



**РОСАТОМ**

## **Club de Nice. Energy in Europe and in the world: crisis or mutation?**

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

# **Перспективы развития ядерной энергетики России**

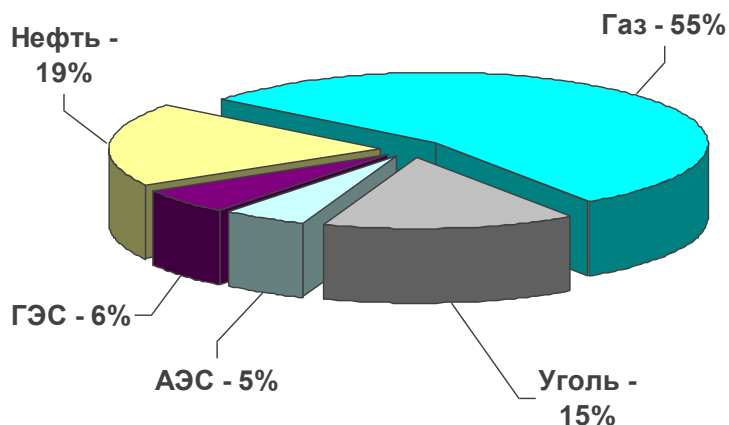
**Каграманян В.С.**

Советник генерального директора  
Физико-энергетический институт  
Обнинск

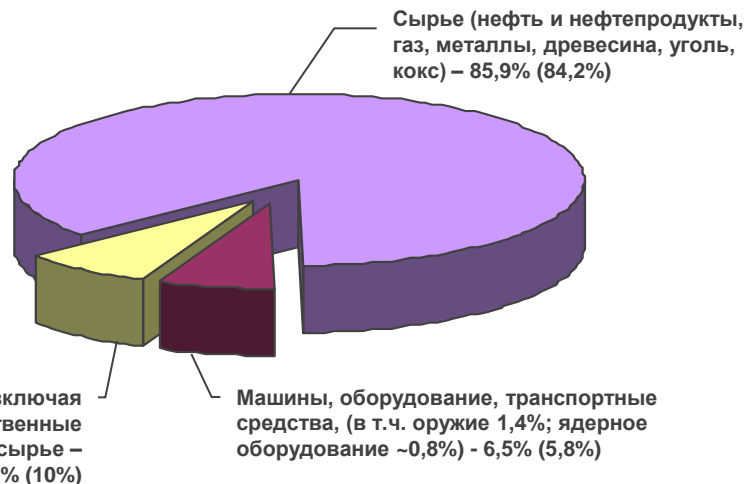
**Nice 3 - 5 December 2012.**

- 1. Движущие факторы и проблемы развития ЯЭ России**
- 2. Российские требования к ядерным энерготехнологиям нового поколения (ЯЭНП)**
- 3. Федеральная Целевая Программа по созданию ЯЭНП. Проект Прорыв.**

- **Сбережение ценных углеводородных ресурсов для экспорта и внеэнергетического пользования**
- **Повышение доли высокотехнологичных и наукоёмких продуктов в ВВП и в экспорте России**
- **Вклад России в решение глобальной проблемы CO<sub>2</sub>**



**Подавляющая доля органического топлива в структуре энергопотребления**



**Подавляющая доля сырья в структуре экспорта**

**33 реактора общей мощностью 24 MWe, производят около 17% потребляемой в стране электроэнергии:**

- **6 водо-водяных реакторов ВВЭР-440,**
- **11 новых поколений ВВЭР-1000 с контейнментом,**
- **13 уникальных водо-графитовых реакторов РБМК,**
- **4 реактора малой мощности в Билибино,**
- **1 быстрый натриевый реактор БН-600,**

