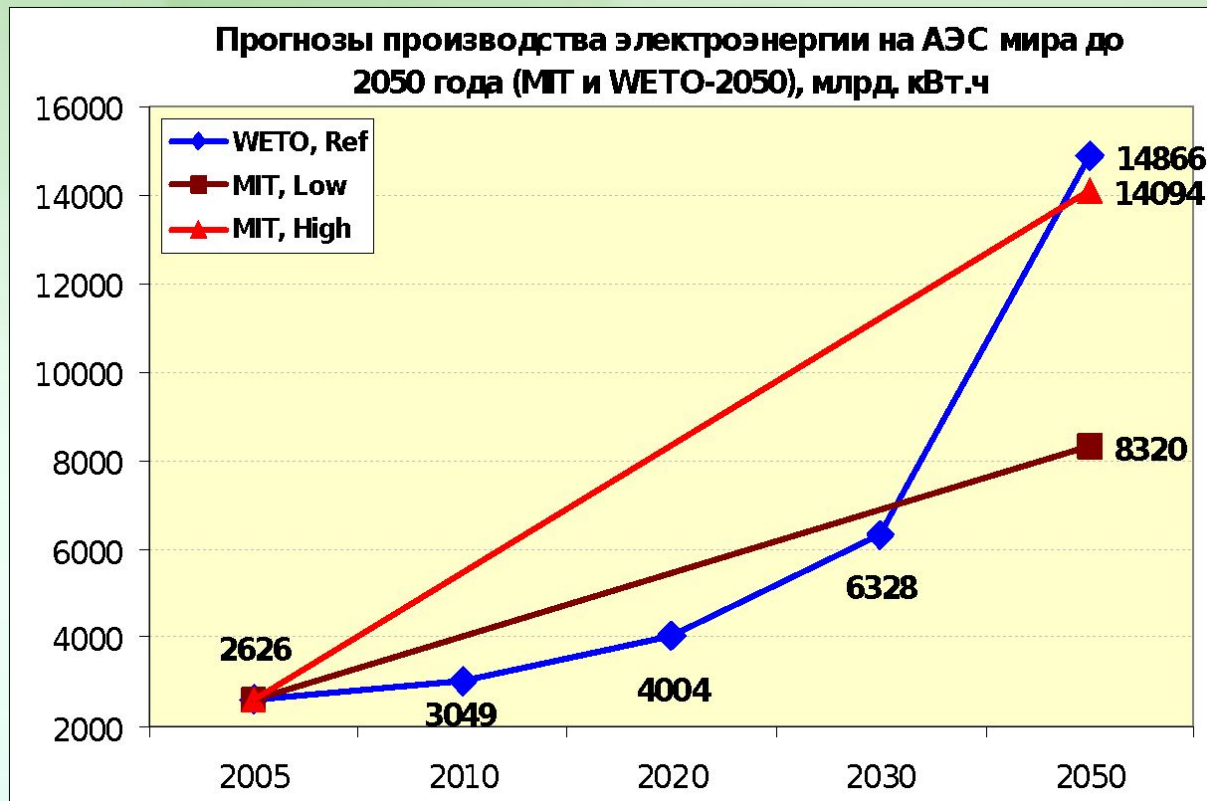


# ***Стратегия развития атомной энергетики России до 2050 года***

***Рачков В.И.,  
Директор Департамента научной политики  
Госкорпорации «Росатом»,  
доктор технических наук, профессор***

**АТОМСОН-2008  
26.06.2008**

# Мировые прогнозы развития атомной энергетики



- WETO - «World Energy Technology Outlook - 2050», European Commission, 2006
- «The Future of Nuclear Energy», Massachusetts Institute of Technology, 2003

- Выравнивание удельных энергопотреблений в развитых и развивающихся странах потребует увеличения спроса на энергоресурсы к 2050 г. в три раза.
- Существенную долю прироста мировых потребностей в топливе и энергии может взять на себя атомная энергетика, отвечающая требованиям крупномасштабной энергетике по безопасности и экономике.

# Состояние и ближайшие перспективы развития атомной энергетики мира

К концу 2007 года в 30-ти странах мира (в которых живут две трети населения планеты) действовали **439** ядерных энергетических реакторов общей установленной мощностью **372,2 ГВт(эл)**. Ядерная доля в электрической генерации в мире составила **17%**.

