

Международный Союз Ветеранов Ядерной Энергетики и  
Промышленности

# **Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в мире и в России**

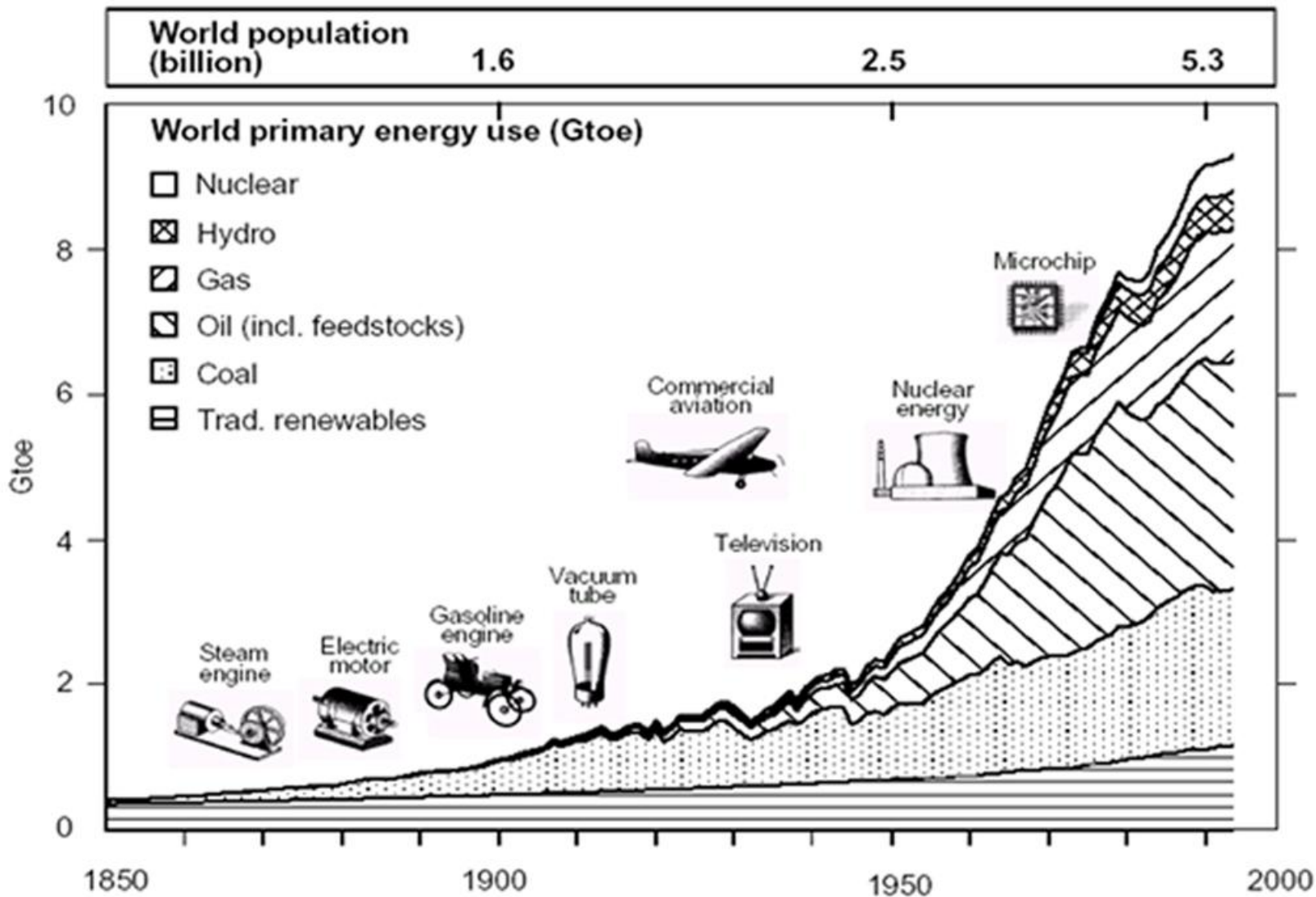
проф. В.М.Мурогов

Будапешт , Венгрия , 04-05 ноября 2015 г.

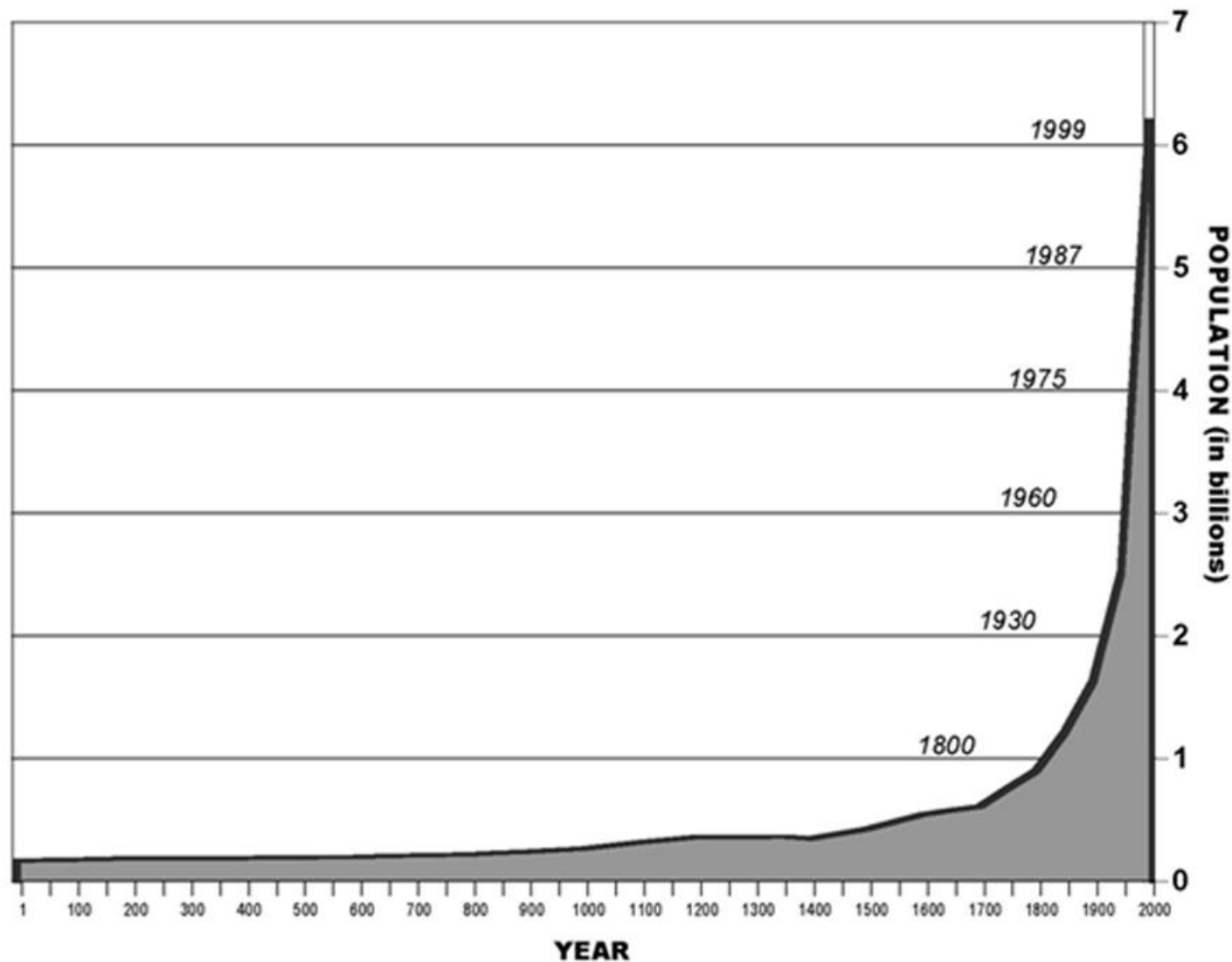
# Ядерная энергетика будущего

70 лет назад «Пионеры» ЯЭ (Э.Ферми, П.Капица, Х.Баба и др.) писали, что ядерная энергетика — это новый источник, который, если использовать его правильно, на основе реакторов - бридеров , которые производят топлива больше, чем сжигают (неслучайно французы называют их «Фениксами»), позволит создать практически чистый и неограниченный по масштабам развития источник энергии.

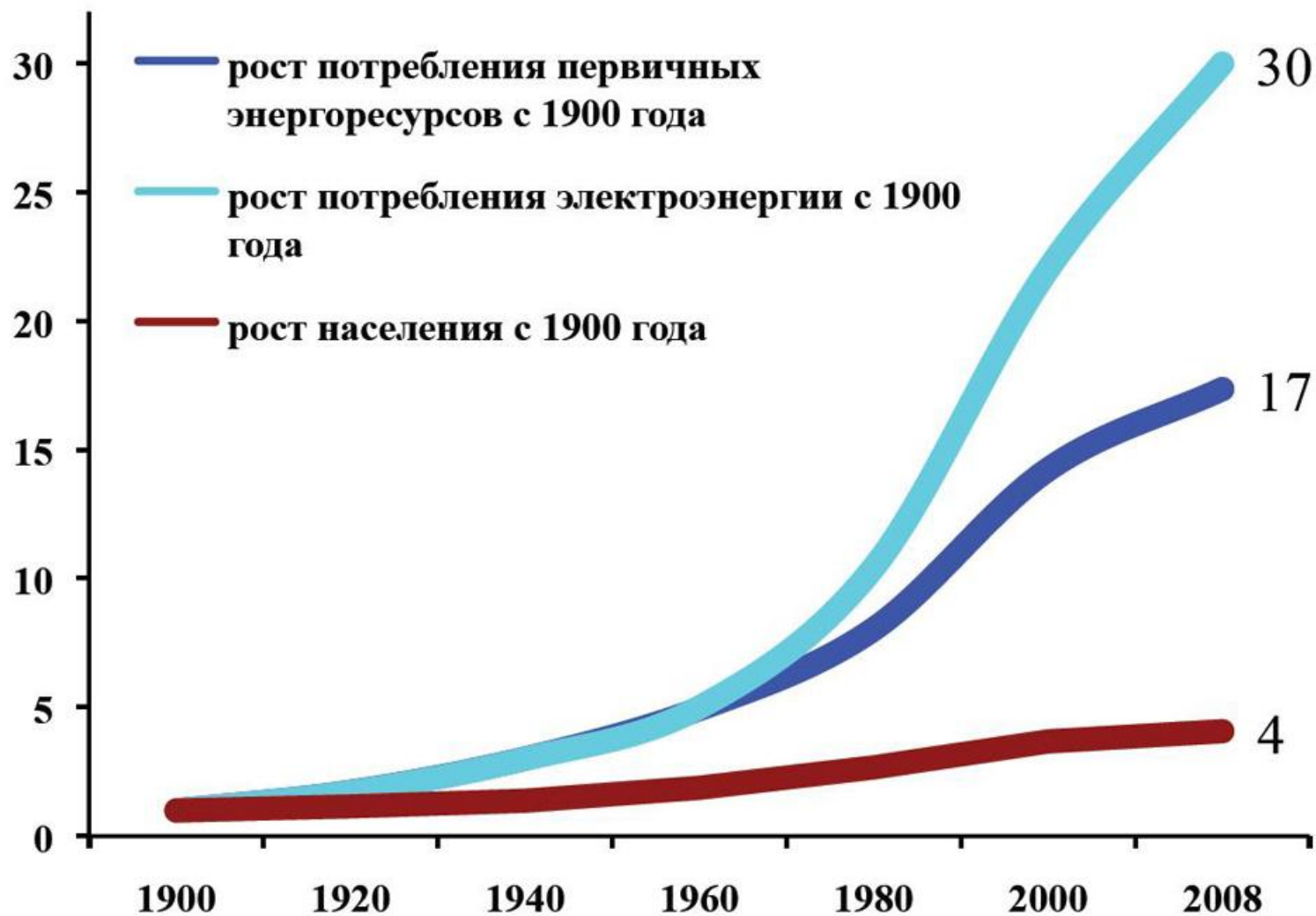
# ДИНАМИКА РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ



