



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Развитие ЯЭ России

Владимир Григорьевич Асмолов

**Советник Генерального директора Госкорпорации «Росатом»
д.т.н., профессор**

Уровень глобализации ядерной энергии



производят 73% ядерной электроэнергии мира



имеют продвинутые разработки по быстрым реакторам



ведут промышленное обогащение урана



имеют мощности по переработке ядерного топлива



составляют 80% реакторного парка мира

Корпусные водо-охлаждаемые реакторы типа LWR являются наиболее продвинутой технологией

Реакторы типа LWR сегодня составляют **90%** реакторного парка мира

Действующие реакторы: 452 блока, 399,4 ГВт (эл)

Тип реактора	Число реакторов	Суммарная мощность, ГВт(эл)	Доля в мировом реакторном парке, %	Число стран, где эксплуатируются
PWR	238	233.3	58	17
BWR	73	71.5	18	8
ВВЭР	62	51.6	13	9
Другие (PHWR, GCR, РБМК, FBR)	79	43.0	11	11

Строящиеся реакторы: 54 блока, 55,4 ГВт (эл)

Тип реактора	Число реакторов	Суммарная мощность, ГВт(эл)	Доля в мировом реакторном парке, %	Число стран, где строятся
PWR	29	30.9	52	10
BWR	4	5.3	9	1
ВВЭР	19	20.3	34	7
Другие (PHWR, GCR, РБМК, FBR)	6	3.2	5	2

Из всех строящихся реакторов в мире реакторов типа LWR- **95%**

Статус

**Системообразующий,
эффективный и безопасный
энергоисточник**

~20% всей производимой электроэнергии России

~40% электрогенерации в Европейской части России

Экспорт АЭС – один из ключевых несырьевых экспортов страны

Риски

Обострение конкуренции на внешнем рынке за счет появления кроме традиционных конкурентов (США, Франция, Япония, Канада) новых игроков (Китай, Южная Корея), предлагающих:

аналогичные технологии по более низкой цене за счет «дешевой безопасности»

дешевые кредиты в неограниченном объеме

Цели

Сохранение и развитие как атомной генерации внутри страны, так и атомного экспорта за счет:

повышения эффективности и безопасности технологии ВВЭР

внедрения в ЯЭС ядерных энерготехнологий нового поколения на базе реакторов на быстрых нейтронах ЗЯТЦ

Требования к крупномасштабной ЯЭС России 21 века



Потребительская привлекательность

- гарантированная безопасность;
- экономическая эффективность

Масштабы производства на рынке электроэнергии

- не менее 30% к середине века

Структура энергопроизводства

- должна обеспечивать многоцелевое использование по областям применения, т.е. расширение рынков сбыта, и многокомпонентность как фактор гибкости и устойчивости к возможным рискам

Сырьевая база

- не должна иметь ограничений на исторически значимый период времени (сотни лет)

Обращение с отходами

- должно обеспечить безопасную окончательную изоляцию РАО

КЛЮЧЕВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЯЭ

Двухкомпонентная
структура с
замыканием ЯТЦ

Позволит решить системные
проблемы нынешней АЭ:

Сократить накопление ОЯТ
и снизить объемы РАО

Повысить эффективность
использования урана

Повысить экологические показатели ЯЭ
и ее конкурентоспособность

Синергетический принцип
развития обоих компонентов
(базовый):

Технология ВВЭР

Технологии РБН

Сценарий формирования двухкомпонентной ядерной энергетики России



**Двухкомпонентная ЯЭ
с замкнутым ЯТЦ**

**Постепенное замещение действующих АЭС энергоблоками обоих типов
повышенной безопасности и эффективности**

**Развитие технологии ВВЭР и
РБН**


**Увязка топливных балансов
ВВЭР и РБН**

Реально сложившаяся структура ЯЭ страны с открытым ЯТЦ


Этапы развития ЯЭС России




Текущий этап (до 2030 года):




наращивание ядерных энергетических мощностей на базе развития технологии ВВЭР, как практической основы промышленной ядерной энергетики на длительную перспективу



замыкание ЯТЦ, создание и отработка базовых элементов двухкомпонентной структуры ЯЭС, обеспечивающих требования к ЯЭС XXI века (фабрикация топлива, разработка проектов и реализация головных энергоблоков, регенерация)