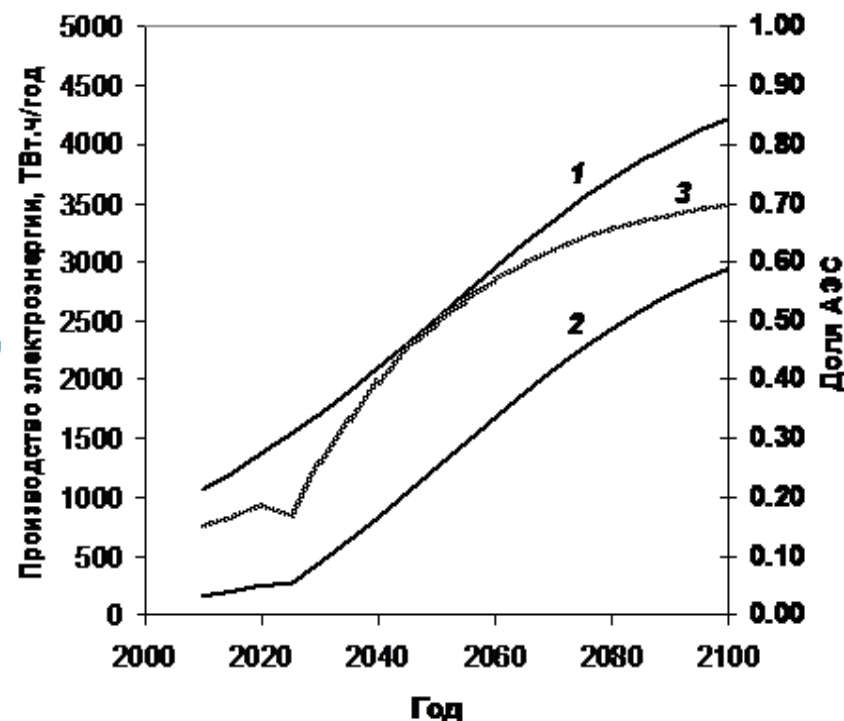
**В июле 2012 опубликован проект плана Министерства энергетики - ввести до 2020 ещё 10 АЭС – это в основном строящиеся станции, включая Калининскую 4.**

**Предполагается, что с учетом вывода старых АЭС мощность ЯЭ в России к 2020 достигнет 30.5 GWe.**

# Перспективы ЯЭ в России



- В соответствии с ЭС-2030 мощность АЭС планируется увеличить к 2030 году до 52-62 ГВт, с покрытием до 30% электроэнергии в стране
- К концу века возможен рост до 350 ГВт (включая экспорт), с покрытием до 70% электроэнергии в стране



Ориентиры производства электроэнергии в России:  
1 - полный спрос,  
2 - выработка на АЭС,  
3 - доля АЭС

# Развитие ЯЭ в период до 2030 г. на базе усовершенствованных ВВЭР

---



Росатом разрабатывает новый проект «ВВЭР-ТОИ» единичной мощностью 1200-1300 МВт.

При проектировании «ВВЭР-ТОИ» учитывались современные требования в области безопасности и тенденции развития строительной индустрии.

В настоящее время работа над проектом подходит к плановому завершению.

Оценка проекта «ВВЭР-ТОИ» показывает, что по совокупности потребительских качеств проект вполне конкурентоспособен.