Страна	Кол-во реакторов, шт.	Мощность, МВт	Доля АЭ в произв. э/э, %
Франция	59	63260	76,9
Литва	1	1185	64,4
Словакия	5	2034	54,3
Бельгия	7	5824	54,1
Украина	15	13107	48,1
Швеция	10	9014	46,1
Армения	1	376	43,5
Словения	1	666	41,6
Швейцария	5	3220	40,0
Венгрия	4	1829	36,8
Корея, Юж.	20	17451	35,3
Болгария	2	1906	32,3
Чехия	6	3619	30,3
Финляндия	4	2696	28,9
Япония	55	47587	27,5
Германия	17	20470	27,3

Страна	Кол-во реакторов, шт.	Мощность, МВт	Доля АЭ в произв. э/э, %
США	104	100582	19,4
Тайвань (Китай)	6	4921	19,3
Испания	8	7450	17,4
Россия	31	21743	16,0
Великобритания	19	10222	15,1
Канада	18	12589	14,7
Румыния	2	1300	13,0
Аргентина	2	935	6,2
ЮАР	2	1800	5,5
Мексика	2	1360	4,6
Нидерланды	1	482	4,1
Бразилия	2	1795	2,8
Индия	17	3782	2,5
Пакистан	2	425	2,3
Китай	11	8572	1,9
<b>Итого</b>	<b>439</b>	<b>372202</b>	<b>17,0</b>

- в **12** странах строятся **30** ядерных энергоблоков общей мощностью **23,4 ГВт(эл)**.
- около **40** стран официально заявили о намерениях создать ядерный сектор в своей национальной энергетике.

# Двухэтапное развитие атомной энергетики

1. Энергетика на тепловых реакторах и накопление в них плутония для запуска и параллельного освоения быстрых реакторов.
2. Развитие на основе быстрых реакторов крупномасштабной АЭ, постепенно замещающей традиционную энергетику на ископаемом органическом топливе.

**Стратегической целью** развития АЭ являлось овладение на основе быстрых реакторов неисчерпаемыми ресурсами дешевого топлива – урана и, возможно, тория.

**Тактической задачей** развития АЭ было использование тепловых реакторов на U-235 (освоенных для производства оружейных материалов, плутония и трития, и для атомных подводных лодок) с целью производства энергии и радиоизотопов для народного хозяйства и накопления энергетического плутония для быстрых реакторов.

# Атомная отрасль России

В настоящее время отрасль включает в себя:

