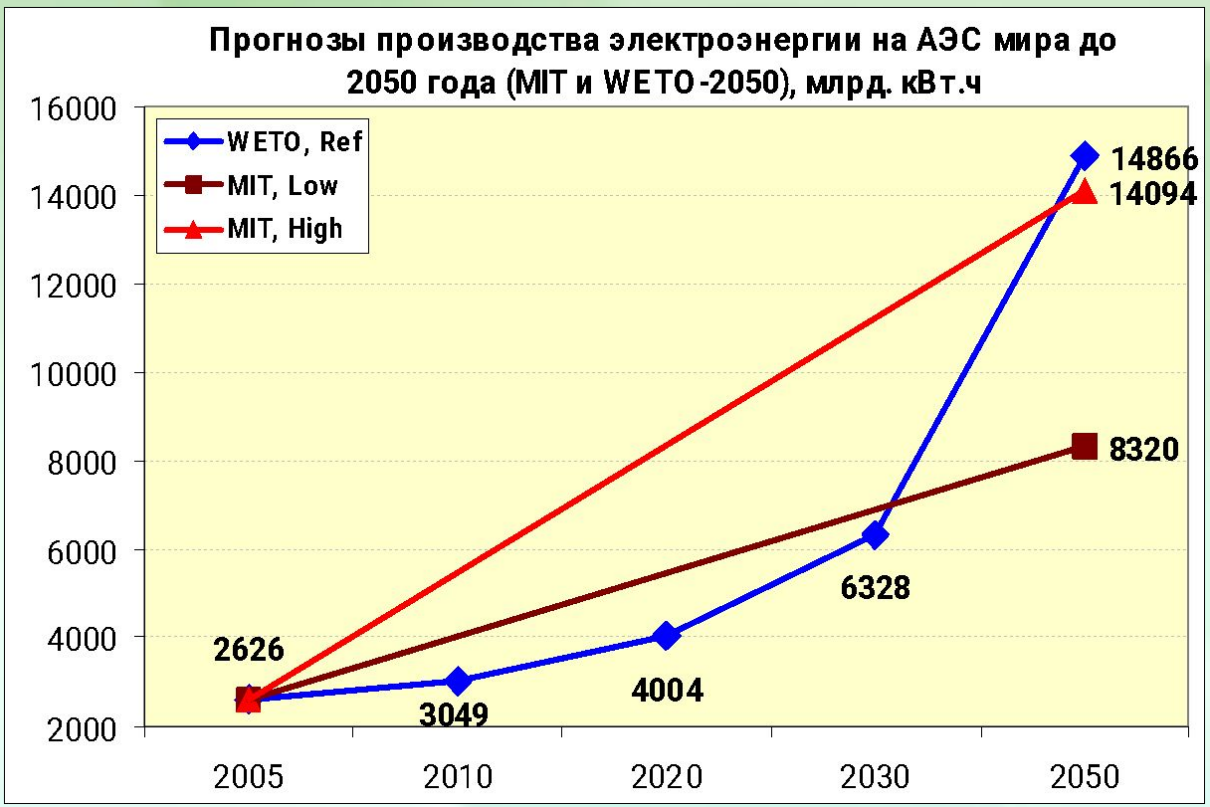
Стратегия развития атомной энергетики России до 2050 года

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

ATOMCON-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 <u>три раза</u>.
- Существенную долю прироста мировых потребностей в топливе и энергии может взять на себя атомная энергетика, отвечающая требованиям крупномасштабной энергетики 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
Итого	**439**	**372202**	**17,0**

- в **12** странах строятся **30** ядерных энергоблоков общей мощностью **23,4 ГВт(э)**.
- 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