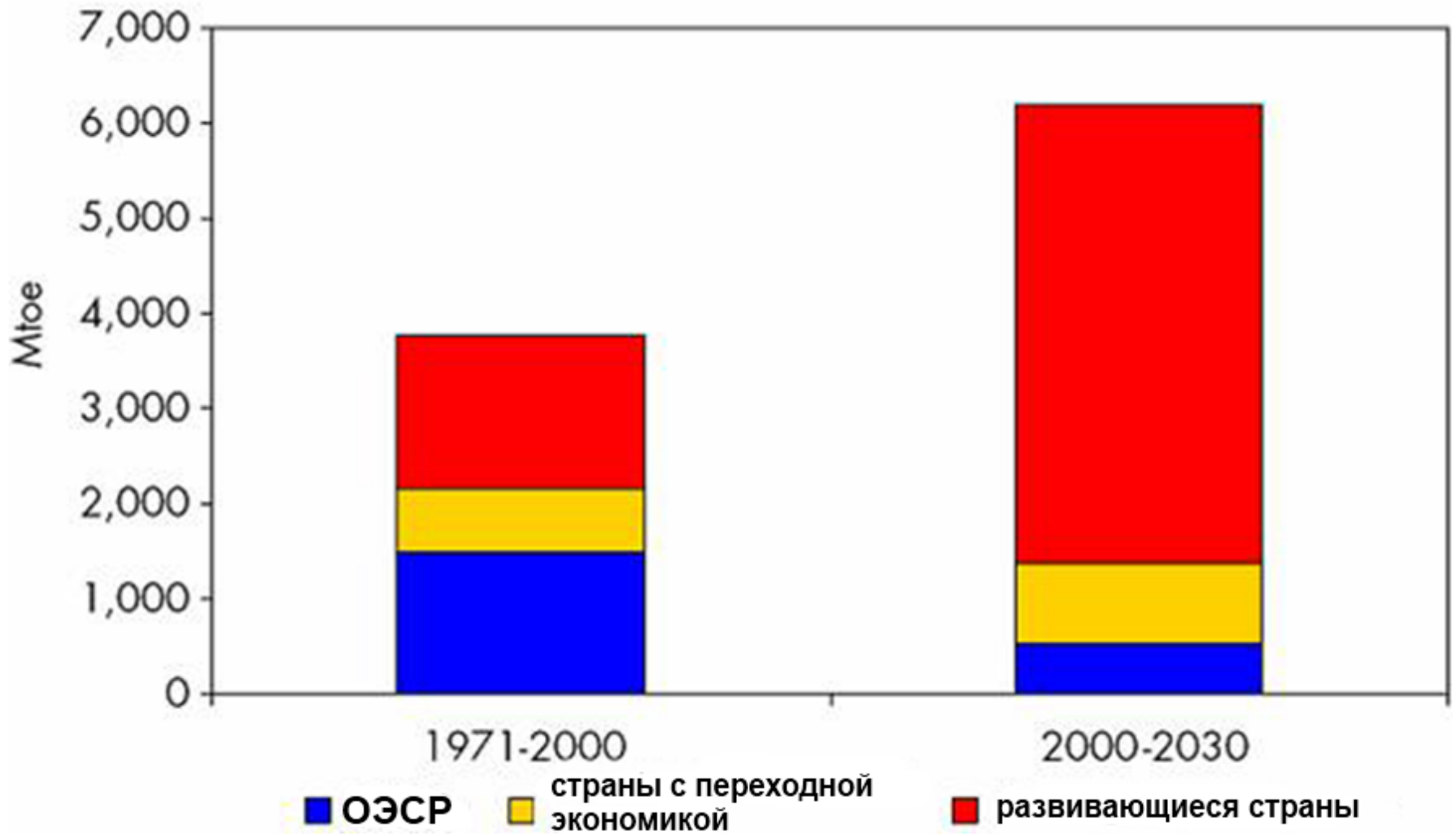
# РОСТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ С 1 Г. Н.Э.



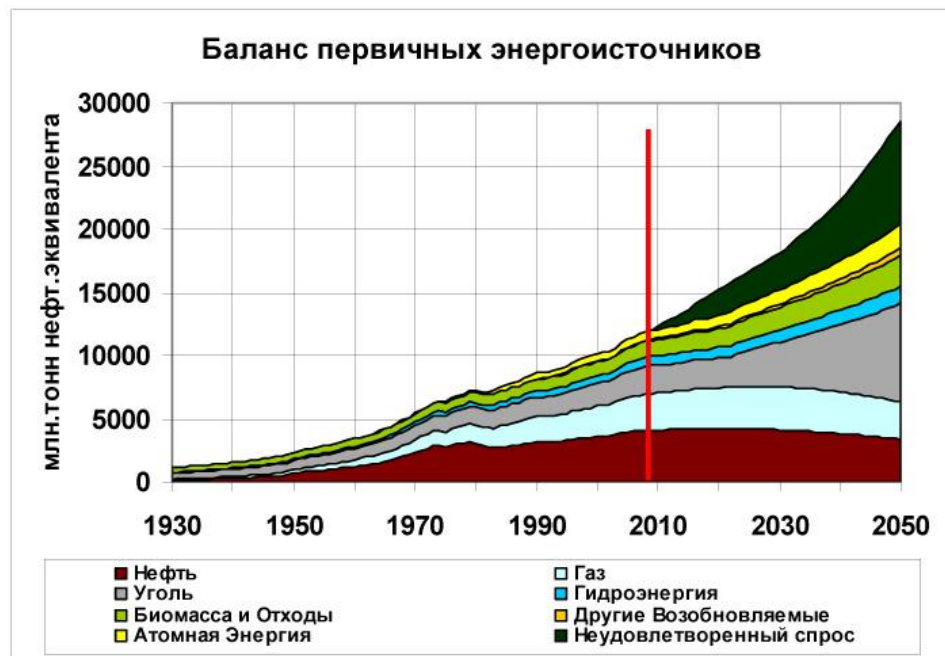
# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ (КРАТНОСТЬ РОСТА)



# ЭНЕРГИЯ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ В МИРЕ



# Спрос на энергию и возможности первичных энергоресурсов

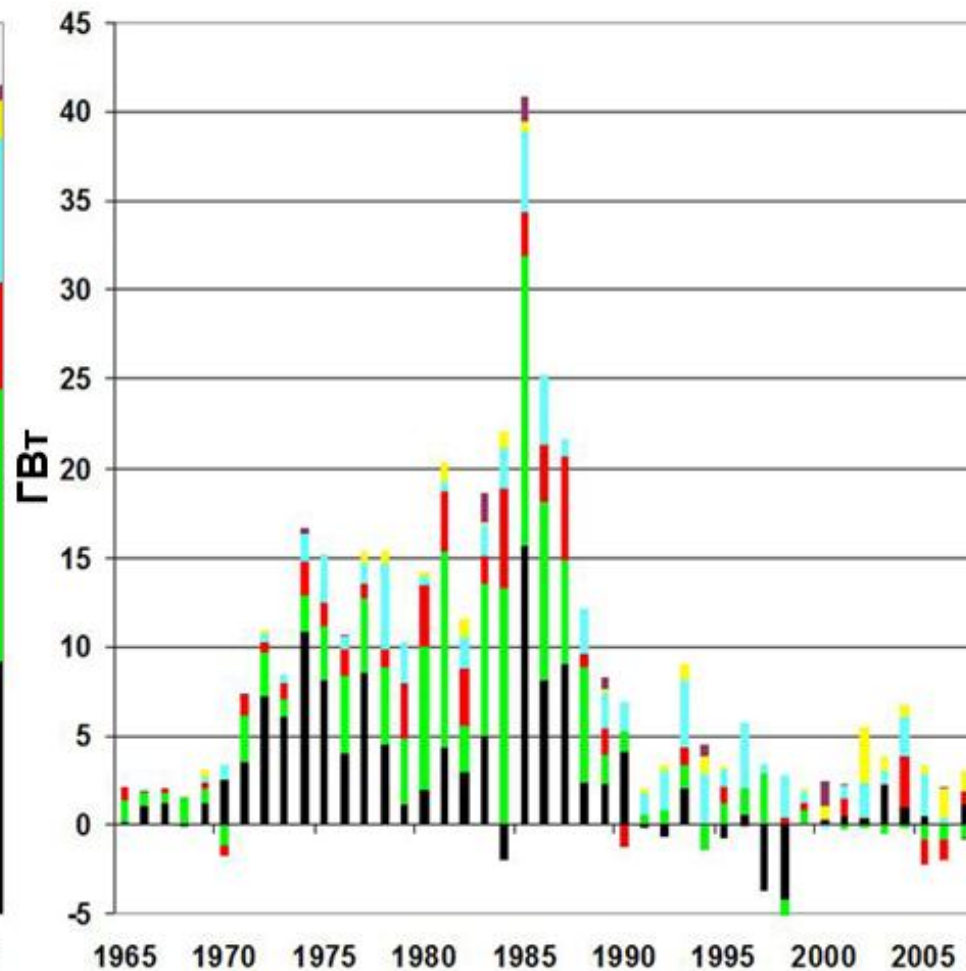


**Рост потребления первичных ресурсов к середине столетия**

**Уголь в 4 раза, биомасса и отходы - в 3 раза, гидроэнергетика - в 2 раза, возобновляемая энергия - в 9 раз, атомная энергетика - в 3 раза.**