# Проблемы создания крупномасштабной ЯЭ на базе ТР



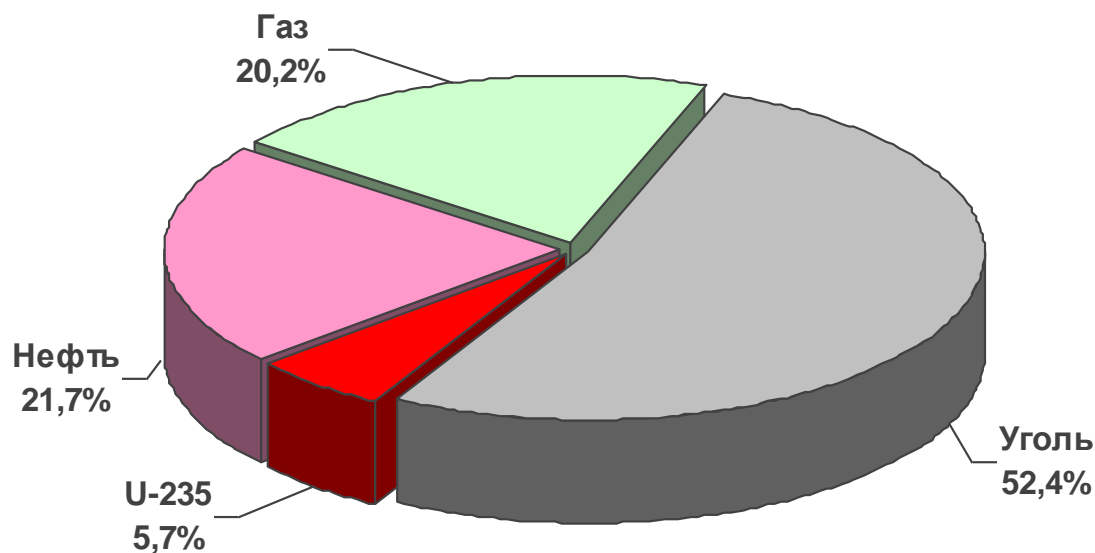
**ВВЭР-ТОИ могут обеспечить прогнозируемые мощности ЯЭ до 2030 года, однако присущие проблемы тепловым реакторам (ТР) ограничивают их роль в решении проблем энергообеспечения устойчивого развития страны и мира в целом:**

- **Обращение с ОЯТ и РАО** остаётся одной из наиболее болезненных проблем современной ЯЭ;
- **Использование технологий по обогащению урана, а также накопление плутония** в хранилищах ОЯТ в неядерных странах обуславливают риски распространения ;
- **Экономически приемлемые запасы природного делящегося урана-235 не велики** – в несколько раз меньше запасов природного газа и на порядок меньше запасов угля;
- **Повышение уровня безопасности АЭС с ТР** приводит к снижению их уровня конкурентоспособности.



# Относительный энергетический потенциал природных ресурсов мира

Системная проблема современной ЯЭ - низкая эффективность использования добываемого природного урана. Основа топлива ТР - это делящийся уран-235, содержание которого в добываемом природном уране всего 0.7%.



**Снятие системных ограничений ЯЭ и значительное увеличение потенциальной её роли в решении проблем устойчивого развития России видится на пути освоения ядерных энерготехнологий нового поколения (ЯЭНП) – быстрых реакторов (БР) и замкнутого топливного цикла (Стратегия 2000)**

**Этот вывод подтвержден в рамках международных проектов Форум Генерация 4 и ИНПРО/МАГАТЭ**

1. Исключение аварий, требующих эвакуации, а тем более отселения населения, а также выводящих из хозяйственного использования значительные территории;
2. Полное использование энергетического потенциала добываемого сырья;
3. Обращение ядерных материалов в топливном цикле с сохранением природного радиационного баланса;
4. Технологическое усиление режима нераспространения ядерного оружия;
5. Обеспечение конкурентоспособности ядерной энергетики в сравнении с другими видами энергогенерации.

# Меры по обеспечению экологической безопасности

---



- Отказ от прямого захоронения ОЯТ,
- Отказ от сжигания плутония в тепловых реакторах;
- Полное замыкание ЯТЦ с многократным рециклом опасных долгоживущих актинидов и части продуктов деления в составе регенерированного топлива быстрых реакторов;
- Развитие ЯЭ преимущественно на базе быстрых реакторов;