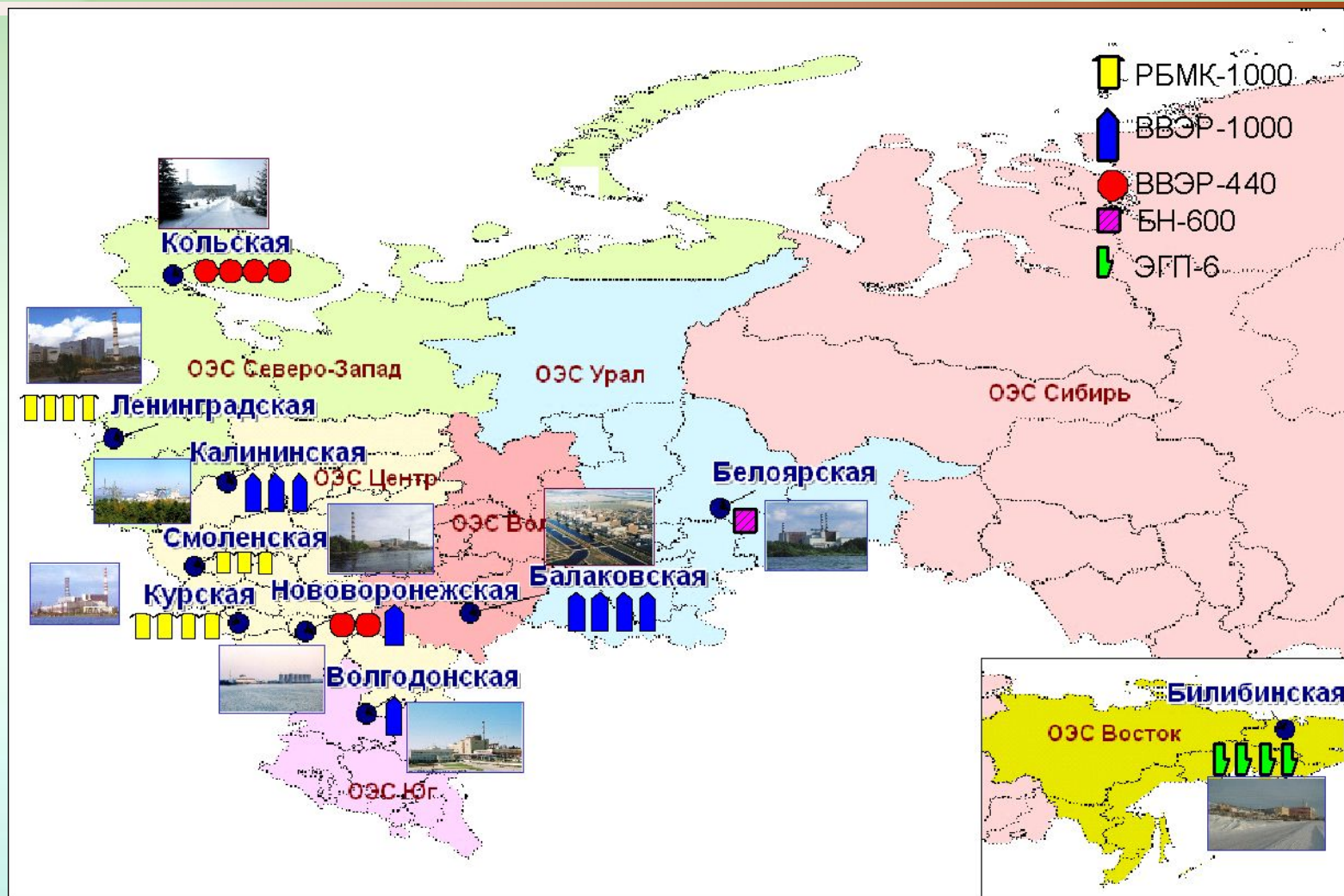
1. Ядерно-оружейный комплекс **(ЯОК)**.
2. Комплекс по обеспечению ядерной и радиационной безопасности **(ЯРБ)**.
3. Ядерный энергетический комплекс **(ЯЭК)**:
  - ядерно-топливный цикл;
  - атомная энергетика.
4. Научно-технический комплекс **(НТК)**.

**Госкорпорация «РОСАТОМ» призвана обеспечить единство системы управления** в целях синхронизации программ развития отрасли с системой внешних и внутренних приоритетов России.