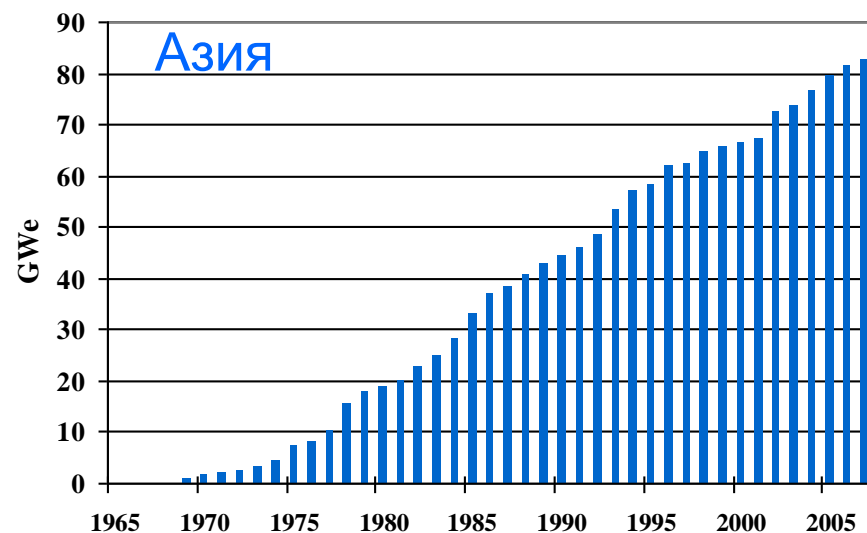
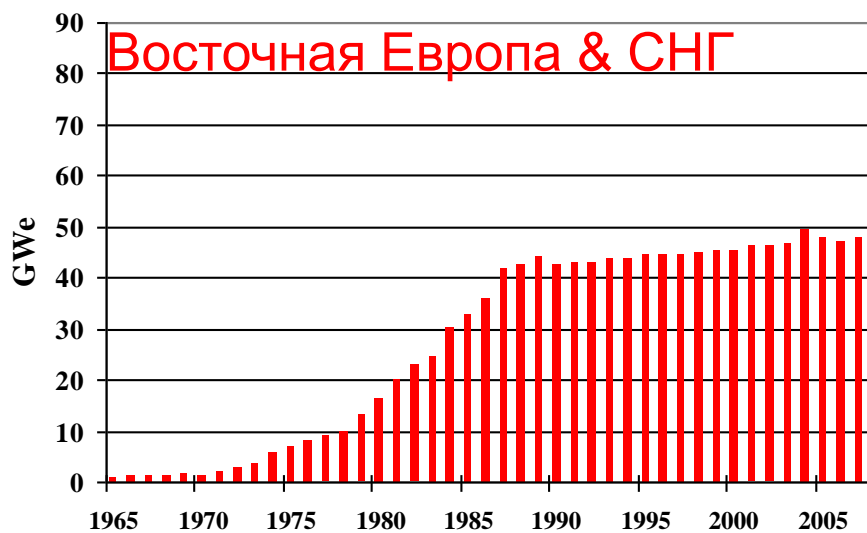
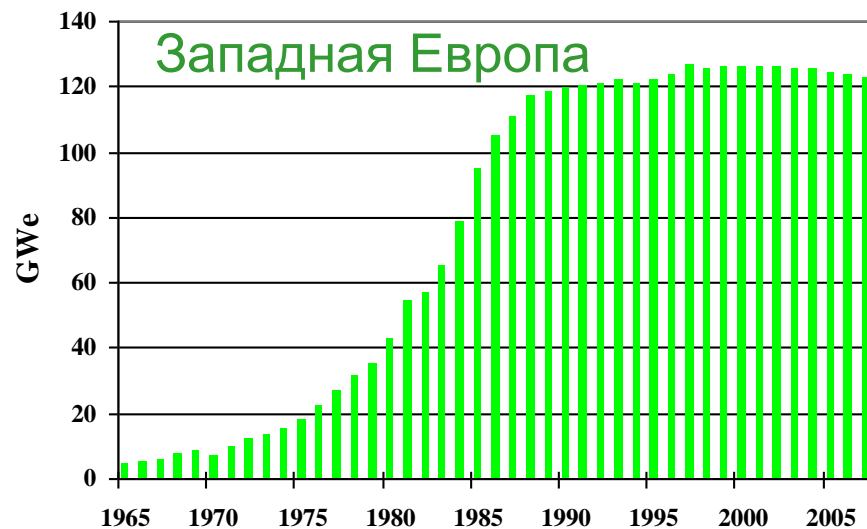
**Черным цветом показана область «неудовлетворенного спроса».**

# Рост ядерных мощностей и строительных площадок





# Развитие региональных ядерных мощностей



# **Ядерная энергетика в мире**

## **Роль Ядерной Энергетики (оценки)**

- Пионеры развития ЯЭ : Освоение ЯЭ обеспечит «Золотой век» человечества.
- «Три-Майл Айлэнд» -«Чернобыль» + «Фукусима» : Ядерная энергетика – не оправдала ожиданий .
- 21-ый век : Ядерная энергия может (вместо- должна ) стать частью будущего энергетического развития в мире.

# Мировая ядерная энергетика в 2015 году (РНЦ КИ)

## СОСТОЯНИЕ:

**439** действующих блоков АЭС (в 2012–13 гг. – 437 блоков) суммарной установленной мощностью **375,9 ГВт(э)**

**67** блоков строятся в **15** странах.

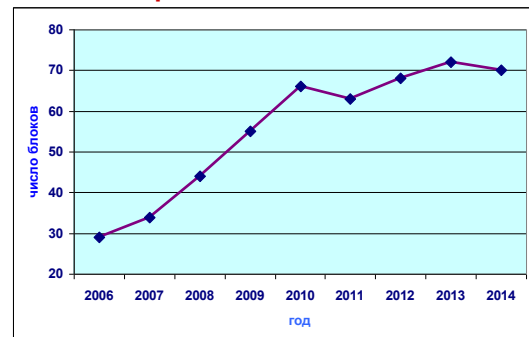
## СОБЫТИЯ 2015 г.:

**7** ядерных энергоблоков подключены к сети: **5** – в Китае, по одному – в Аргентине и России.

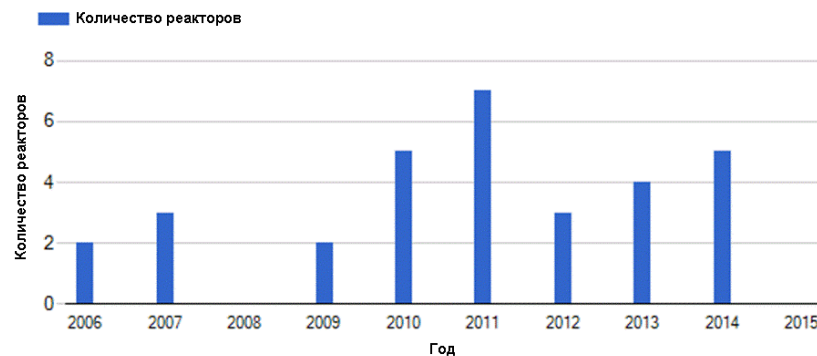
Начато строительство **четырёх** ядерных энергоблоков: три - в Китае, один – в ОАЭ .

Окончательно остановлено **6** ядерных энергоблоков (5-Япония, один –Германия )

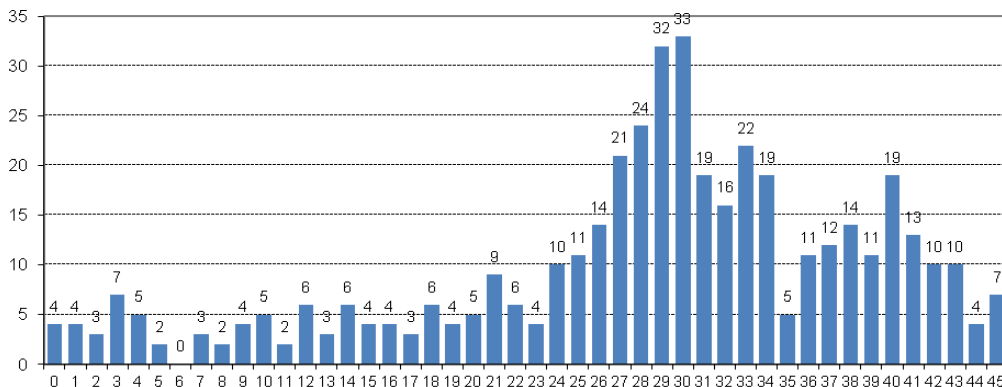
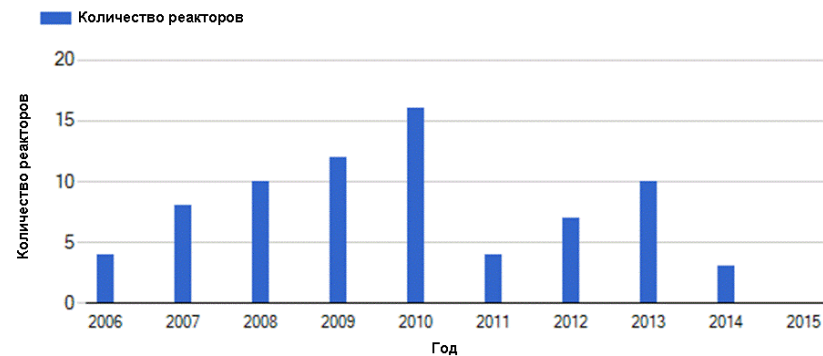
Строительство по годам



Подключение к сети по годам



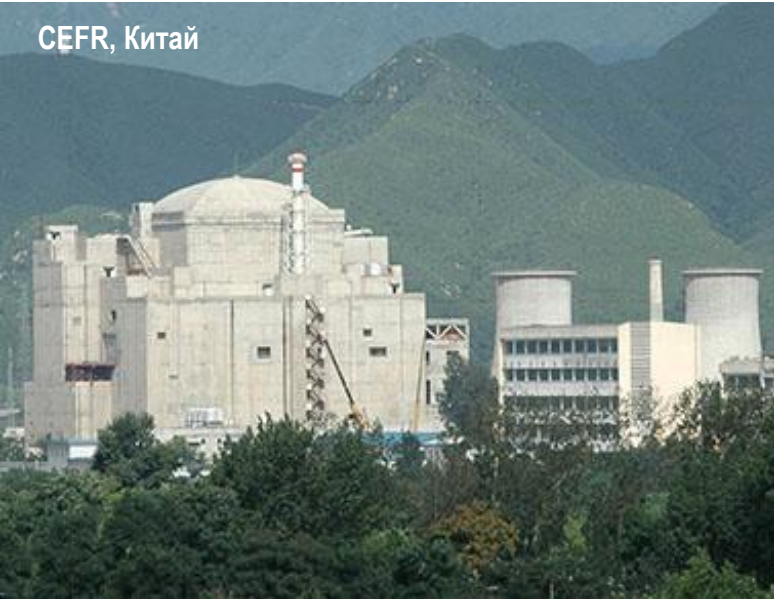
Начало строительства по годам



# Азия: устойчивая тенденция

## (РНЦ КИ )

CEFR, Китай



**КИТАЙ:** Эксплуатируются 29 энергетических реактора установленной мощностью 27,3 ГВт. В стадии строительства 23 энергоблоков. К 2020 году общая установленная мощность АЭС должна быть доведена до 58 ГВт. КНР планирует инвестировать в строительство АЭС более 11 млрд. долларов в год в течение ближайших 10 лет.