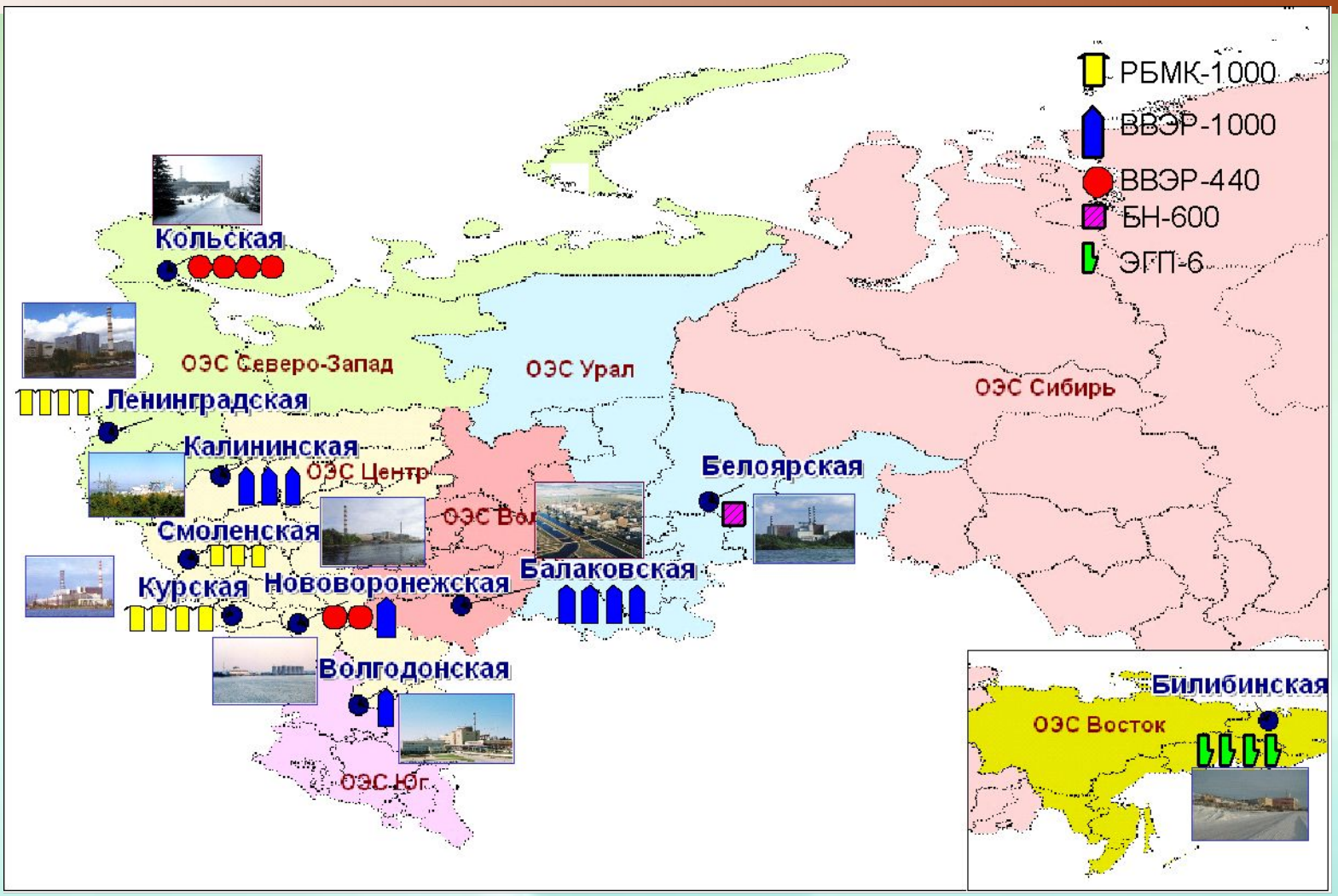
В настоящее время отрасль включает в себя:

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.