**Основная задача ОАО «Атомэнергпром»** - формирование глобальной компании, успешно конкурирующей на ключевых рынках.

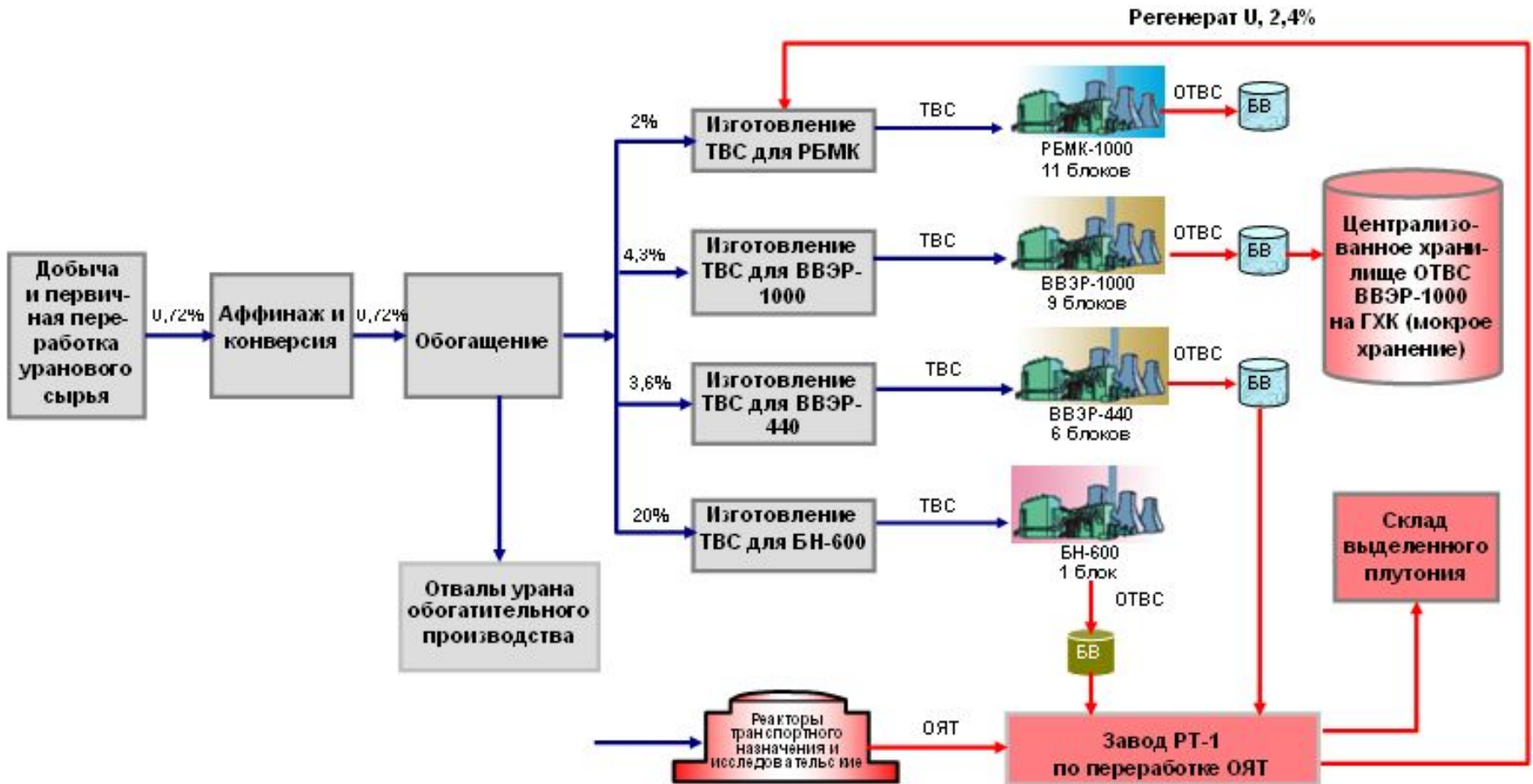


# АЭС России в 2008 году



- ❑ В 2008 году работают **10 АЭС (31 энергоблок)** мощностью – **23,2 ГВт**.
- ❑ В 2007 году АЭС произвели **158,3 млрд.кВт.ч** электроэнергии.
- ❑ Доля АЭС: в общем производстве электроэнергии – **15,9%** (в европейской части – **29,9%**); в общей установленной мощности - **11,0%**. 6

# ЯЭК: Ядерно-топливный цикл



# Недостатки современной ядерной энергетики

1. Открытый ЯТЦ тепловых реакторов - ограниченный топливный ресурс и проблема обращения с ОЯТ.
  2. Большие капитальные затраты на сооружение АЭС.
  3. Ориентация на энергоблоки большой единичной мощности с привязкой к электросетевым узлам и крупным электропотребителям.
  4. Низкая способность АЭС к маневру мощностью.
- ❑ В настоящее время в мире нет определенной стратегии обращения с ОЯТ тепловых реакторов (к 2010 г. Будет накоплено более **300 000 тонн ОЯТ**, с ежегодным приростом **11 000-12 000 тонн ОЯТ**).
  - ❑ В России накоплено **~14 000 тонн ОЯТ** суммарной радиоактивностью **~4,6 млрд. Ки** с ежегодным приростом **850 тонн ОЯТ**.
  - ❑ Необходим переход на сухой способ хранения ОЯТ.

Переработку основной массы облученного ядерного топлива целесообразно отложить до начала серийного строительства быстрых реакторов нового поколения.



# Проблемы обращения с РАО и ОЯТ

- ❑ Тепловой реактор мощностью **1 ГВт** производит в год **~800 тонн** низко- и среднеактивных РАО и **30 тонн** высокоактивного ОЯТ.
- ❑ Высокоактивные отходы, занимая по объему менее **1%**, по суммарной активности занимают **99%**.
- ❑ Ни одна из стран не перешла к использованию технологий, позволяющих решить проблему обращения с облученным ЯТ и радиоактивными отходами.
- ❑ Тепловой реактор электрической мощностью **1 ГВт** производит ежегодно **~200 кг** плутония. Скорость накопления плутония в мире составляет **~70 т/год**.
- ❑ Основным международным документом, регулирующим использование плутония, является **Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО)**. Для усиления режима нераспространения необходима его технологическая поддержка.