# Меры по технологической поддержке нераспространения

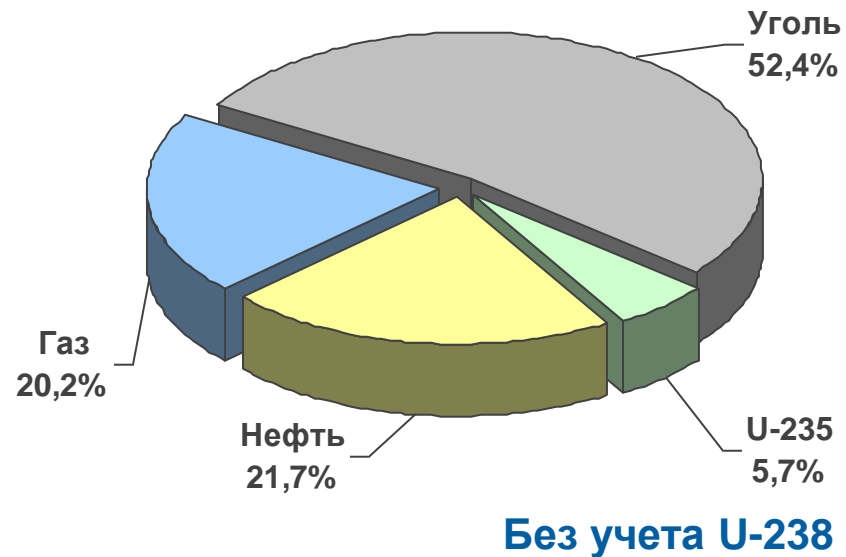
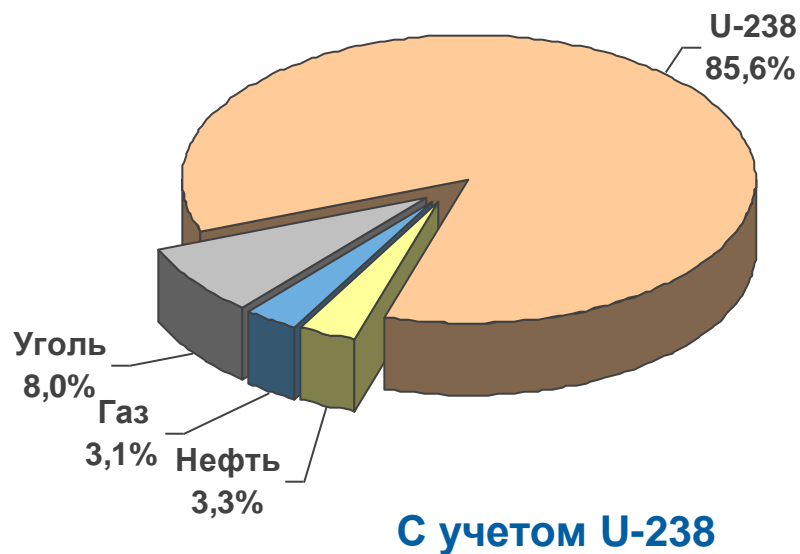
---



- Отказ от хранения ОЯТ;
- Отказ от выделения при переработке ОЯТ чистого плутониями и переход к работе с «грязным» топливом;
- Создание пристанционного ядерного топливного цикла (ПЯТЦ) для минимизации количества хранимых ядерных материалов (ЯМ) и устранения дальнего транспорта ОЯТ
- Отказ от технологии обогащения урана.

# Потенциальные достоинства ЯЭ с БР

1. Замыкание топливного цикла позволяет сменить сырьевую базу ЯЭ с ограниченного урана-235 (0.7% природного урана) на практически неограниченный уран-238 (99.3%).



