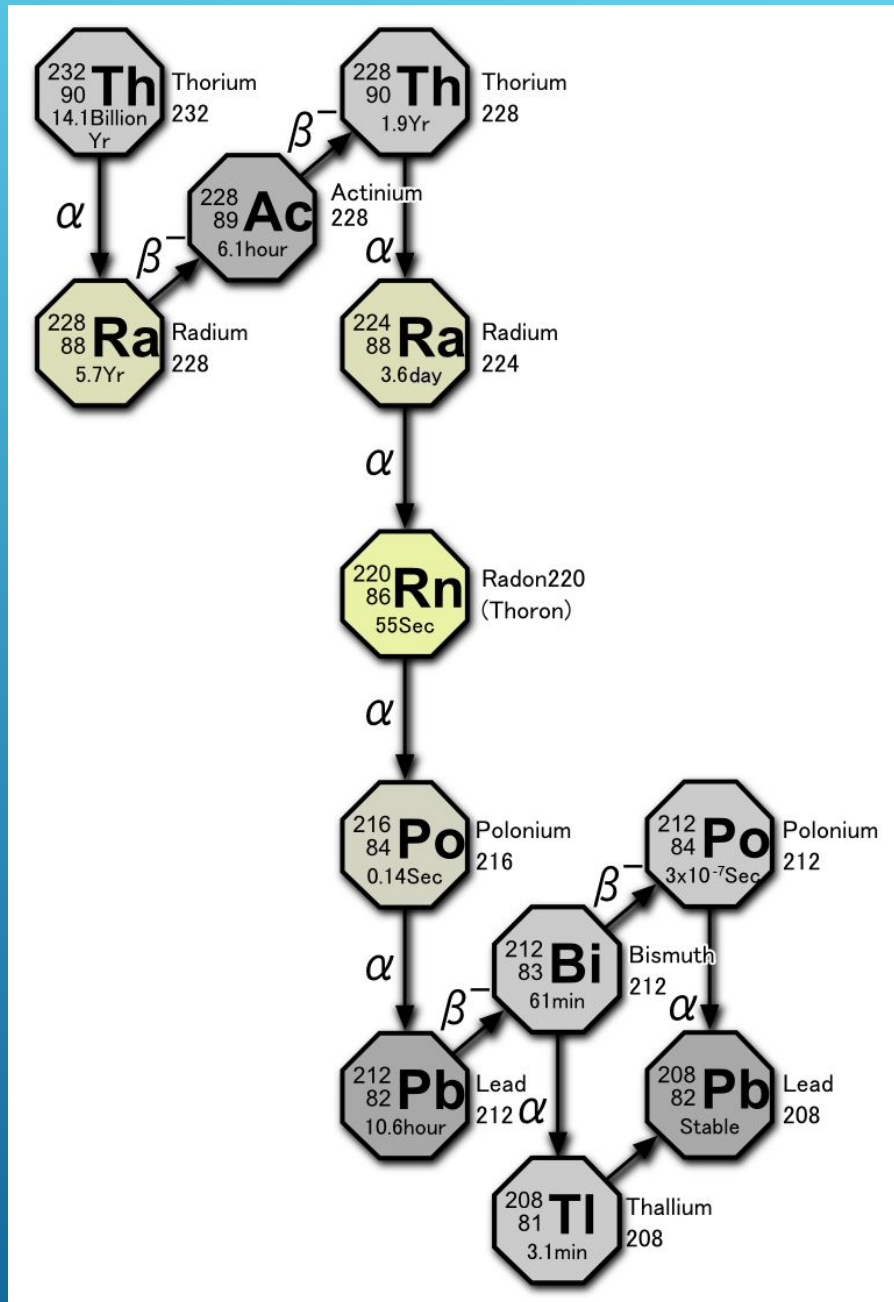
ЕСТЕСТВЕННЫЕ РЯДЫ:

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

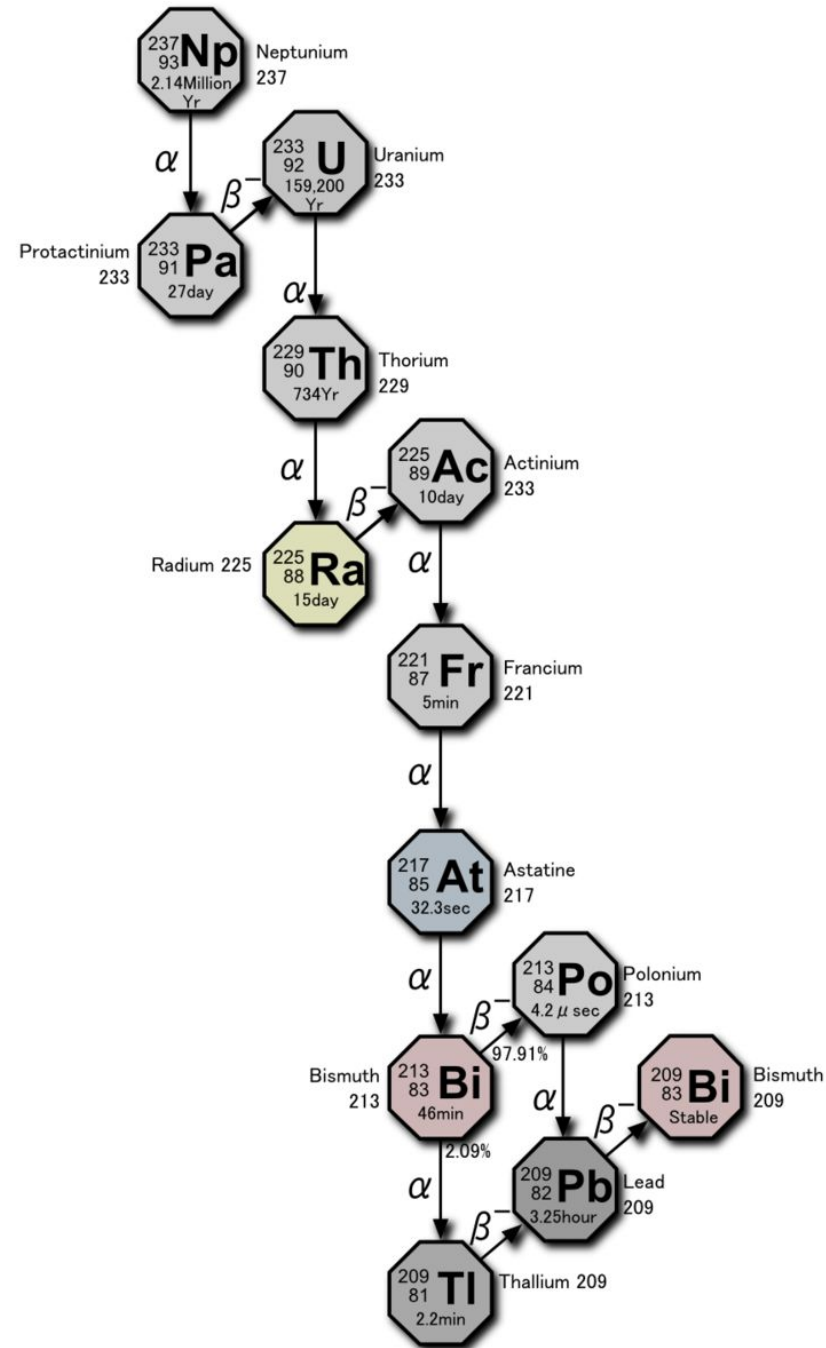
ИСКУССТВЕННЫЙ РЯД:

- РЯД НЕПТУНИЯ — НАЧИНАЕТСЯ С NP-237.