**ИНДИЯ:** 31 декабря 2014 года блок Куданкулам-1 сдан в коммерческую эксплуатацию. Премьер-министр Н. Моди: Перспективы сотрудничества с Россией «включают, по меньшей мере, еще 10 энергоблоков». Начаты работы по созданию проекта собственного легководного реактора мощностью 900 МВт(э). В штате Карнатака предполагается построить разделительный завод.

**ЮЖНАЯ КОРЕЯ:** Обнародованы планы по сооружению еще четырех энергоблоков. В настоящее время эксплуатируется 23 ядерных энергоблока.

**ИРАН:** В Москве подписан пакет соглашений о строительстве в Иране восьми ядерных энергоблоков.

**ЯПОНИЯ:** «Нам понадобятся разнообразные источники энергии и ядерная энергетика остается одним из важных вариантов таких источников» (STS Forum-2014). На сегодня остановлены все 48 энергетических реакторов. По мнению международных экспертов, в течение 2016 года будут перезапущены 12 реакторов , в 2017 году – еще 16.

Kudankulam



# Америка: сдержанный оптимизм (РНЦ КИ )



Vermont Yankee



Atucha

**США:** Строятся 5 ядерных энергоблоков (4 – с реактором AP-1000, еще 4 таких реактора строятся в Китае).

По причинам экономического характера в конце 2014 года окончательно остановлена АЭС Vermont Yankee. Под угрозой закрытия находятся еще не менее 10 АЭС.

Возобновлена процедура лицензирования Юкка-Маунтин.

**АРГЕНТИНА:** В 2014 году страна добавила к двум действующим ядерным энергоблокам новый – Nestor Kirchner и планирует строительство третьего блока на площадке Atucha. Начато строительство реактора CAREM-25.

**БРАЗИЛИЯ:** На АЭС Angra эксплуатируется два и строится третий блок. Идет подбор площадок для новых АЭС.

**МЕКСИКА:** Планируется строительство новых энергоблоков АЭС.

Об интересе к ядерной энергии заявили правительства **БОЛИВИИ, ВЕНЕСУЭЛЫ, ЧИЛИ.**

# Европейский Союз: многообразие намерений (РНЦ КИ)

Hinkley Point C



Flamanville



Temelin



Из 28 стран, входящих в Европейский Союз, 14 имеют действующие АЭС. Пять из них предполагают поэтапный отказ от ядерной энергетики: **Германия** – ускоренно, остальные (**Бельгия, Испания, Нидерланды, Швеция** и не входящая в ЕС **Швейцария**) – по мере выработки ресурса АЭС. **Италия** уже дважды отказалась от ядерной энергетики.

Восемь стран ЕС строят или планируют построить новые энергоблоки. При этом **Финляндия** не отказалась от совместного проекта с Росатомом.

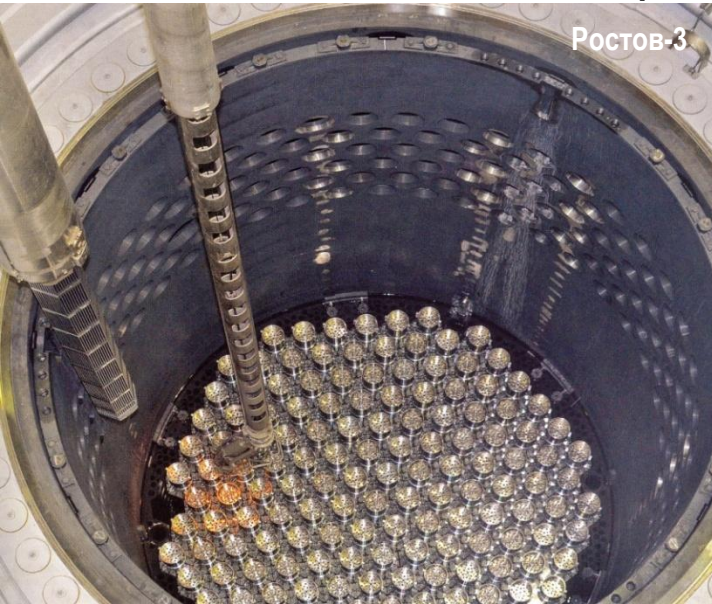
Важным событием года было признание ЕК британских планов по государственной поддержке строительства новой АЭС Hinkley Point C.

Более того, ядерные проекты попали в список «приоритетных инвестиций» ЕС – три проекта новых АЭС, планируемых к сооружению в **Великобритании** (еще Moorside и Wylfa), а также программа строительства первой польской АЭС.

**Польша** приняла программу развития ядерной энергетики, предусматривающую сооружение двух АЭС. Интерес к ядерной энергии проявляют **Литва, Хорватия** и **Ирландия**.

# Новости ядерной энергетики России

(РНЦ КИ Гагаринский А.Ю.)



Ростов-3

Год	Производство ядерной электроэнергии, млрд. кВт·ч	Ядерная доля в электроэнергетике, %
2012	178	16,7
2013	172	16,5
2014	180,4	17,5

## Развитие направления ВВЭР

- Третий энергоблок Ростовской АЭС подключен к сети.
- Развернуто строительство АЭС с ВВЭР-1200 (АЭС-2006), разработана базовая (неизменяемая) часть проекта ВВЭР-1300 (ВВЭР-ТОИ) с первой реализацией на площадке Курской АЭС-2. Разрабатывается проект АЭС-2006Т для Турции (АЭС «Аккую»).
- Разработана и утверждена концерном «Росэнергоатом» программа развития направления СУПЕР-ВВЭР (ВВЭР-С и ВВЭР-СКД).
- Концепция реакторов средней мощности вышла в фазу выбора референтного блока: ВВЭР-600 (ОКБ ГП и НИЦ КИ) или ВБЭР-600 (ОКБМ и НИЦ КИ). В качестве первой площадки предполагается Кольская АЭС-2.
- Десятилетний портфель зарубежных заказов ГК «Росатом» в 2014 году впервые превысил 100 млрд. долларов.

«Соглашениями года» стали документы о возможном строительстве в Иране «под ключ» восьми новых энергоблоков АЭС.

НВАЭС-II-2





# Ядерные реакторы в мире и России

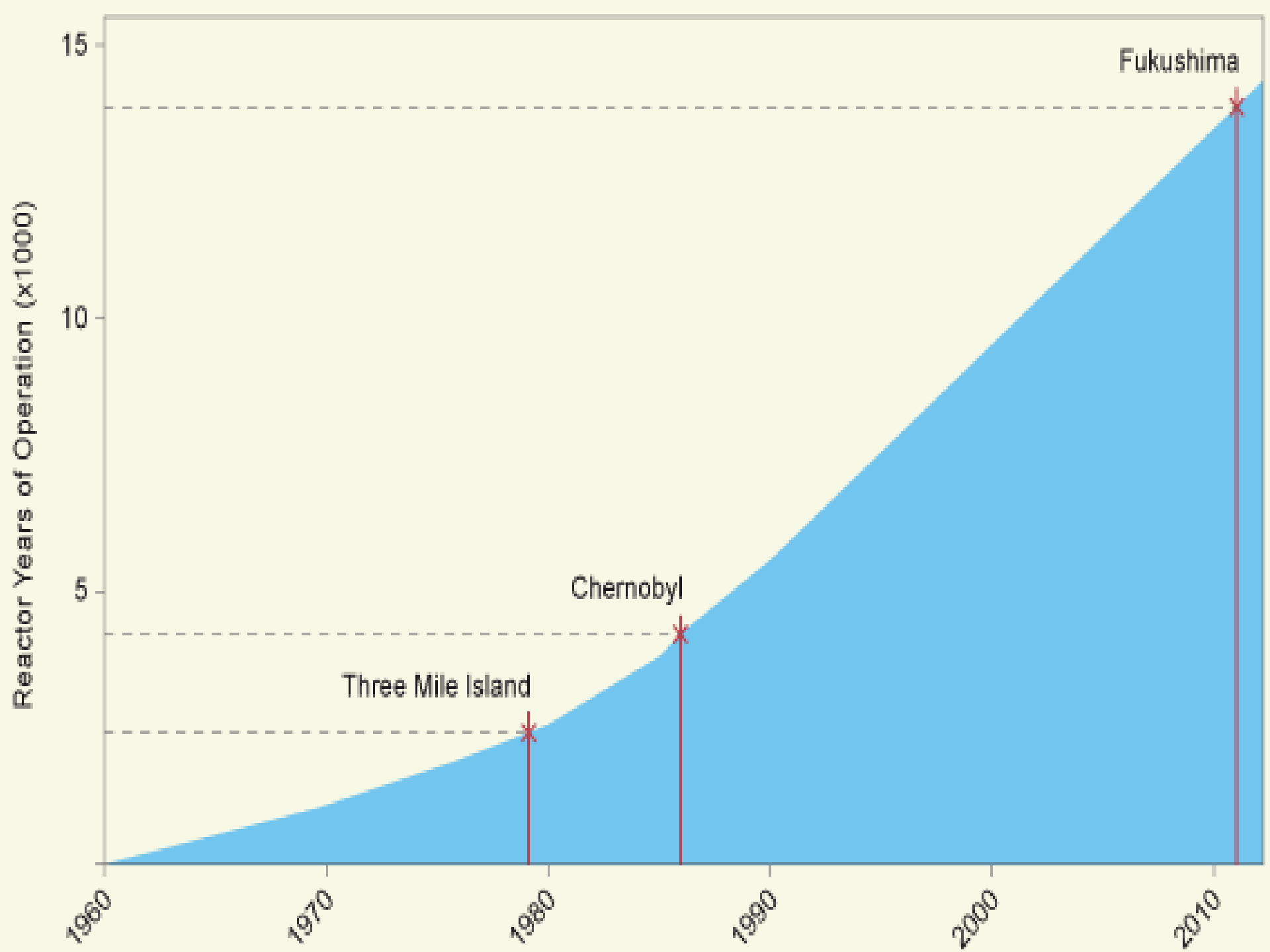
## Корпусные водоохлаждаемые реакторы в мире

Наибольшего успеха человечество добилось, сконцентрировавшись на одной реакторной технологии, сделав ее наиболее продвинутой и накопив наибольший объем знаний и опыта.