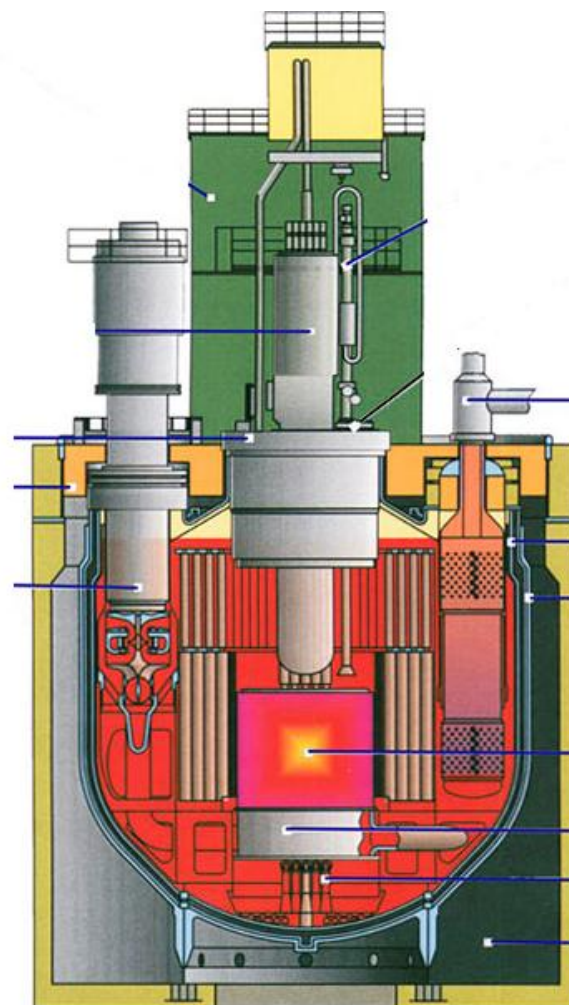
2. ЯЭ с БР позволяет вовлечь в процесс энергопроизводства не только U, но и громадные ресурсы Th-232, путем наработки из него в экранах БР искусственного делящегося U-233.

# Россия на сегодня – мировой лидер в освоении технологий БР

В стране 30 лет на БАЭС успешно работает единственный на сегодня в мире опытно - промышленный быстрый реактор БН-600 с натриевым теплоносителем мощностью 600 МВт(э).

На основе этого уникального опыта:

- разработан и строится прототипный быстрый реактор БН-800, мощностью 880 МВт(э); (2014)
- проектируется коммерчески быстрый реактор БН мощностью 1200 МВт(э).

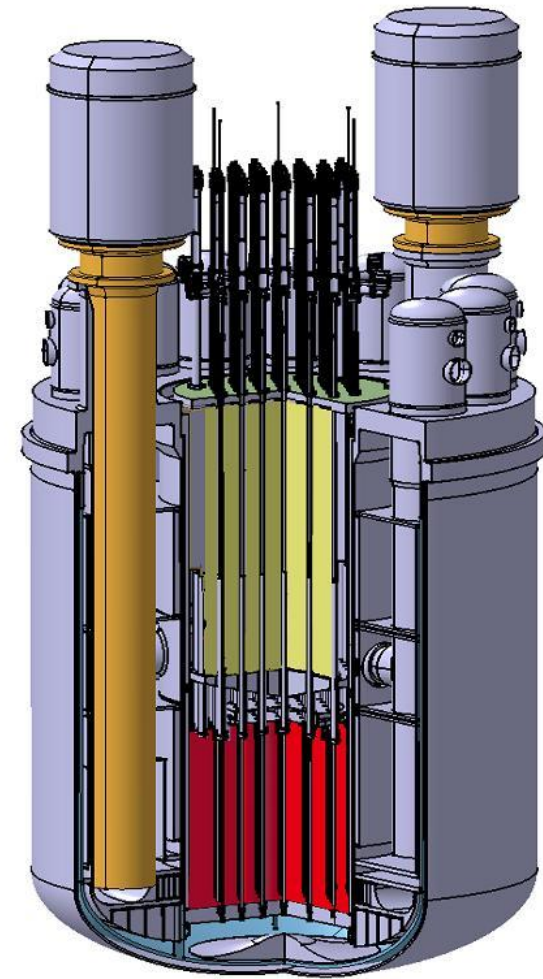


БН-800

# Россия - мировой лидер в освоении технологий БР (2)

В стране накоплен многолетний опыт эксплуатации реакторной установки со свинцово - висмутовым теплоносителем на атомной подводной лодке.

На основе этого опыта сегодня в рамках государственно-частного партнерства разрабатывается проект быстрого реактора СВБР - 100 мощностью 100 МВт(э) для многоцелевого использования в региональной энергетике.