# Направления стратегии в области атомного машиностроения

- ❑ Достройка производства критических элементов технологии ЯСПП на российских предприятиях, полностью или частично входящих в структуру Госкорпорации «РОСАТОМ».
- ❑ Создание альтернативных нынешним монополистам поставщиков основного оборудования. **По каждому типу оборудования предполагается сформировать не менее двух возможных производителей.**
- ❑ Необходимо **формирование тактических и стратегических альянсов** Госкорпорации «РОСАТОМ» с основными участниками рынка.

# Требования к крупномасштабным энерготехнологиям

- ❑ Крупномасштабная энерготехнология не должна зависеть от естественной неопределенности, связанной с добычей ископаемого топливного сырья.
- ❑ Процесс «сжигания» топлива должен быть безопасным.
- ❑ Локализуемые отходы должны быть физически и химически не более активны, чем исходное топливное сырье.

При умеренном росте установленной мощности АЭ ядерная энергетика будет развиваться в основном на тепловых реакторах с незначительной долей быстрых реакторов.

В случае интенсивного развития ядерной энергетики решающую роль в ней станут играть быстрые реакторы.

# Ядерная энергетика и риск распространения ядерного оружия

- Элементы ядерной энергетики, определяющие риск распространения ядерного оружия:
  - Разделение изотопов урана (обогащение).
  - Выделение плутония и/или U-233 из облученного топлива.
  - Долговременное хранение облученного топлива.
  - Хранение выделенного плутония.
- Новая ядерная технология не должна приводить к открытию новых каналов получения оружейных материалов и использованию ее для подобных целей.
- **Развитие ядерной энергетики на быстрых реакторах с соответствующим образом построенным топливным циклом создает условия для постепенного снижения риска распространения ядерного оружия.**



# Развитие атомной энергетики России до 2020 года

**ИТОГО к 2020 году:**

**Установленная мощность АЭС**

**Энерговыработка**

**Ввод: 32,1 ГВт**

(обязательная программа)

**Плюс 6,9 ГВт**

(дополнительная программа)

**Вывод: 3,7 ГВт**

-красной линией ограничено количество энергоблоков с гарантированным (ФЗП) финансированием

-синей линией обозначена обязательная программа ввода энергоблоков

обязательная программа

~ 51,6 ГВт

~ 384 ТВт.ч

дополнительная программа

57,4 ГВт

427 ТВт.ч

**Действующие блоки - 58**

**Остановленные блоки - 10**



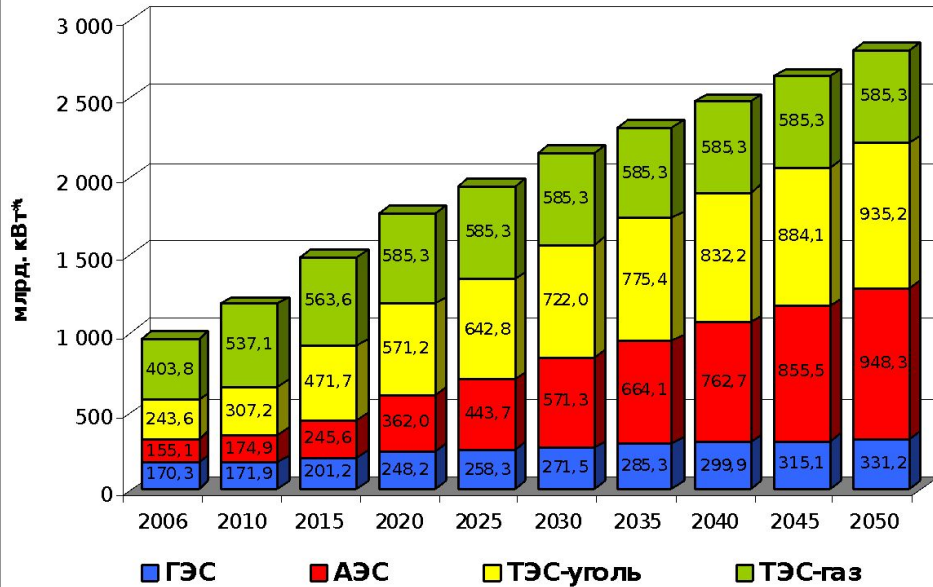
Штатный коэффициент должен уменьшаться от современных **1,5 чел/МВт** до **0,3-0,5 чел/МВт**.

