

МНТК-2012

**Восьмая международная научно-техническая
конференция «Безопасность, эффективность и
экономика атомной энергетики»**

**О стратегии
ядерной энергетики России до
2050 года**

**Доклад подготовлен
в Национальном исследовательском центре
«Курчатовский институт» в 2010-2011 гг.
экспертной группой в составе:**

***П.Н. Алексеев, В.Г. Асмолов, А.Ю. Гагаринский, Н.Е.
Кухаркин, Ю.М. Семченков, В.А. Сидоренко,
С.А. Субботин, В.Ф. Цибульский, Я.И. Штромбах***

**при поддержке широкого круга специалистов
Курчатовского института.**

Основные положения

Масштабы ядерной энергетики

Ядерная энергетика является неотъемлемой составляющей энергетики России в настоящее время и в обозримой перспективе. Масштабы ядерной энергетики до середины века, определяемые ростом энергетических потребностей, обеспечены доступными ресурсами делящихся материалов. Технологический потенциал обеспечивает возможные масштабы ее развития на длительную перспективу.

Основные положения

Замкнутый ядерный топливный цикл

Формирование крупномасштабной ядерной энергетики связано с организацией замкнутого топливного цикла, в котором ресурсная проблема решается вовлечением в цикл изотопов U-238 и Th-232. Централизованная переработка ОЯТ обеспечивает эффективный контроль за использованием расщепляющихся материалов в гражданских целях и надежное захоронение радиоактивных отходов.

Основные положения

Многокомпонентная структура

Многокомпонентная структура парка ядерных реакторов с эволюционным развитием каждого из направлений обеспечивает наиболее гармоничное сочетание ядерной энергетической структуры и внешней энергетической системы, минимизирует риски, обусловленные существенной неопределенностью перспектив как ресурсного обеспечения, так и использования новых материалов и технологий, в наибольшей степени удовлетворяет экономическим предпочтениям рыночного многообразия.

Основные положения

Задачи и гарантии обеспечения безопасности

Применительно к дальнейшему развитию ядерной энергетики и созданию новых поколений ядерных установок необходимо реализовать задачу максимального уменьшения их исходной опасности путем обеспечения внутренней самозащитенности с последовательным осуществлением стратегии глубокоэшелонированной защиты.

Для обеспечения гарантий безопасности ядерной энергетики следует выработать и внедрить в практику России международные критерии защиты от внешних воздействий и стихийных бедствий, а также систему мер управления тяжелыми авариями для устранения их последствий.

Основные положения

Приемлемая экономика

Длительные сроки функционирования объектов ядерно-энергетического комплекса и принципиальная неопределенность ценовых показателей исключают возможность использования формальных экономических критериев как определяющего фактора привлекательности структурного наполнения атомного кластера, но позволяют ориентироваться на оценку «сверху» приемлемых затрат через средние мировые затраты на первичную энергию. Согласно такой методике приемлемая для экономики России стоимость установленной мощности АЭС в настоящее время составляет около 2000 дол./кВт, а к 2030 году увеличится до 4000 дол./кВт.



Доля затрат на первичные энергоисточники от валового продукта в мировой экономике

Основные положения

Ближайшие перспективы

Коммерческий заказ для ядерно-энергетического сектора экономики в перспективе ближайших десятилетий будет сосредоточен на усовершенствовании реакторов на тепловых нейтронах, в первую очередь технологии корпусных легководных реакторов с обеспечением мощностного ряда для потребностей регионального развития в стране и в мире. Объективную перспективу имеют энерготехнологические возможности высокотемпературных реакторов, в том числе в области безопасности. Требования мирового рынка к быстрому реактору, предназначенному для массового строительства, еще не сформированы.

Основные положения

Темпы развития

Структурные варианты развития ядерной энергетики, рассчитанные на установленную (с учетом экспортных поставок) мощность АЭС в 100 ГВт к 2030 году и 300 ГВт к 2050 году, с учетом ограничений по интегральному потреблению природного урана, его годовому потреблению и объему разделительных работ, демонстрируют необходимость серийного строительства быстрых реакторов с расширенным воспроизводством топлива ориентировочно с 2030 года.

Формирование структуры ядерных энергоисточников

Базовые расчетные параметры ядерной энергетики:

- Установленная мощность 2030 год – 100 ГВт(э)
(максимальный вариант с
учетом экспорта. Соответствует
умеренному сценарию МАГАТЭ) 2050 год – 300 ГВт(э)
- Варианты сбалансированы по топливу:
загрузки быстрых реакторов формируются из
плутония, выделенного из ОЯТ после переработки.