**Это корпусные водоохлаждаемые реакторы, которые сегодня (с учетом морской энергетики, эксклюзивно использующей реакторы PWR) составляют более 90% реакторного парка мира.**

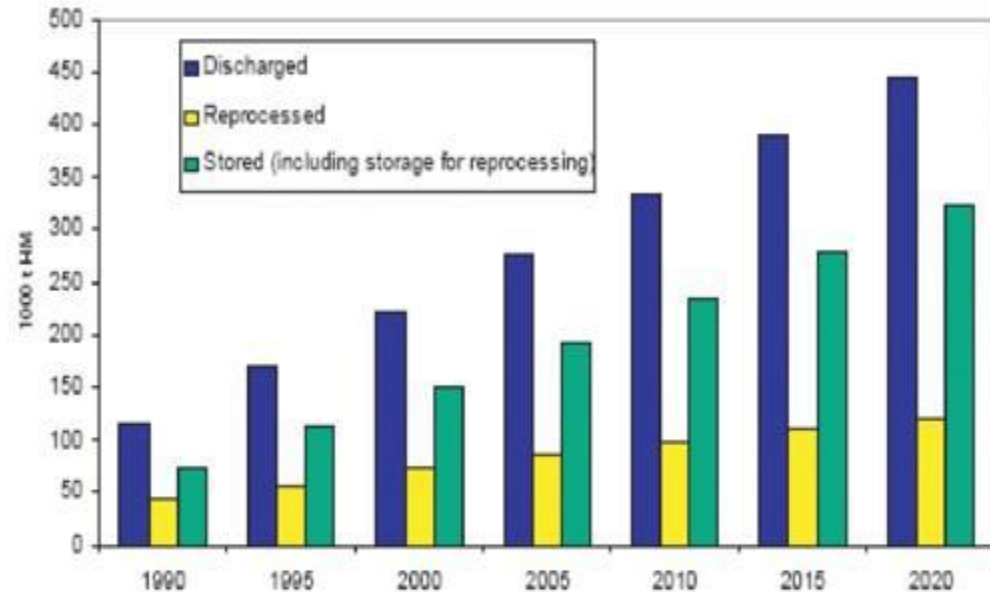
Тип реактора	Число реакторов	Суммарная мощность, ГВт(э)	Доля в мировом реакторном парке, %	Число стран, где эксплуатируются
PWR	220	215,5	57,9	17
BWR	84	77,7	20,9	10
ВВЭР	53	35,9	9,6	10
Корпусные водоохлаждаемые	357	328,7	88,4	28
Другие (PHWR, GCR, РБМК, FBR)	80	43,1	11,6	10





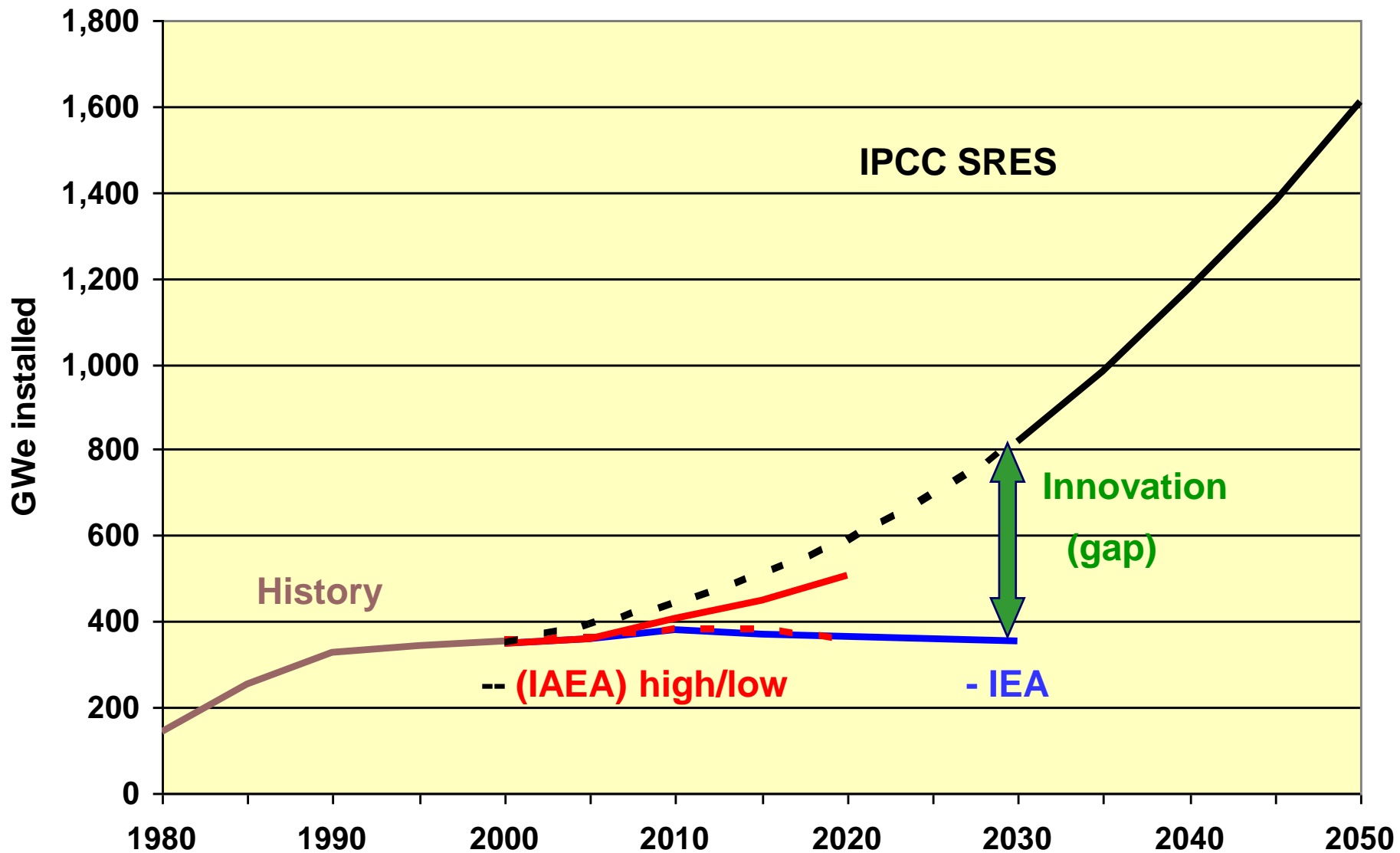
## WORLD SPENT NUCLEAR FUEL ARISING AND AMOUNT OF SNF REPROCESSED AND STORED

In the end of 2005 the total amount of SNF accumulated worldwide was about 276000 tHM. About 30% of this fuel was reprocessed. The remaining SNF is stored in at reactor (AR) pools and away from reactor (AFR) wet and dry storage facilities. The fraction of SNF being stored relative to the fraction to be reprocessed is expected to increase.



- Projections indicate that the cumulative amount generated in the world by the year 2020 may surpass 440000 tHM of which about 320000 will be in storage. Of this total amount in 2020, the amount in western Europe will remain about the same (because of reprocessing SNF) and will be around four-fold in Asia and Africa.
- On a regional basis, the picture looks different. About 50% is stored in North and South America (because there is no reprocessing), 25% in West Europe and the remaining part in East Europe and Asia and Africa.

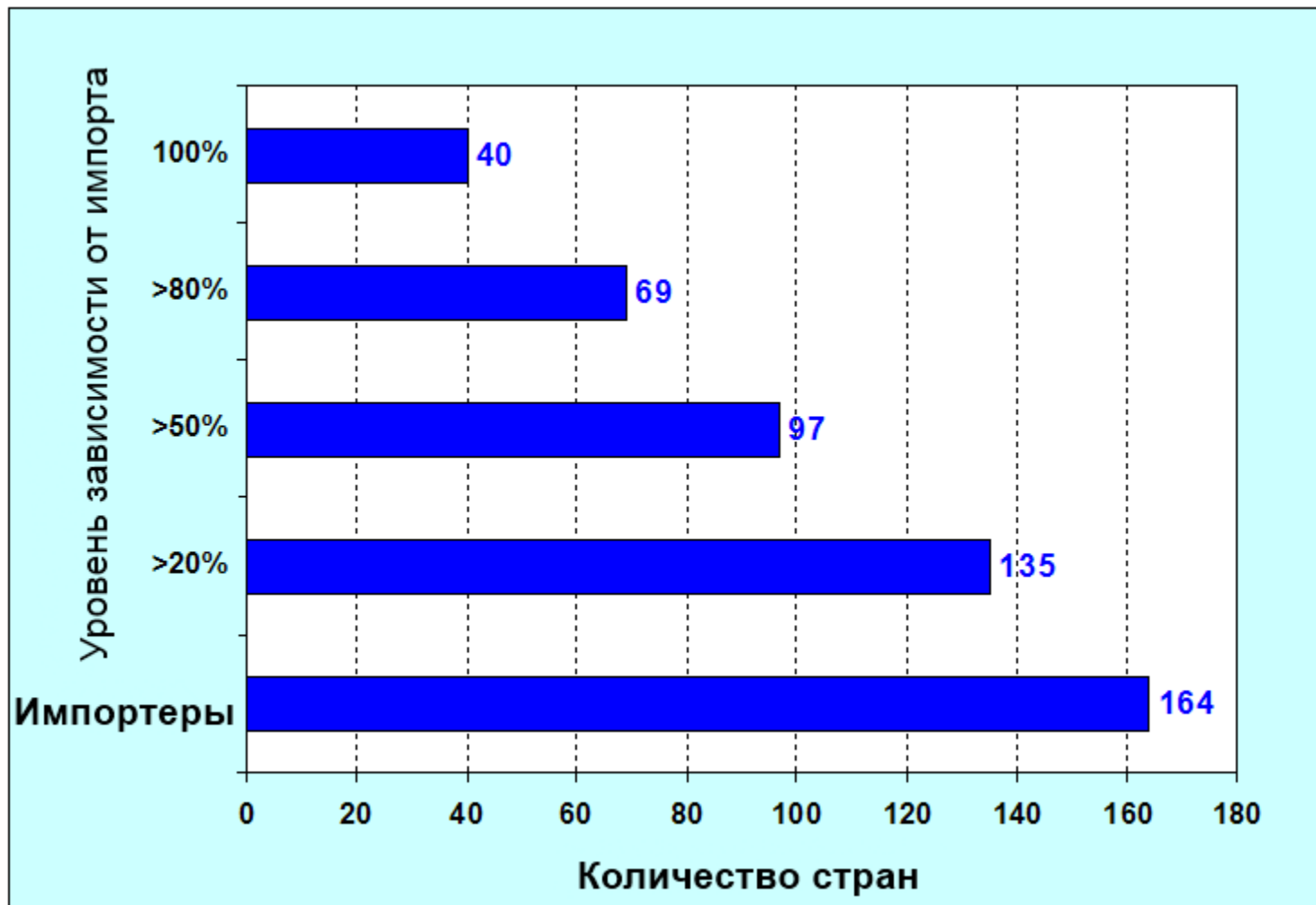
# Развитие ядерной энергетики – роль инноваций