# Переход к новой технологической платформе

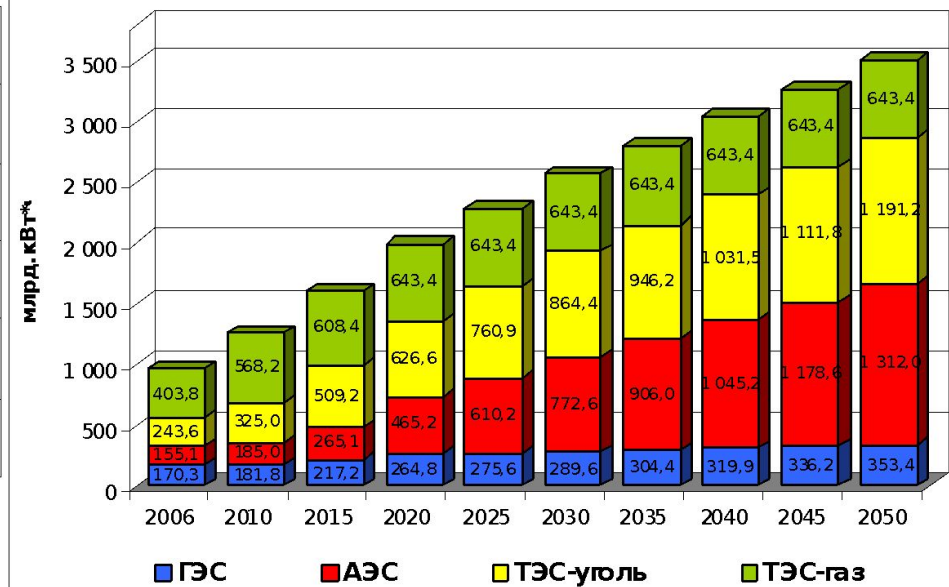
- ❑ Ключевым элементом НТП является развитие технологии ЯСПП с реактором на быстрых нейтронах.
- ❑ Концепция «БЕСТ» с нитридным топливом, равновесным КВ, и тяжелометаллическим теплоносителем является наиболее перспективным выбором для создания базы новой ядерной энерготехнологии.
- ❑ Страшущим проектом является промышленно освоенный быстрый реактор на натриевом теплоносителе (БН). В силу проблем с масштабированием данный проект является менее перспективным, чем «БЕСТ», на его основе предполагается отработка новых видов топлива и элементов замкнутого ЯТЦ.
- ❑ **Принцип внутренне присущей безопасности:**
  - детерминистическое исключение тяжелых реакторных аварий и аварий на предприятиях ядерного топливного цикла;
  - трансмутационный замкнутый ядерный топливный цикл с фракционированием продуктов переработки ОЯТ;
  - технологическую поддержку режима нераспространения.

# Возможная структура энергогенерации к 2050 году

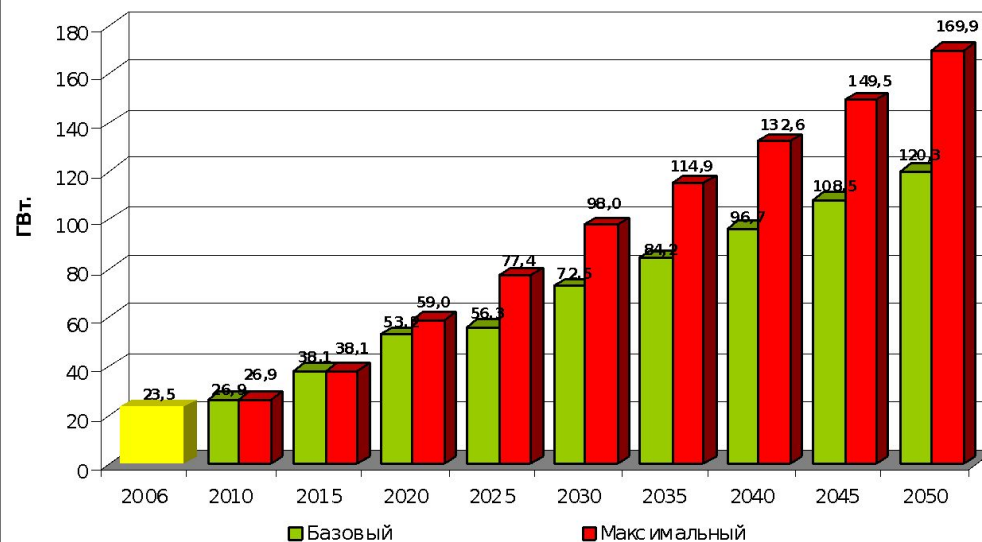
Динамика и структура производства электроэнергии для базового варианта