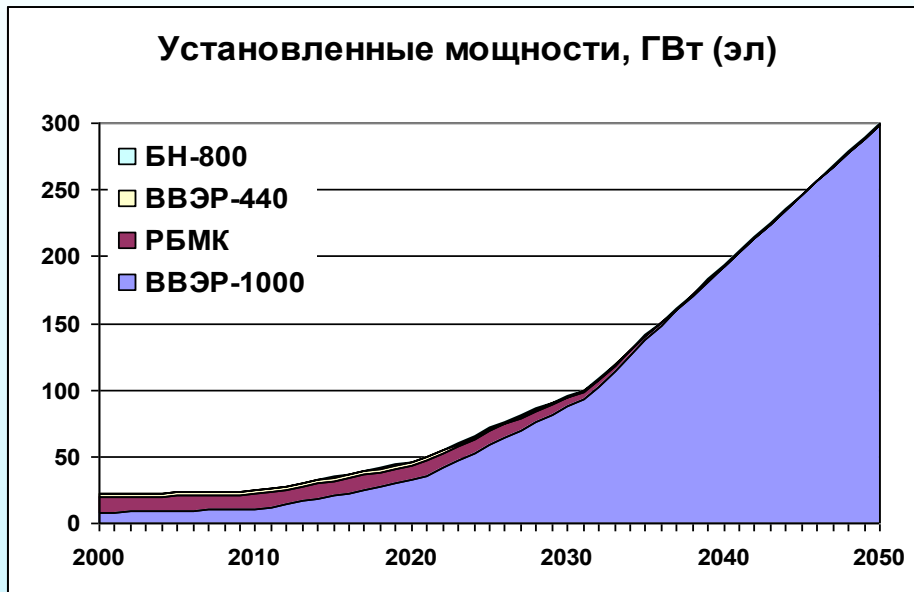
Формирование структуры ядерных энергоисточников

Основные характеристики реакторов по топливоиспользованию

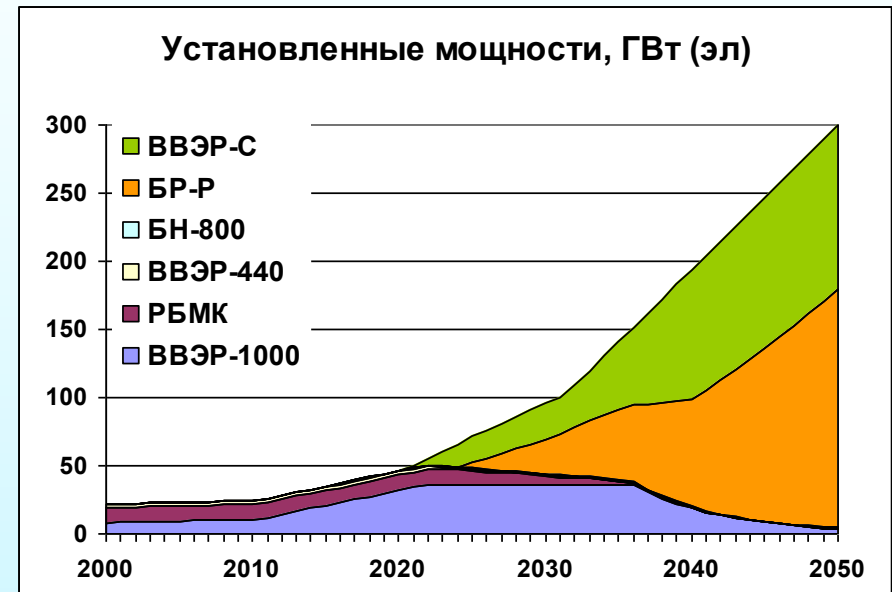
Реактор	Удельный расход природного урана, т/ГВт	Удельная наработка плутония, кг/(ГВт·год)	Удельная стартовая загрузка плутония (по делящимся изотопам), т/ГВт	Удельная избыточная наработка плутония, кг/(ГВт·год)
ВВЭР	170	245		
ВВЭР-С	135	219		
ВТГР	140			
ВВЭР-МОХ		711	2,7	
БН-1200			4,17	145
БР-К			5,0	56
БР-К (U)	1610 (стартовая загрузка)			50
БР-Р			2,83	345