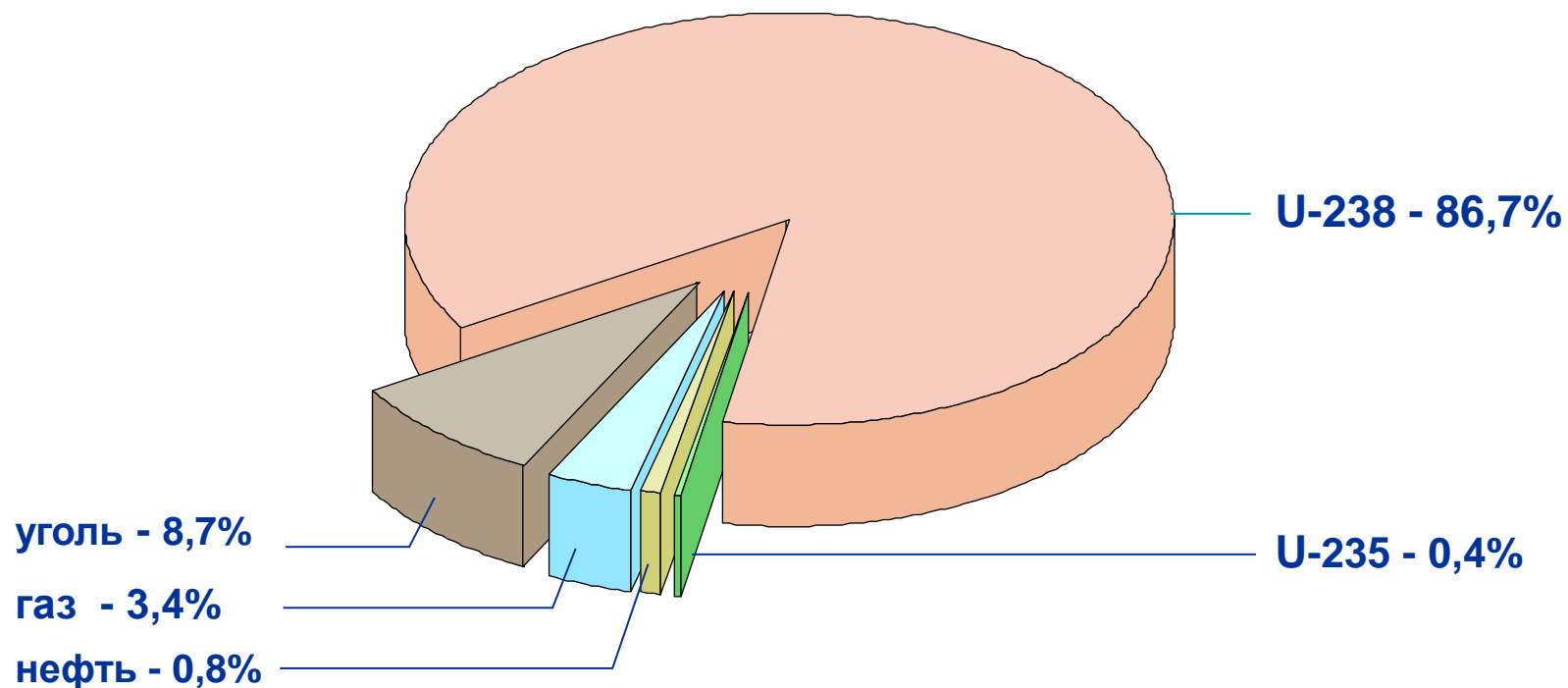
# СТРАНЫ, СОБИРАЮЩИЕСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЯДЕРНУЮ ЭНЕРГИЮ В ТЕЧЕНИЕ 2015-2030 ГОДОВ

- Латинская Америка: предполагают построить 3 + 2 новых (Чили, Перу)
- Западная Европа : 9 + 1 ( Турция)
- Восточная Европа : 10 + 3 (Белоруссия, Казахстан, Польша )
- Африка: 1 + 5 (Алжир, Египет, Марокко, Нигерия , Тунис)
- Ближневосточная и Южная Азия : 3 + 1 (Бангладеш)
- Юго-Восточная Азия и Тихий океан : 0 + 4 (Австралия, Индонезия, Малайзия, Таиланд)
- Дальний Восток: 3 + 3 ( Филиппины, Вьетнам)
- Всего около 20 стран хотят начать использовать ядерную энергию в период 2015-2030 года

# Зависимость стран от импорта энергии



# ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРИРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ



# ДВЕ ОСНОВНЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ ИНИЦИАТИВЫ

IAEA-TECDOC-1434

## *Methodology for the assessment of innovative nuclear reactors and fuel cycles*

*Report of Phase 1B (first part) of the International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO)*



GIF-002-00

## **A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems**

December 2002

Ten Nations Preparing Today for Tomorrow's Energy Needs

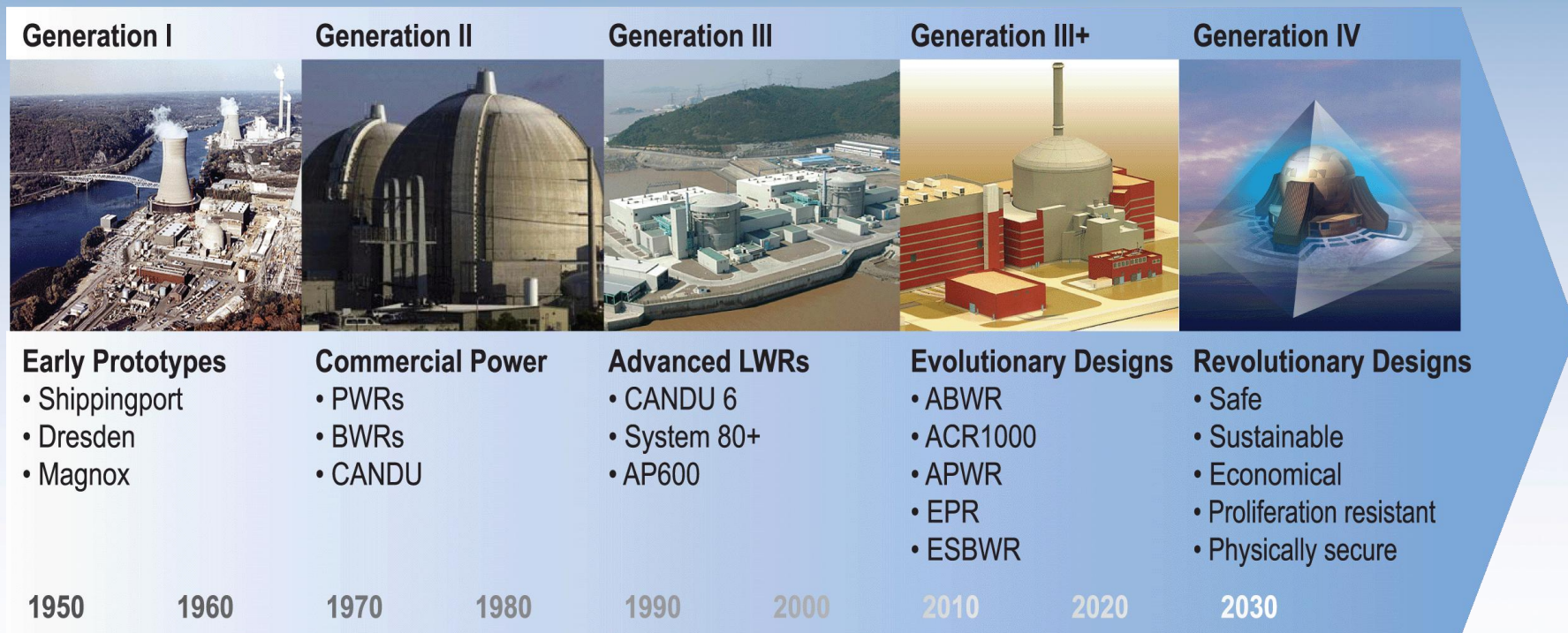


Issued by the  
U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee  
and the Generation IV International Forum

03-GA50034



# Поколения атомной энергетики



# IV поколение ядерных энергетических технологий

System	Neutron Spectrum	Fuel Cycle	Size (MWe)	Applications	R&D needed
Very High Temperature Reactor ( <b>VHTR</b> )	Thermal	Open	250	Electricity, hydrogen, process heat	Fuels, materials, H <sup>2</sup> production
Supercritical-Water Reactor ( <b>SCWR</b> )	Thermal, Fast	Open, Closed	1,500	Electricity	Materials, safety
Gas Cooled Fast Reactor ( <b>GFR</b> )	Fast	Closed	200-1,200	Electricity, hydrogen, actinide management	Fuels, materials, safety
Lead Cooled Fast Reactor ( <b>LFR</b> )	Fast	Closed	50-150, 300-600, 1,200	Electricity, hydrogen, production	Fuels, materials, safety
Sodium Cooled Fast Reactor ( <b>SFR</b> )	Fast	Closed	300-1,500	Electricity, actinide management	Advanced recycle options, fuels
Molten Salt Reactor ( <b>MSR</b> )	Fast	Closed	1,000	Electricity, hydrogen production, actinide management	Fuel treatment, materials, safety, reliability

Source: Idaho National Laboratory

## IV Международный форум (GIF)

- Международный проект (в настоящее время 13 членов) для поддержки R&D, в сроки от 15 до 20 лет и для достижения технической зрелости к 2030 г.
- 4 области GIF оценки:
  - ✓ устойчивость
  - ✓ Безопасность и надежность
  - ✓ экономика
  - ✓ Нераспространение и физическая защита
- Предназначен для различных областей
  - электричество, водород
  - Опреснение воды, тепло