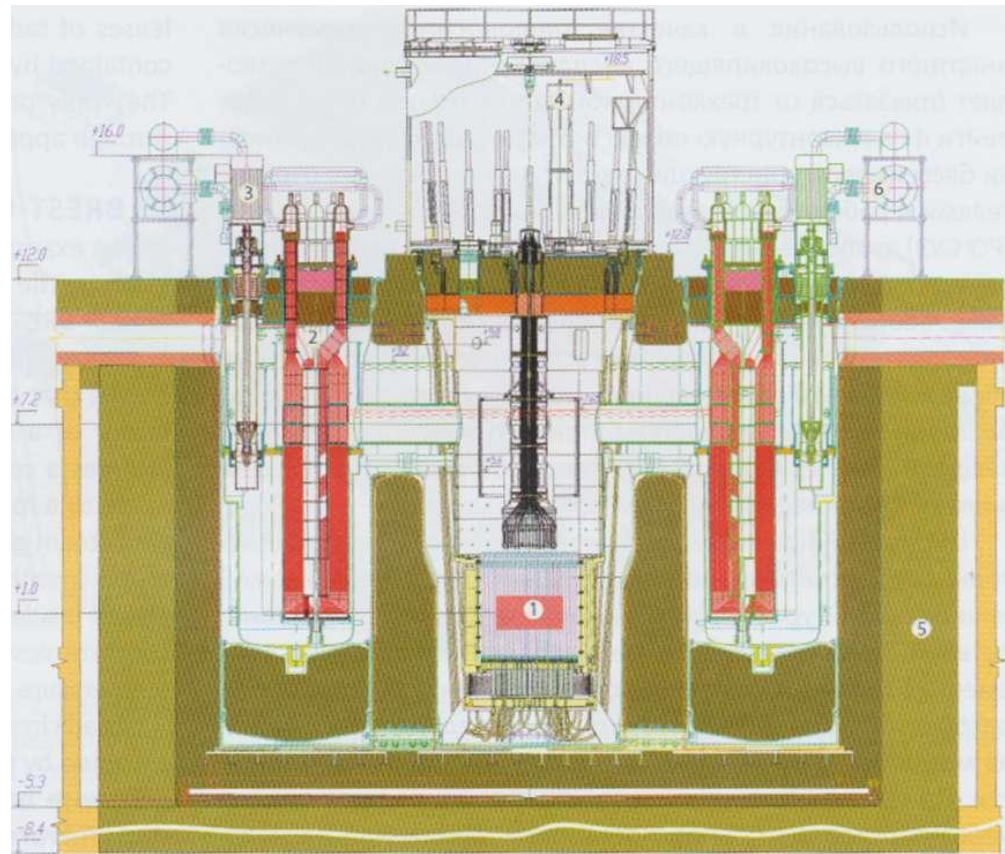
СВБР-100



# Россия - мировой лидер в освоении технологий БР (3)

Кроме того в России ведутся исследования по созданию БР на свинцовом теплоносителе.

Использование в высококипящего радиационностойкого, слабо активируемого свинцового теплоносителя, инертного при контакте с водой и воздухом, не требует высокого давления в контуре и исключает аварии с пожарами и взрывами.



Реактор БРЕСТ-ОД-300:

# Российские технологии замыкания ядерного топливного цикла



В нашей стране разработаны и продемонстрированы на опытно-промышленном и экспериментальном уровнях технологии замкнутого топливного цикла, соответственно :

- водная технология переработки ОЯТ на заводе РТ-1;
- таблеточная технология производства оксидного смешанного уран-плутониевого топлива (МОКС).

Кроме этих базовых технологий в стране ведутся работы по новым видам топлива:

- вибро-МОКС ;
- Нитрид.