Формирование структуры ядерных энергоисточников

Структурные варианты развития ядерной энергетики

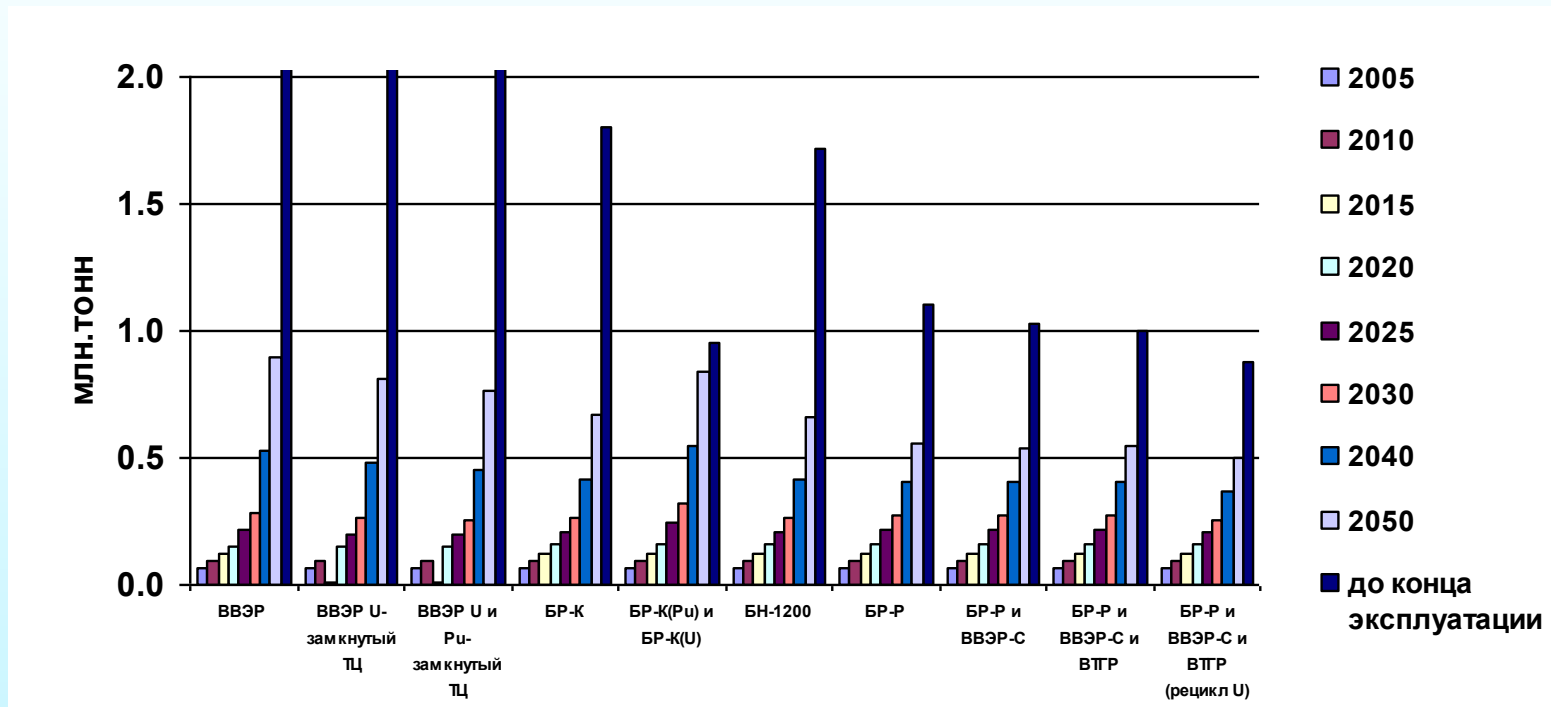


Открытый топливный цикл без переработки ОЯТ. Новое строительство – реакторы ВВЭР.