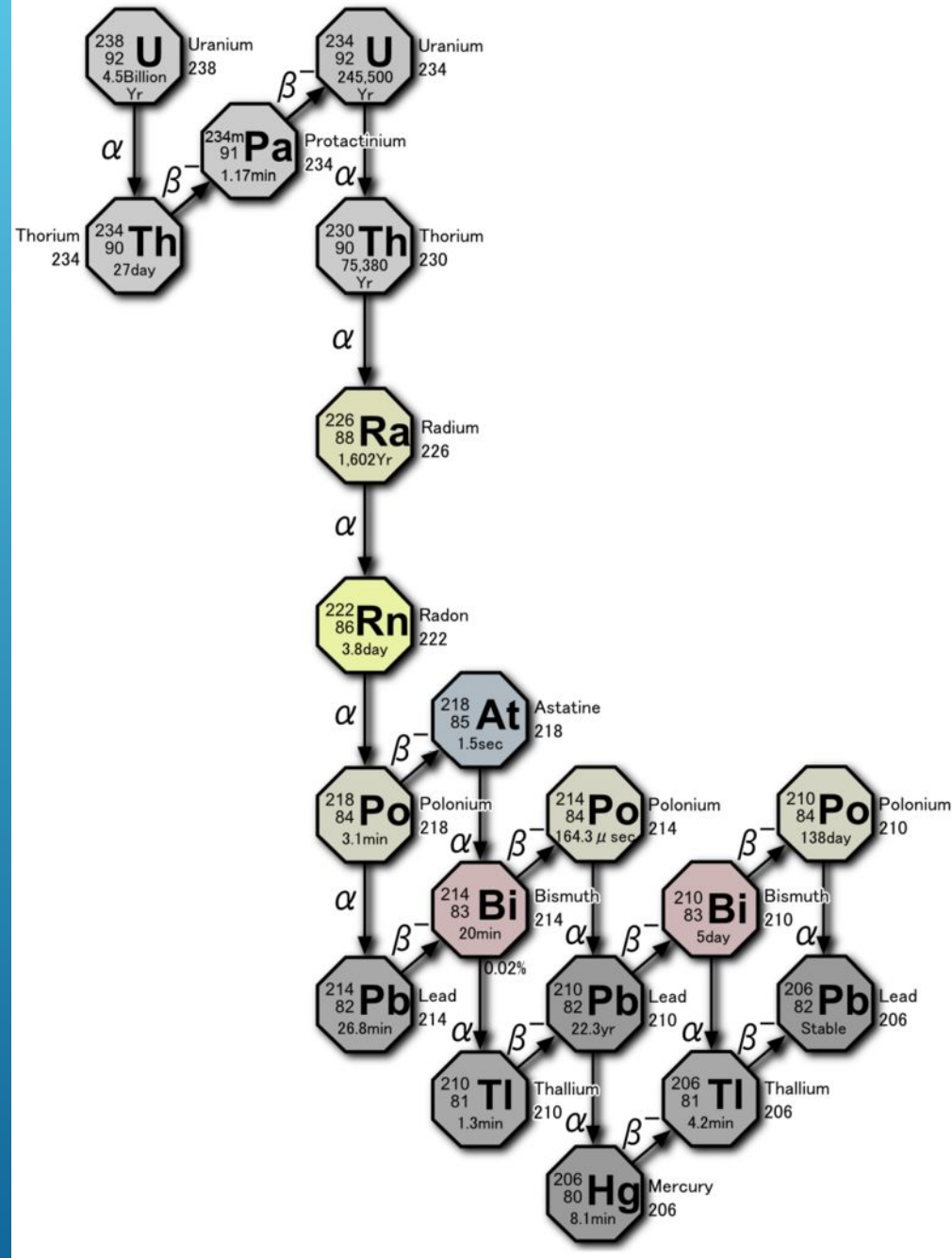
РЯД ТОРИЯ



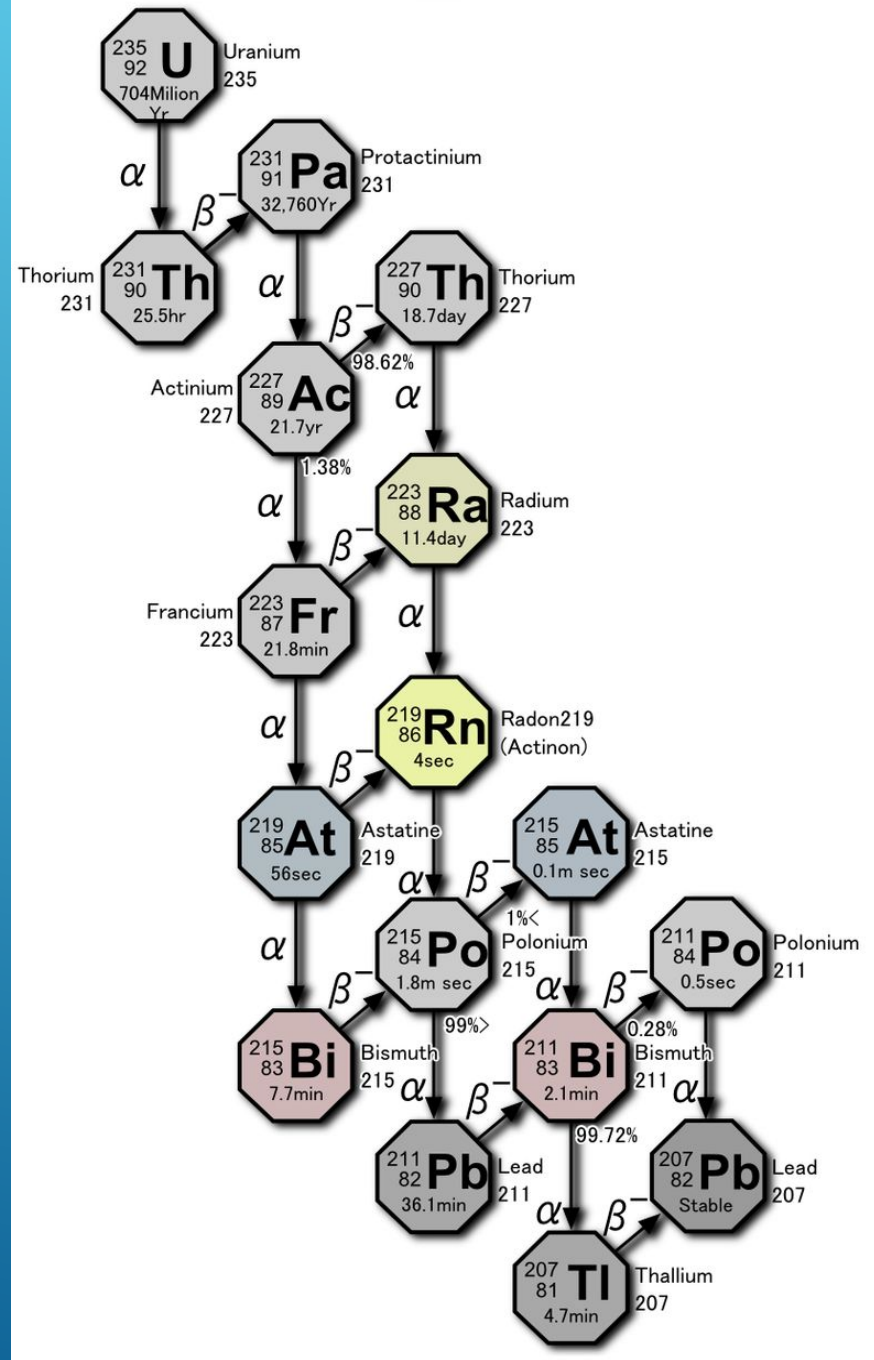
РЯД НЕПТУНИЯ



РЯД РАДІЯ



РЯД АКТИНИЯ



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}U	Природный или обогащённый уран <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$	^{233}U <hr/> ^{235}U <hr/> ^{239}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}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}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;