а также по усовершенствованным водным и сухим методам переработки ОЯТ:

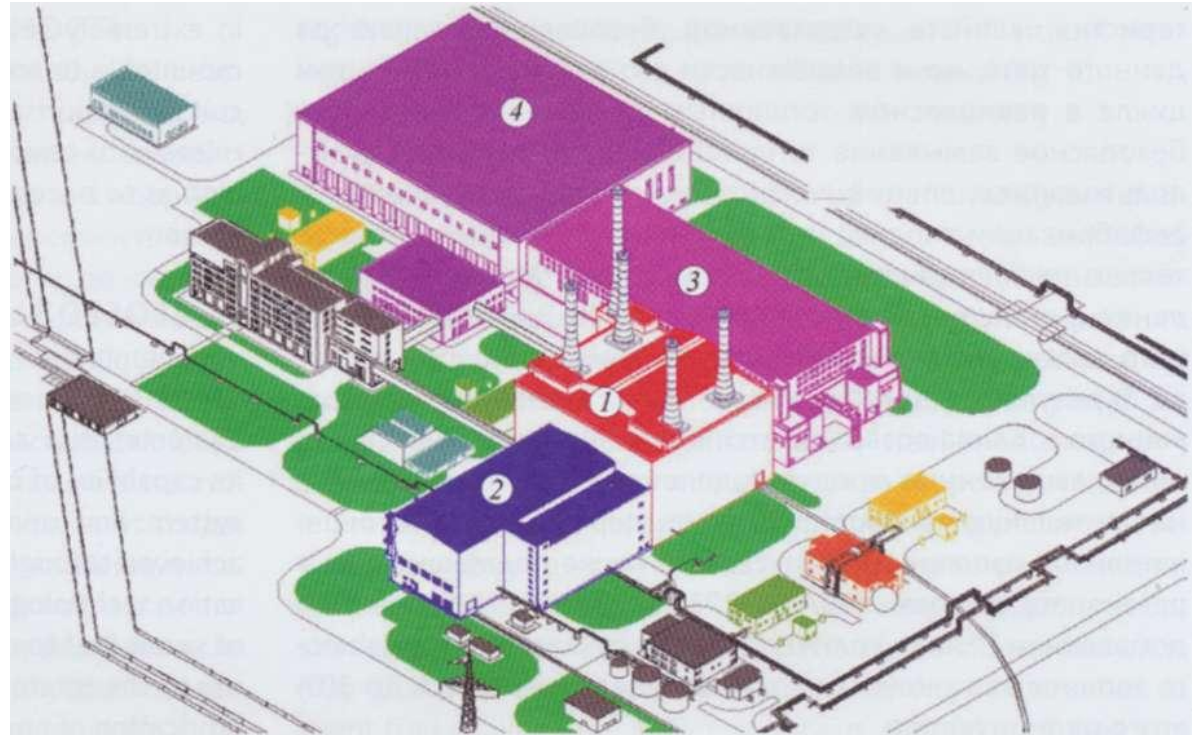
- пирохимической технологии;
- газофторидной технологии и др.

**В феврале 2010 г. была принята ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года».**

**С 2012 года в рамках ФЦП ЯЭНП организован проект «Прорыв», объединяющий задачи по созданию технологий БР и ЗЯТЦ, удовлетворяющих требованиям «естественной безопасности»**

# Решение Росатома по проекту «Прорыв» в ноябре 2012.

Создать до 2020 года на площадке ОАО "Сибирский химический комбинат" (СХК) в томской области опытный демонстрационный энергокомплекс в составе реакторной установки БРЕСТ-300 с пристанционным ядерным топливным циклом.