обеспечение роста экспорта референтных ядерных энерготехнологий



исследование потребностей рынка для региональной ЯЭ малой и средней мощности и ее «неэлектрического» применения, разработка проектов энергоблоков с кардинально улучшенными технико-экономическими характеристиками

Последующие этапы 2040 год и далее:

²³⁹
Pu

развертывание замкнутой по урану и плутонию крупномасштабной двухкомпонентной ЯЭС, как основы устойчивого развития России в третьем тысячелетии

²³²
Th

определение перспектив внедрения в ЯТЦ тория, возможное использование жидкосолевых реакторов, бесхимического бридера



обоснование необходимости и возможности использования термоядерного источника для воспроизводства ядерного топлива и гибридного реактора

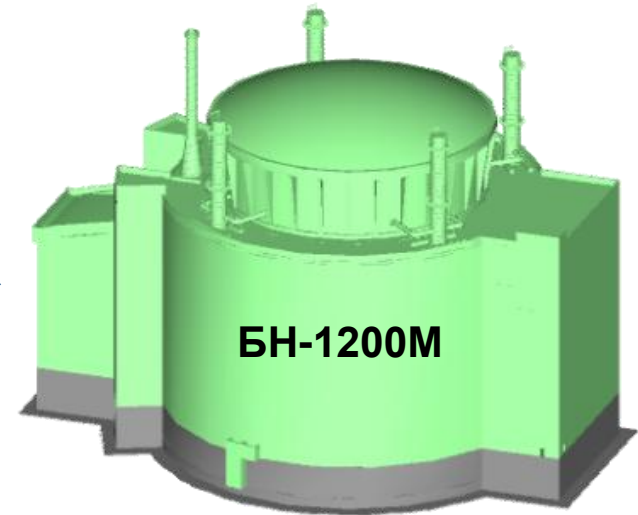
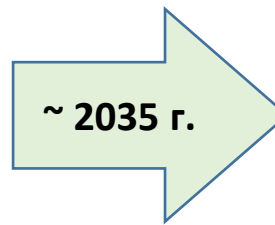
Проект «Прорыв» - эволюция технологий реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем



Наработано более 1500 эффективных суток

Уран-плутониевое (МОКС) топливо:

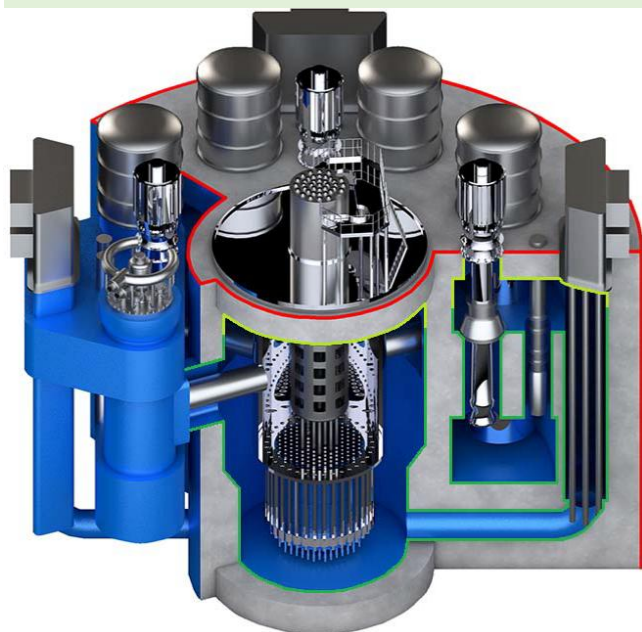
- ✓ частичная загрузка МОКС ТВС с начала эксплуатации;
- ✓ 100% МОКС зона **в начале 2023 г.**



- ✓ Энергоблок IV поколения;
- ✓ Референтность технологий;
- ✓ Меньшие площадь размещения, строительные объемы и капзатраты;
- ✓ 100% уран-плутониевое топливо;
- ✓ Воспроизводство плутония с КВ до 1,25
- ✓ Выжигание минорных актинидов