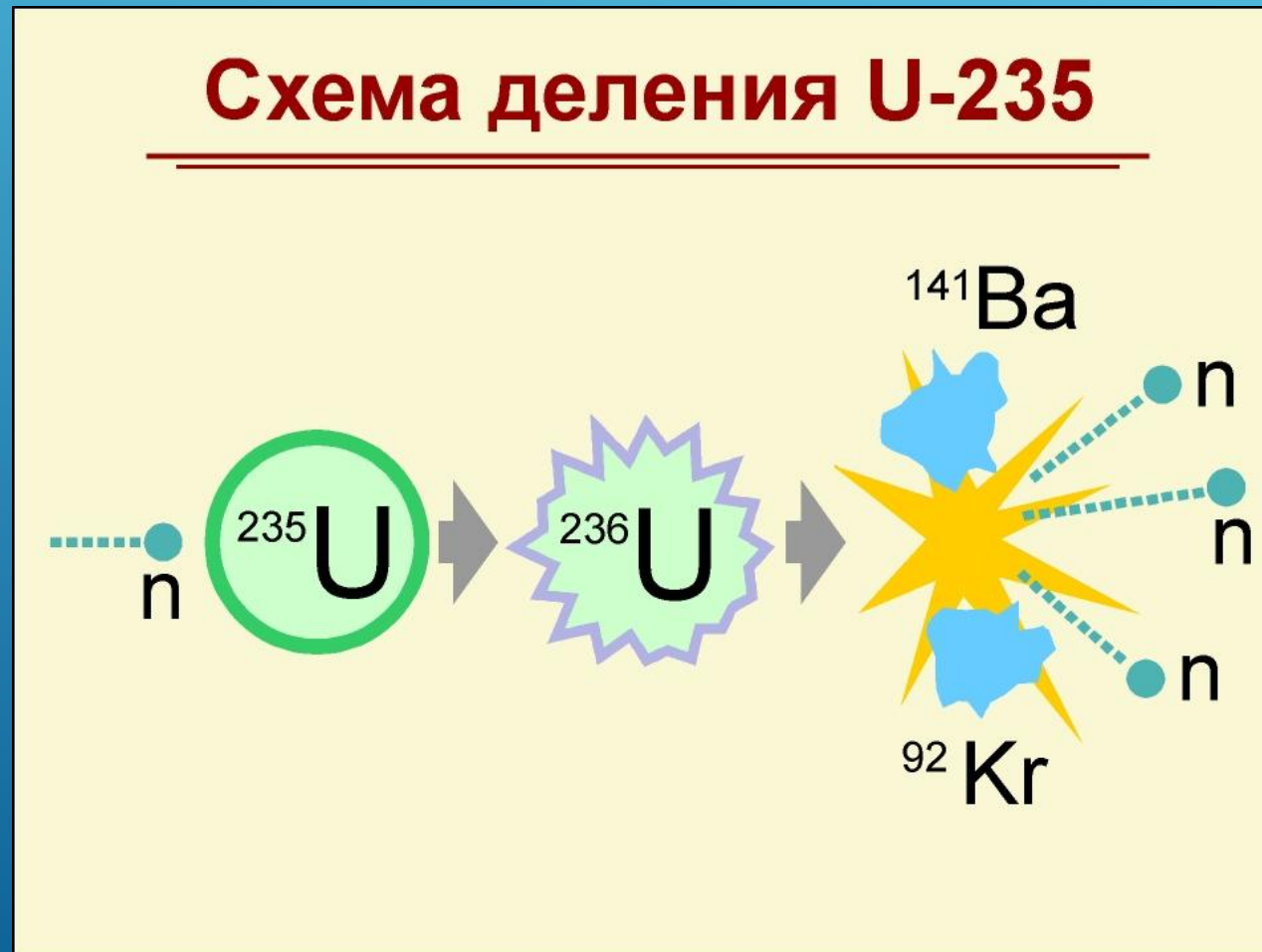


- Для АЭС нежелательно работать в маневренных режимах, для того чтобы покрыть части графика электрической нагрузкой.



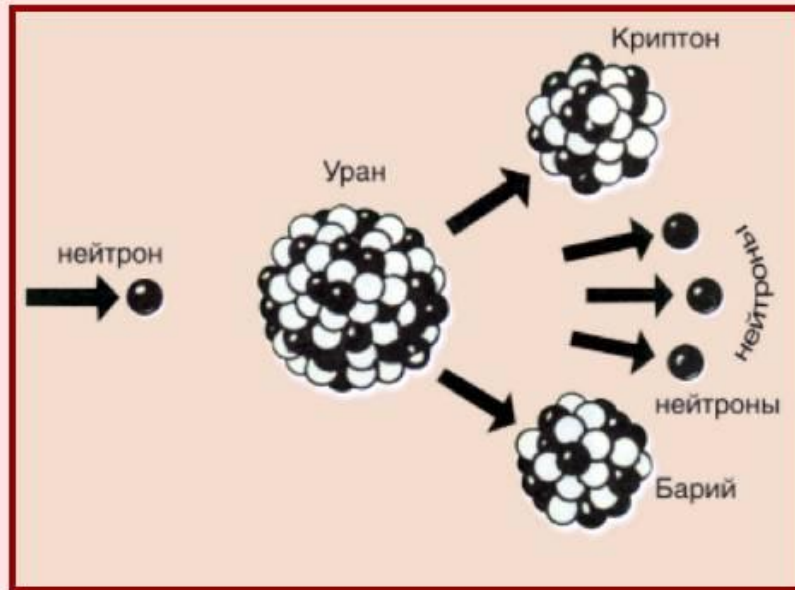
Преимущества атомной энергетики

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



Цель атомного проекта: получение ядерной энергии

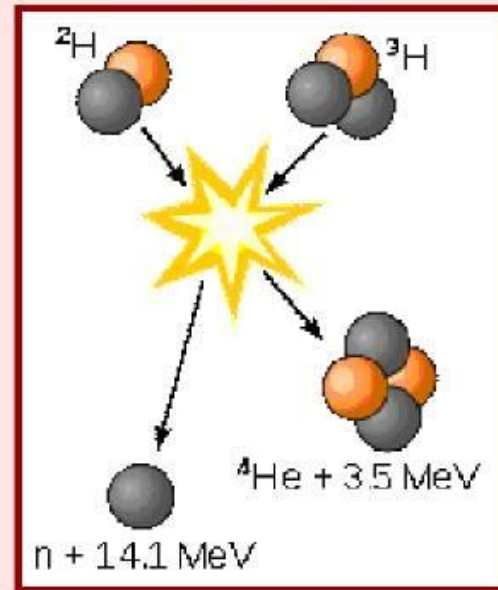
Ядерные реакции деления тяжелых ядер



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 CO₂. 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.