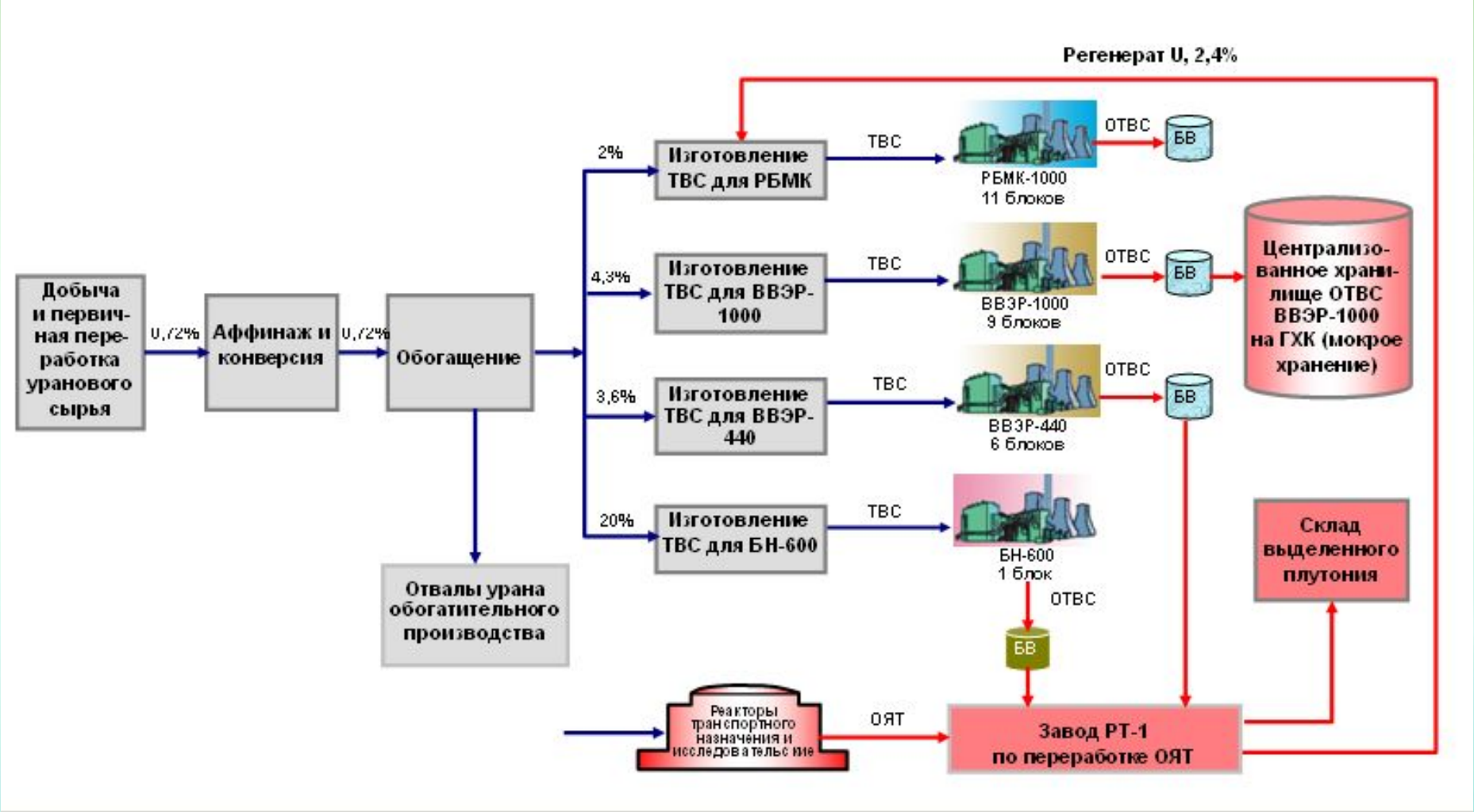
Основная задача ОАО «Атомэнергопром» - формирование глобальной компании, успешно конкурирующей на ключевых рынках.

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%.