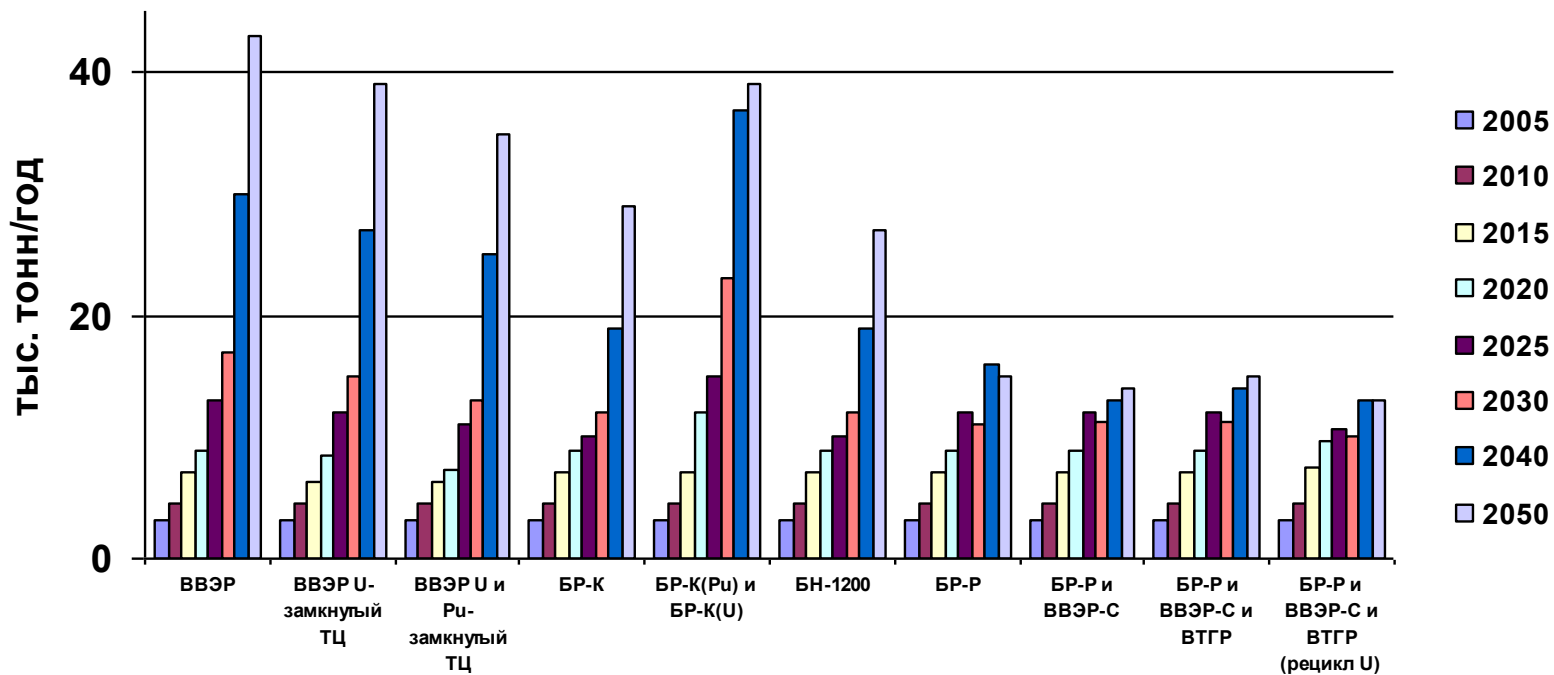
Замкнутый топливный цикл. Новое строительство – реакторы ВВЭР, быстрые реакторы БР-Р, с 2020 г. модернизированный ВВЭР-С с повышенным воспроизводством (до 0,8).