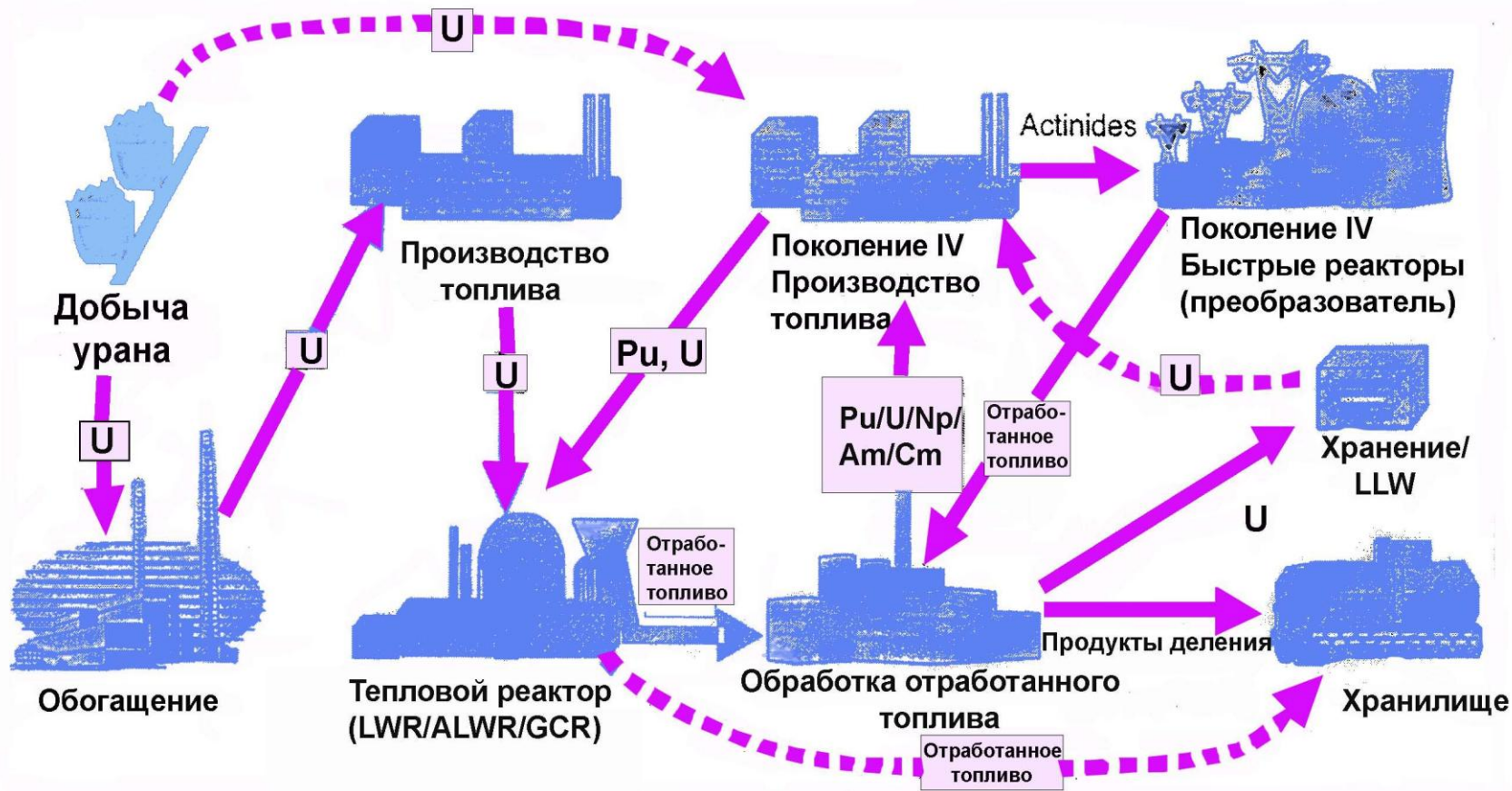


Устав GIF подписан в 2001, Sw 2002, Евратом  
2003, + новые члены:  
Китай и Россия (ноябрь 2006)

# ПОТРЕБНОСТЬ В СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ В ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ

- Размножение ядерного топлива (быстрые реакторы - бридеры) и замкнутый ядерный топливный цикл.
- Применение ядерной энергии для технологий промышленности (высокотемпературные реакторы).
- Региональные атомные электростанции малой и средней мощности.

# Будущий ЯТЦ ядерной энергетики 21 века (GEN - IV)



# ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РИСК РАСПРОСТРАНЕНИЯ

- **Увеличение масштабов ядерной энергетики**
  - Рост числа атомных электростанций, в том числе региональных малогабаритных реакторов,
  - Рост количества установок ядерного топливного цикла и их номенклатура,
  - Увеличение количества перевозок ядерных материалов,
  - Увеличение объема радиоактивных отходов.
- **Структурные изменения в производстве атомной энергии:**
  - Воспроизводство ядерного топлива, использование реакторов на быстрых нейтронах,
  - Переработка ОЯТ, ядерный топливный цикл, замкнутый топливный ядерный цикл.
- **Развитие атомной энергетики в неядерных странах, которые исторически не готовы к использованию ядерных технологий (безопасность и гарантия нераспространения).**

**Для успешной реализации принципиальных преимуществ ЯЭ надо четко ответить на вопрос :**

**«Почему известные потенциальные преимущества ЯЭ в полном масштабе не были реализованы на практике?» и**

**«Какие противоречия в развитии ЯЭ заставляют специалистов говорить сейчас не столько о возможном «ренессансе» ЯЭ, сколько о её «выживании» в ряде ведущих «ядерных» стран ?».**

Современные ядерные технологии (PWR и BWR, ВВЭР , РБМК) появились как результат решения «оборонной» задачи (создание АПЛ и наработки «оружейного» плутония) и концептуально остались на уровне 20-30-летней давности. Более 85% существующей ЯЭ и более 95% строящихся - составляют АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами на тепловых нейтронах.



# Безопасность и культура нераспространения

**Ядерная безопасность и ядерное нераспространение** – это главные проблемы полномасштабного ядерного энергетического развития.

В то время как проблема ядерной безопасности была полностью осознана мировым сообществом, а культура ядерной безопасности стала нераздельной частью ядерной деятельности – от конструирования, строительства и эксплуатации до полного захоронения отходов – ситуация с внедрением культуры нераспространения оказалась более сложной .

В то же время, это должно было бы быть столь же важной проблемой, которая определяет будущее развитие полномасштабной ядерной энергетики.

# СОВМЕСТНОЕ ЗАЯВЛЕНИЕ

*"Образование является императивом для содействия разоружению и нераспространению, и, следовательно, для создания мира без ядерного оружия. Образование прививает знания и критическое мышление людям и отдельным личностям. Образование может повысить осведомленность общественности, в особенности будущих поколений, о трагических последствиях применения ядерного оружия. Образование может также подвигнуть людей и отдельных личностей, граждан мира внести свой вклад в дело разоружения и нераспространения".*

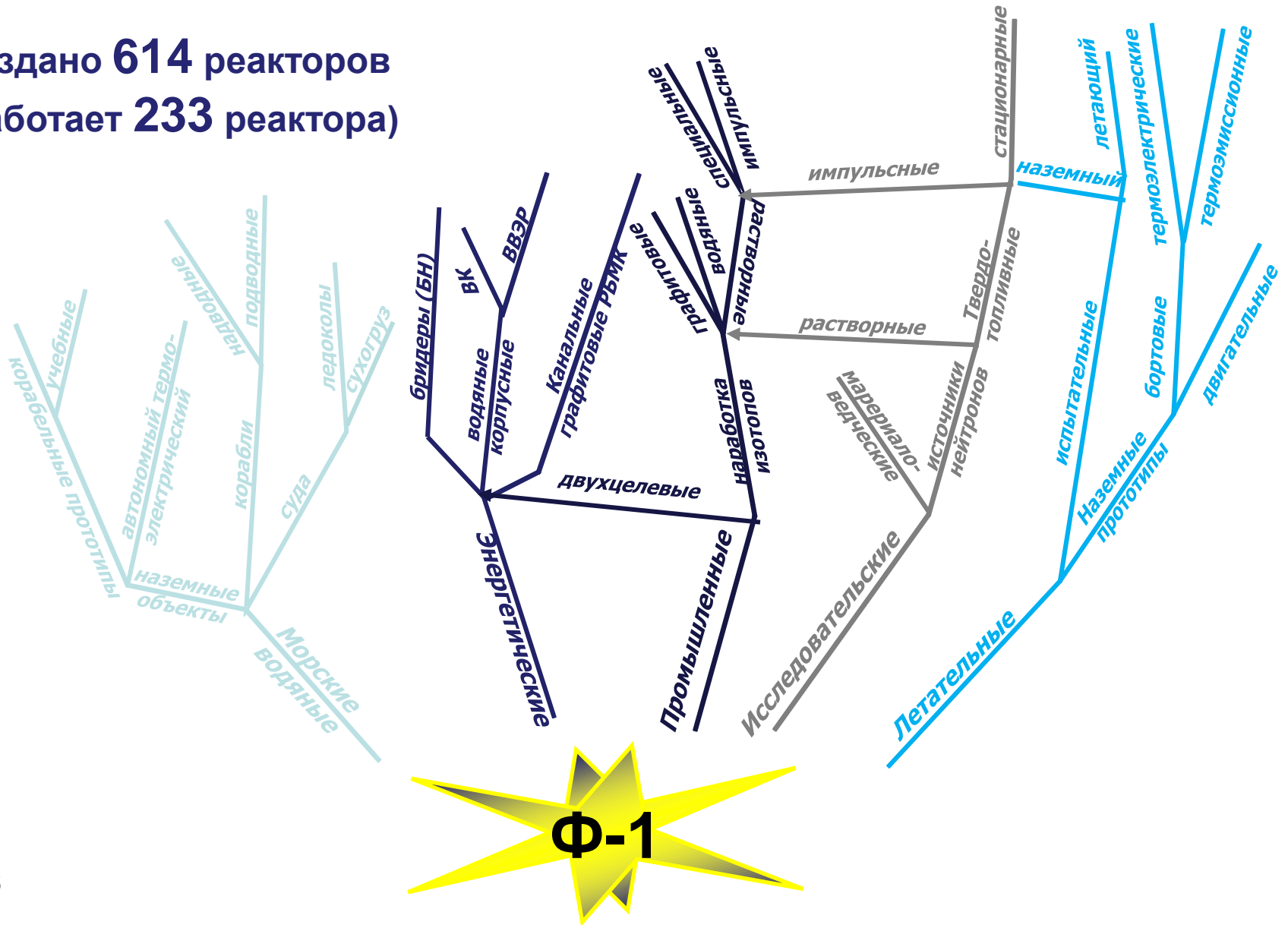
*Совместное заявление по вопросам роли образования в области нераспространения и разоружения сделал на заседании Главного комитета итоговой Конференции по ДНЯО 2010 г. 11 мая 2010 г. Его Превосходительство г-н Акио Сада, Чрезвычайный и Полномочный Посол, Постоянный представитель Японии на Конференции по разоружению.*

**От имени 40 стран - Австралии, Австрии, Болгарии, Бразилии, Канады, Чили, Колумбии, Египта, Эстонии, Грузии, Германии, Греции, Гватемалы, Венгрии, Индонезии, Ирака, Ирландии, Италии, Японии, Казахстана, Кыргызстана, Литвы, Намибии, Новой Зеландии, Норвегии, Мексики, Монголии, Папуа-Новой Гвинеи, Перу, Филиппин, Польши, Португалии, Уругвая, России, Самоа, Шри-Ланки, Швеции, Швейцарии, Таиланда, государства Тонга.**