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 ежегождным 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:

	обязательная программа	дополнительная программа
Установленная мощность АЭС	~ 51,6 ГВт	57,4ГВт
Энерговыработка	~ 384 ТВт.ч	427 ТВт.ч

Действующие блоки - 58

Остановленные блоки - 10

Ввод: 32,1 ГВт
(обязательная программа)

Плюс 6,9 Гвт
(дополнительная программа)

Вывод: 3,7 ГВт

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

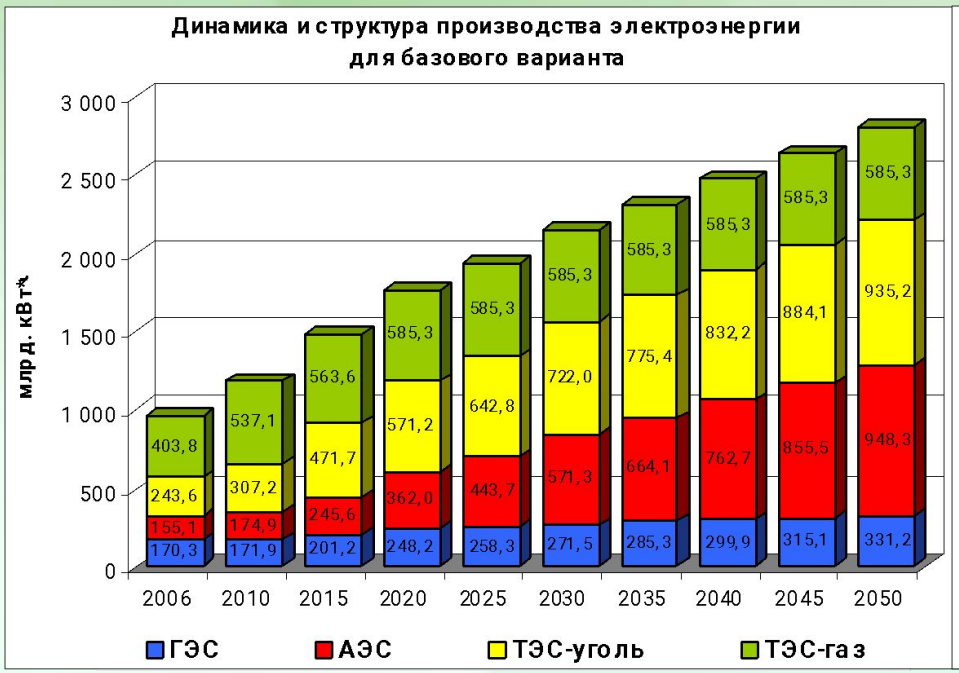
-синей линией обозначена обязательная программа ввода энергоблоков

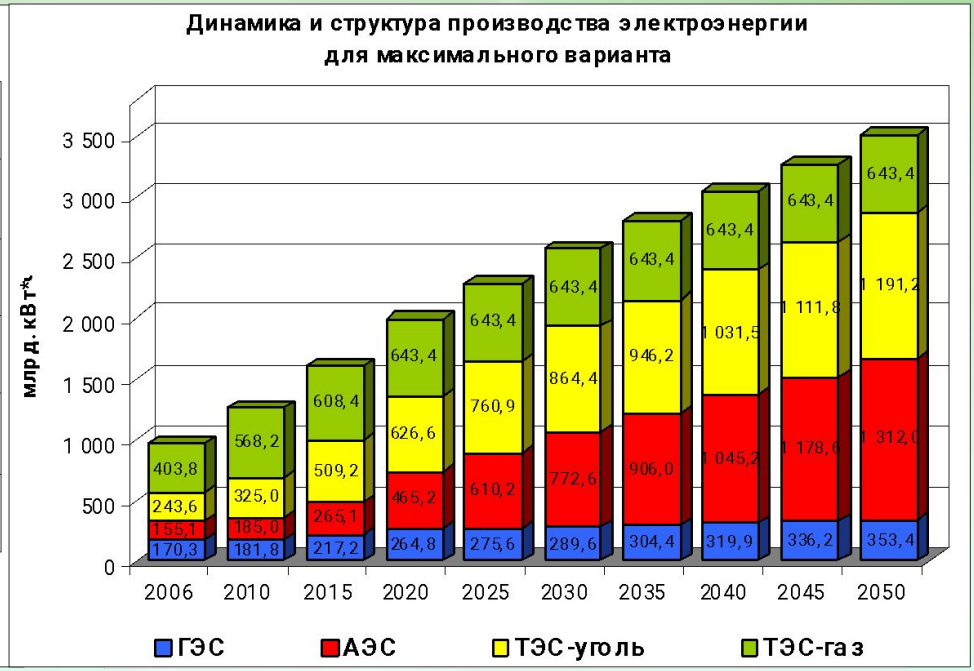
Штатный коэффициент должен уменьшаться от современных 1,5 чел/МВт до 0,3-0,5 чел/МВт.