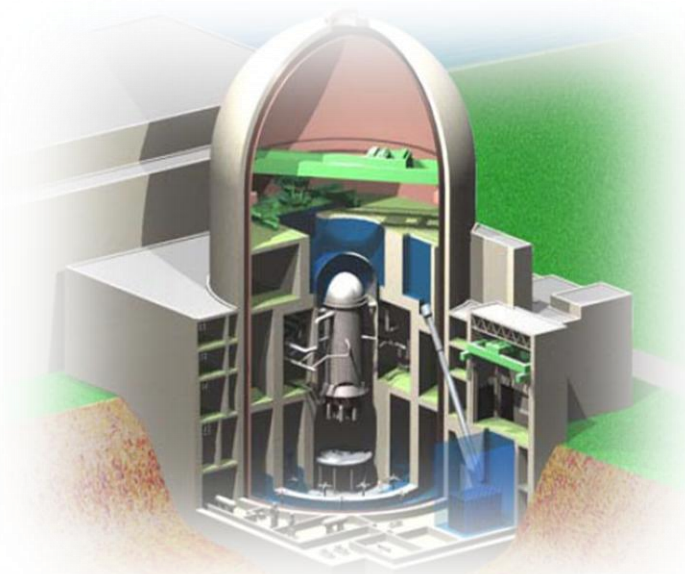
Проект «Прорыв» - новые технологии реакторов на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем

Энергоблок с реакторной установкой БРЕСТ-300



Новый уровень безопасности

- ✓ **исключение реактивных аварий** (равновесное плотное топливо)
- ✓ **исключение аварий с потерей теплоносителя** (интегральная конструкция реакторной установки)
- ✓ Производство плутония с КВ ~ 1, многократный рецикл топлива без потребления природного урана
- ✓ Выжигание минорных актинидов
- ✓ **Безусловное соблюдение режима нераспространения в конфигурации с пристанционным ядерным топливным циклом**



Повышение потребительской привлекательности - надежность, безопасность, компактность, маневренность и т.д.

2025 г. ВВЭР-ТОИ на Курской АЭС

- ✓ Информационная и экономическая модель энергоблока, сертификат EUR;
- ✓ Воспринимаемые сейсмические нагрузки – **до 8 баллов** (опционно по проектному землетрясению)

2034 г. ВВЭР-С на Кольской АЭС

- ✓ Реактор с регулированием спектра нейтронов;
- ✓ Отказ от борного регулирования;
- ✓ Отказ от циркониевых сплавов (толерантное топливо)
- ✓ 100% загрузка уран-плутониевым (МОКС) топливом;
- ✓ Производство плутония с КВ до ~ 0,7;
- ✓ Повышение КПД

~ 2045 г. ВВЭР-СКД

- ✓ Переход к быстрому спектру нейтронов с возможностью производства плутония с КВ ~1.0;
- ✓ Реактор со сверхкритическими параметрами теплоносителя с КПД до 45%;

Технологические развилки для ключевых реакторных технологий, определяющих стратегию развития ЯЭ России



Технология	Мероприятие	Срок прохождения развилок	Дальнейшие этапы развития
ВВЭР-С	Выбор облика, технико-экономическое обоснование, разработка программы НИОКР 2018-2020	2022	1) Подготовка проектной документации ВВЭР-С-600 – 2028 г. 2) Строительство и ввод в эксплуатацию ВВЭР-С-600 на Кольской АЭС – 2034 г.
БН-1200	Обоснование проектных характеристик АЭС с РУ БН-1200М, обоснование проектных технико-экономических показателей для МОКС-топлива 2018-2021	2022	Строительство и ввод в эксплуатацию АЭС с БН-1200 – 2033 г.
БР-1200	Ввод в эксплуатацию и успешный опыт эксплуатации ОДЭК с РУ БРЕСТ-300, обоснование проектных технико-экономических показателей для СНУП топлива 2025-2030	2029	1) Подготовка проектной документации эн БР-1200 – 2030 г. 2) Строительство и ввод в эксплуатацию БР-1200 – 2037 г.

Успешная реализация этих проектов позволит ядерной энергетике занять достойную долю в энергобалансе России и нарастить высокотехнологический экспорт

- Развитие ядерной энергетики России до середины века обеспечено доступными ресурсами делящихся материалов;
- Технологический потенциал обеспечивает требуемые масштабы развития ядерной энергетики на длительную перспективу;
- Коммерческий заказ для ядерно-энергетического сектора экономики в ближайшие 20 лет будет сосредоточен на технологии ВВЭР;
- Уже сегодня должен быть начат переход к двухкомпонентной ядерно-энергетической системы ядерной энергетики страны с внедрением в существующую структуру быстрых реакторов и отработкой базовых компонентов ее ядерного топливного цикла;
- Освоение новых технологических направлений должно опираться на развитие научных исследований, совершенствование экспериментальной базы и сохранение возможностей международной кооперации



Спасибо за внимание