Формирование структуры ядерных энергоисточников



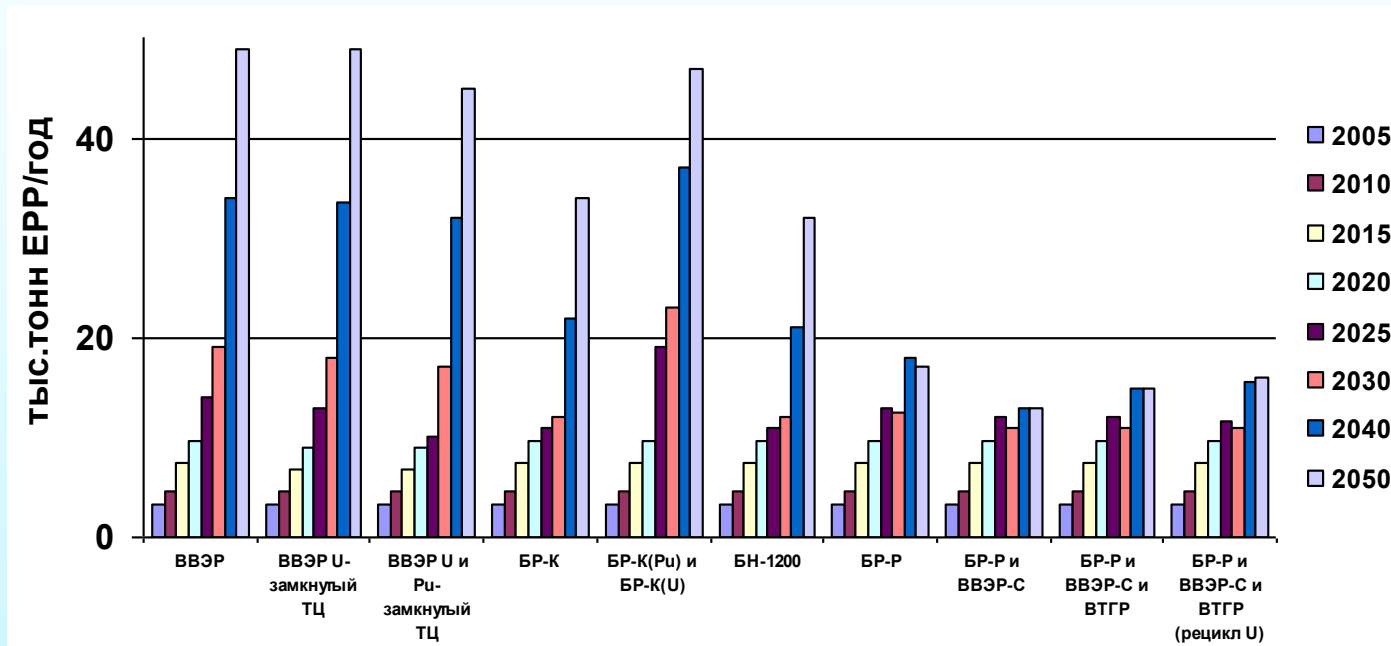
Интегральные потребности в природном уране

Формирование структуры ядерных энергоисточников



Годовое потребление природного урана

Формирование структуры ядерных энергоисточников



Годовой объем работ разделения

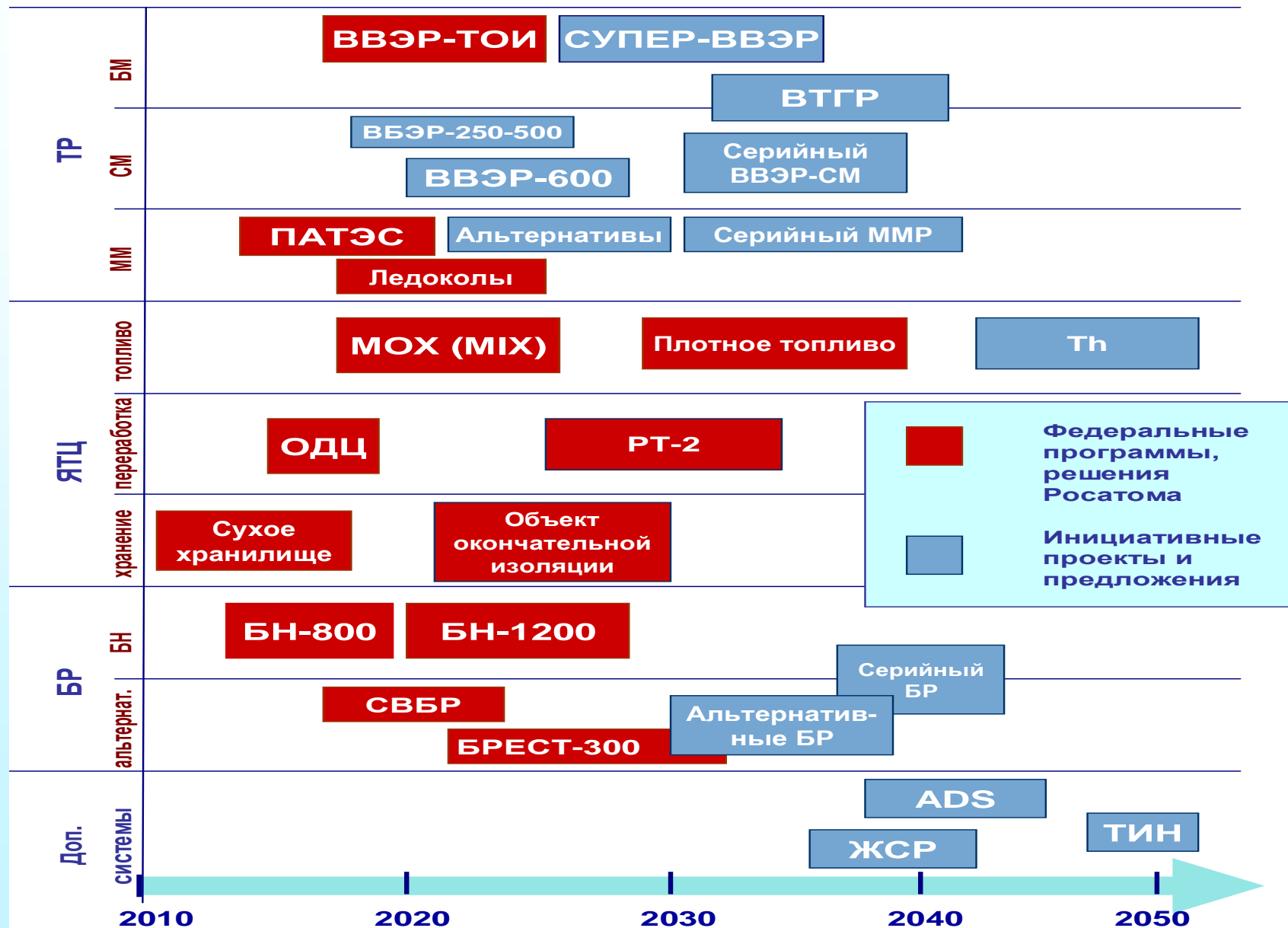
Существующие и перспективные реакторные технологии до середины 21 века