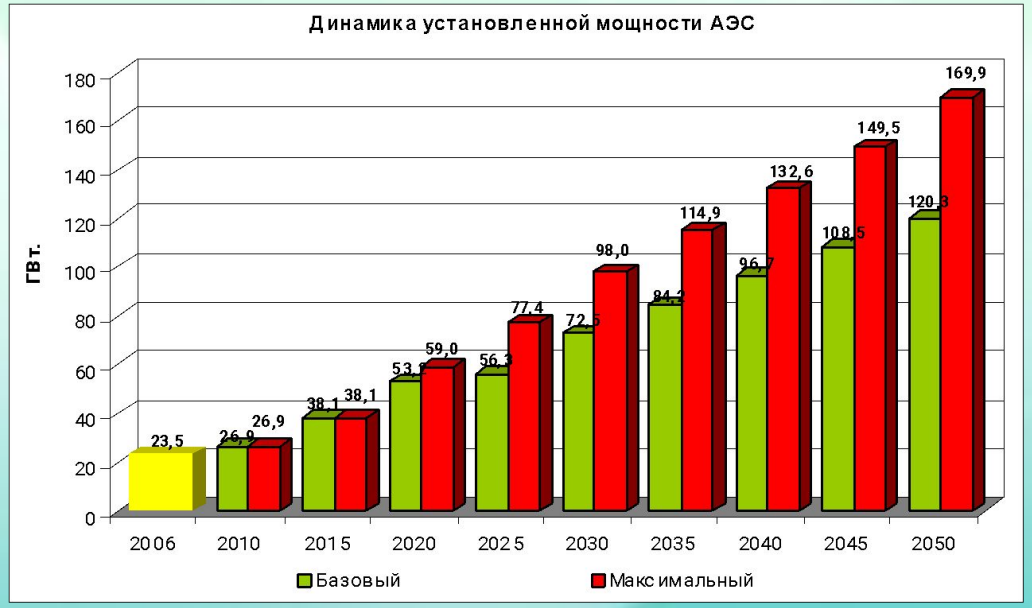
Переход к новой технологической платформе

- Ключевым элементом НТП является развитие технологии ЯСПП с реактором на быстрых нейтронах.
- **Концепция «Б*Е*СТ» с нитридным топливом, равновесным КВ, и тяжелометаллическим теплоносителем является наиболее перспективным выбором для создания базы новой ядерной энерготехнологии.**
- **Страхующим проектом является промышленно освоенный быстрый реактор на натриевом теплоносителе (БН)**. В силу проблем с масштабированием данный проект является менее перспективным, чем **«Б*Е*СТ»**, 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







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.**

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 соответствие с Генсхемой.

Среднесрочные задачи (2015-2030 гг.)