Ядерный энергетический комплекс с реактором БРЕСТ-ОД-300:  
1 – реактор; 2 – турбоустановка; 3 – комплекс хранения и переработки радиоактивных отходов;  
4 – комплекс пристанционного ядерного топливного цикла

# Основные этапы программы развития БР в России

---



2014 год. Пуск реактора БН-800;

2015 год. Создание проекта БН-1200;

2017 год. Пуск СВБР-100;

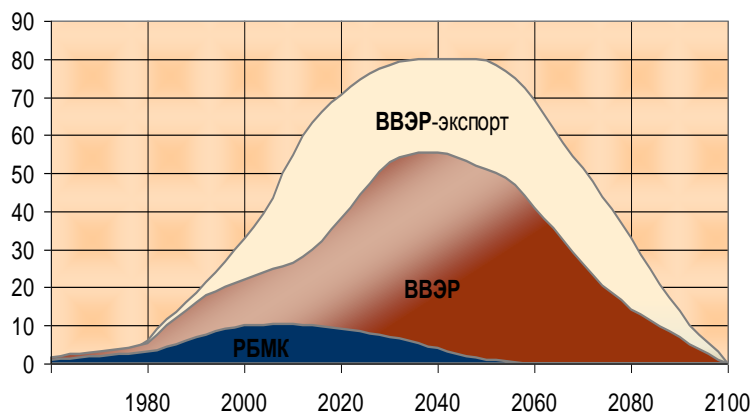
2017 год. Создание производства нитридного топлива для БРЕСТ-300 и БН-1200;

2020 год. Строительство на СХК БРЕСТ -300 с пристанционным ЯТЦ;

Выбор, разработка и строительство до 2030 года демонстрационного промышленного энергетического комплекса с двумя быстрыми реакторами естественной безопасности с ПЯТЦ.

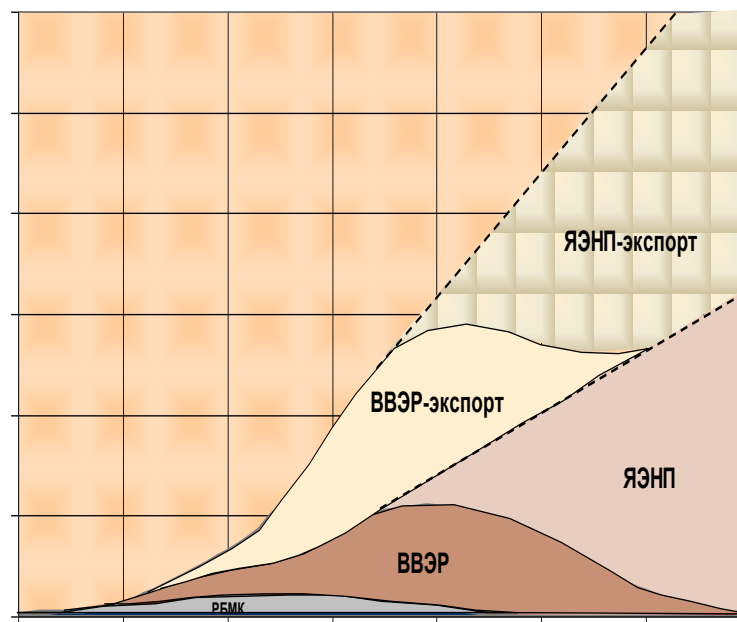
# Пределы развития ЯЭ в России

## На базе ВВЭР



**Сырьевой ресурс: U**  
природный - 1 000 000 т.  
**Отходы: U**  
обеднённый - 900 000 т.  
ОЯТ - 100 000 т.  
в т.ч. Pu - 1 000 т., п.д.- 5 000т.

## На базе ЯЭНП



**Сырьевой ресурс: отходы современной АЭ (Pu из ОЯТ ТР; U обеднённый)**

**Отходы: Продукты деления 1т./ГВт(э)год**

**Сегодня приоритетной задачей отрасли является - создание ядерных энерготехнологий «естественной безопасности».**

**Своевременная коммерциализация этих технологий позволит:**

- обеспечить масштабное развитие ЯЭ России к концу столетия,**
- переработать весь ОЯТ, включая накопленный тепловыми реакторами,**
- исключить оружейные технологии переработки ОЯТ и обогащения урана, и в конечном счете,**

**Обеспечить конкурентоспособность и важную ЯЭ в решении проблем энергообеспечения устойчивого развития России в 21 веке**