Динамика и структура производства электроэнергии для максимального варианта



Динамика установленной мощности АЭС



Доля АЭ в ТЭК по выработке - 40%

Доля АЭ в ТЭК по выработке - 35%

# Периоды развития ядерных технологий в XXI веке

## 1. Мобилизационный период:

- модернизация и повышение эффективности использования установленных мощностей, достройка энергоблоков, эволюционное развитие реакторов и технологий топливного цикла с их внедрением в промышленную эксплуатацию,
- разработка и опытная эксплуатация инновационных технологий для АЭС и топливного цикла.

## 2. Переходный период:

расширение масштабов атомной энергетики и освоение инновационных технологий реакторов и топливного цикла, (быстрые реакторы, высокотемпературные реакторы, реакторы для региональной энергетики, замкнутый уран-плутониевый и торий-урановый цикл, использование полезных и выжигание опасных радионуклидов, долговременная геологическая изоляция отходов, производство водорода, опреснение воды).

## 3. Период развития:

развертывание инновационных ядерных технологий, формирование многокомпонентной ядерной и атомно-водородной энергетики. 16



## Краткосрочные задачи (2009-2015 гг.)

**Формирование технической базы для решения проблемы энергообеспечения страны на освоенных реакторных технологиях с безусловным развитием инновационных технологий:**

- ❑ Повышение эффективности, модернизация, продление срока службы действующих реакторов, достройка энергоблоков.
- ❑ Обоснование работы реакторов в режиме маневренности и разработка систем поддержания работы АЭС в базовом режиме.
- ❑ Сооружение энергоблоков следующего поколения, включая АЭС с БН-800 с одновременным созданием пилотного производства МОХ топлива.
- ❑ Разработка программ регионального атомного энергоснабжения на базе АЭС малой и средней мощности.
- ❑ Развертывание программы работ по замыканию ЯТЦ по урану и плутонию для решения проблемы неограниченного топливообеспечения и обращения с РАО и ОЯТ.
- ❑ Развертывание программы использования ядерных энергоисточников для расширения рынков сбыта (теплофикация, теплоснабжение, производство энергоносителей, опреснение морской воды).
- ❑ Сооружение энергоблоков в соответствии с Генсхемой.

## Среднесрочные задачи (2015-2030 гг.)

**Расширение масштабов атомной энергетики и освоение инновационных технологий реакторов и топливного цикла:**

- ❑ Сооружение энергоблоков в соответствии с Генсхемой.
- ❑ Разработка и внедрение инновационного проекта ВВЭР третьего поколения.
- ❑ Вывод из эксплуатации и утилизация энергоблоков первого и второго поколений и замещение их установками третьего поколения.
- ❑ Формирование технологической базы для перехода к крупномасштабной ядерной энергетике.
- ❑ Развитие радиохимического производства по переработке топлива.
- ❑ Опытная эксплуатация демонстрационного блока АЭС с быстрым реактором и производствами топливного цикла с внутренне присущей безопасностью.
- ❑ Опытная эксплуатация прототипного блока ГТ-МГР и производство топлива для него (в рамках международного проекта).
- ❑ Сооружение объектов малой энергетики, включая стационарные и плавучие энергетические и опреснительные станции.
- ❑ Разработка высокотемпературных реакторов для производства водорода из воды.

## Долгосрочные задачи (2030-2050 гг.)

Развертывание инновационных ядерных технологий, **формирование многокомпонентной ядерной и атомно-водородной энергетики:**

- ❑ Создание инфраструктуры крупномасштабной ядерной энергетики на новой технологической платформе.
- ❑ Сооружение демонстрационного блока АЭС с тепловым реактором с торий-урановым циклом и его опытная эксплуатация.

**Переход к крупномасштабной ядерной энергетике требует широкого международного сотрудничества на государственном уровне. Необходимы совместные разработки, ориентированные на нужды как национальной, так и мировой энергетики.**

**Спасибо за внимание!**



# ЯЭК: Ядерно-топливный цикл