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

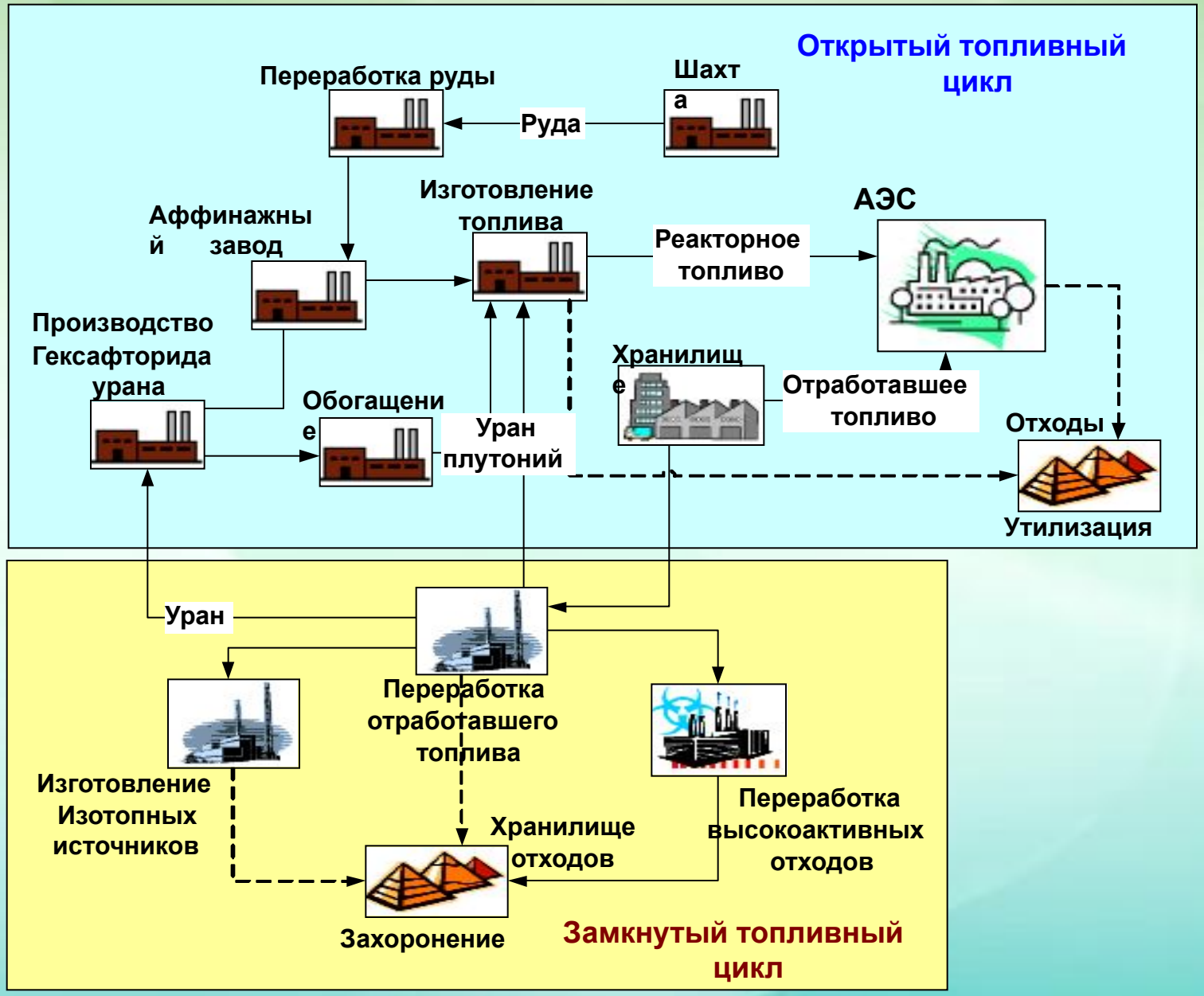
- Сооружение энергоблоков в соответствие с Генсхемой.
- Разработка и внедрение инновационного проекта ВВЭР третьего поколения.
- Вывод из эксплуатации и утилизация энергоблоков первого и второго поколений и замещение их установками третьего поколения.
- Формирование технологической базы для перехода 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