- БН – быстрые реакторы с натриевым теплоносителем;
- ВВЭР – эволюционное и инновационное развитие;
- Реакторы средней мощности для региональной энергетики и коммунального энергоснабжения на базе технологии ВВЭР и судового реакторостроения;
- Реакторы малой мощности для локального и местного энергоснабжения;
- Газоохлаждаемые реакторы для высокотемпературных промышленных технологий.

Альтернативные варианты ядерной энергетики

- **Быстрые реакторы с тяжелыми теплоносителями;**
- **Бесхимические бридеры;**
- **Электроядерные установки;**
- **Термоядерные источники нейтронов.**

Дорожная карта освоения ядерных технологий в России



Основные положения альтернативной концепции (отличие от предлагаемой)

- Отрицание перспективы развития энергетики на корпусных легководных реакторах и необходимость его целенаправленного сворачивания (ускоренный вывод ЛВР и ускоренный ввод БР с КВ ~ 1);
- Отрицание необходимости высокого воспроизводства в БР и достаточность масштабов ЯЭ до 2100 года, обеспечиваемых такими реакторами с КВ ~ 1 при располагаемых ресурсах урана.
- Использование в качестве базового условия формирования этой концепции – сооружение АЭС только с реактором «естественной безопасности».
- Отрицание многокомпонентной структуры ЯЭ (по назначению и типам реакторов).

Оценка этих положений

1. Неприемлемость использования в качестве базового условия выбора концепции: применение единственного решения - условно безопасного реактора (характеризуемого как «естественно безопасный») без практического подтверждения декларируемых характеристик.
2. Искусственное ограничение масштабов и областей применения ЯЭ не только в первой половине 21 века, но и за его пределами, и игнорирование уникальных возможностей воспроизводства ядерного топлива в БР при нереализуемости названных базовых целей в реальной практике будущих десятилетий.

Заключительные положения

1. Цели стратегии и базовые критерии выбора ядерных установок при формировании стратегии развития ЯЭ:
 - Практическая осуществимость;
 - Экономическая и потребительская приемлемость;
 - Минимизация угрозы распространения ядерного оружия;
 - Обеспечение ядерной безопасности гражданского применения.

Заключительные положения

2. Взвешенное сопоставление различных подходов и выбор практических путей и технических решений должны быть предметом формирования государственной стратегии развития ядерной энергетики, обеспечивающей реализацию принципиальных достоинств использования ядерной технологии в энергообеспечении, а также реальную гибкость и широкие возможности маневра в структуре ядерного топливного цикла и в преодолении экономических рисков при обязательном обеспечении ядерной безопасности и экологической приемлемости – в согласии с международными тенденциями и практическими подходами.