# Ядерная энергетика России

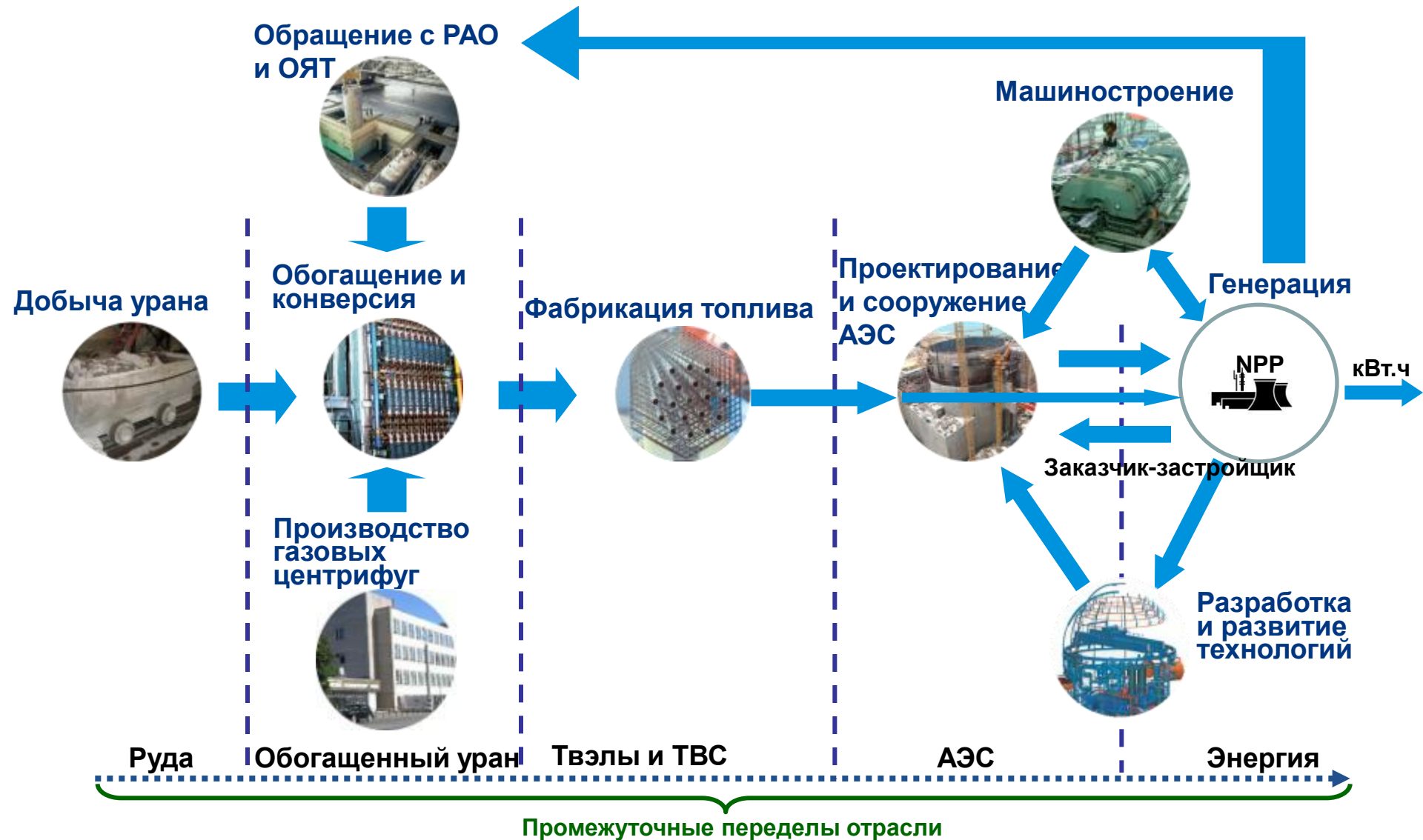
# Реакторное древо отрасли

Создано **614** реакторов  
(работает **233** реактора)





# Технологическая цепочка атомной энергетики России



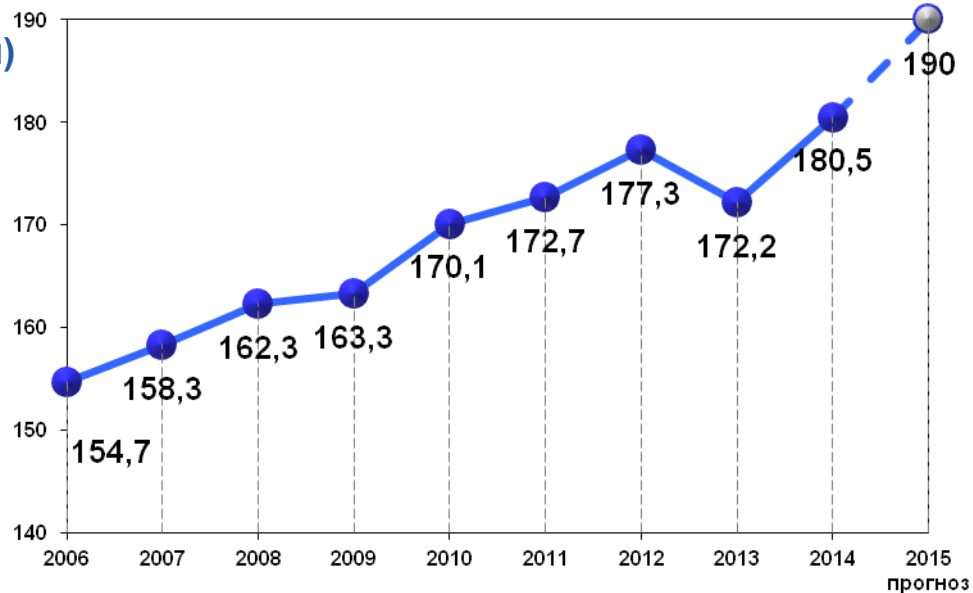
# Карта расположения действующих и строящихся энергоблоков АЭС России



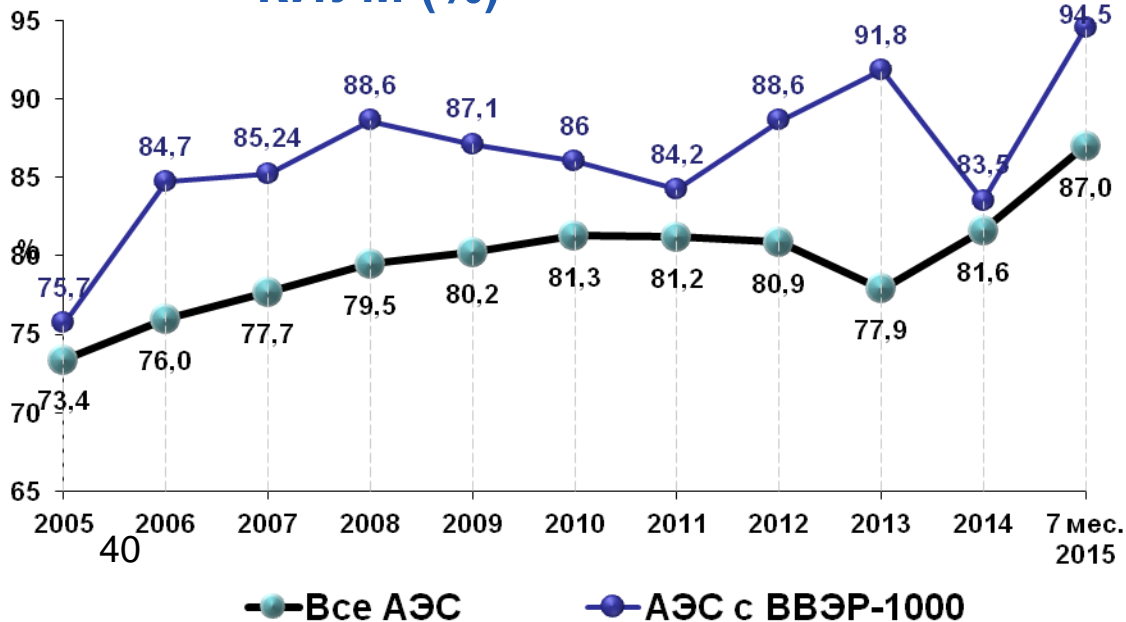
10	Действующих АЭС
34	Действующих энергоблока
1	Энергоблок на этапе пуска
5	Строящихся энергоблоков
26312 МВт	Установленная мощность
180,5 млрд.кВт.ч / 17%	Выработано электроэнергии в 2014 году /доля АЭС в энергетике России

# Основные показатели работы АЭС России

## Выработка электроэнергии (млрд.кВт.ч)

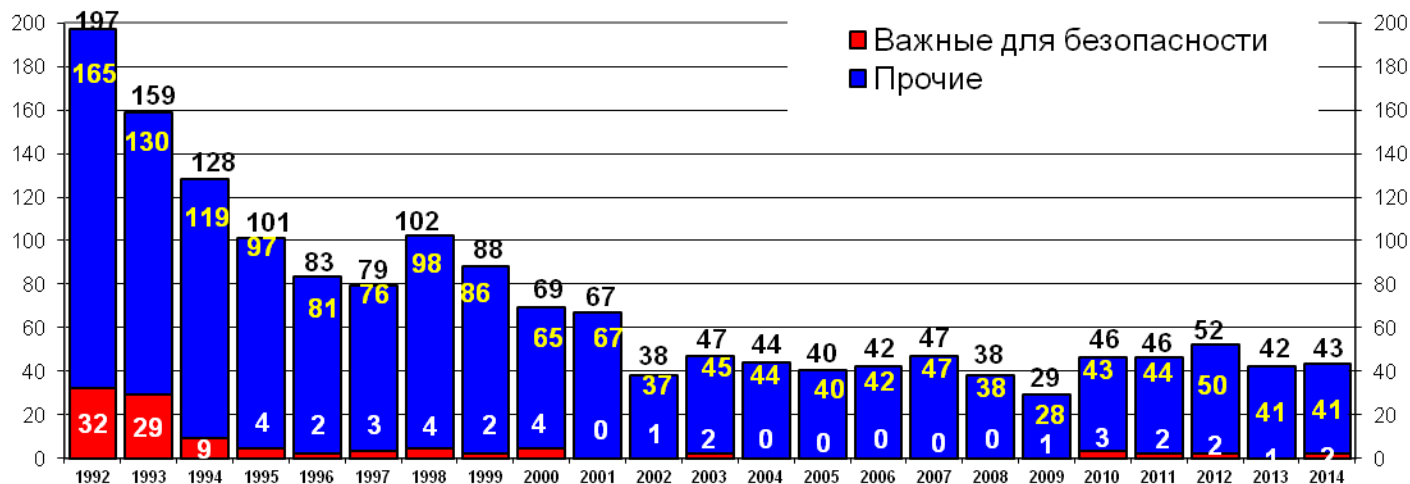


## КИУМ (%)

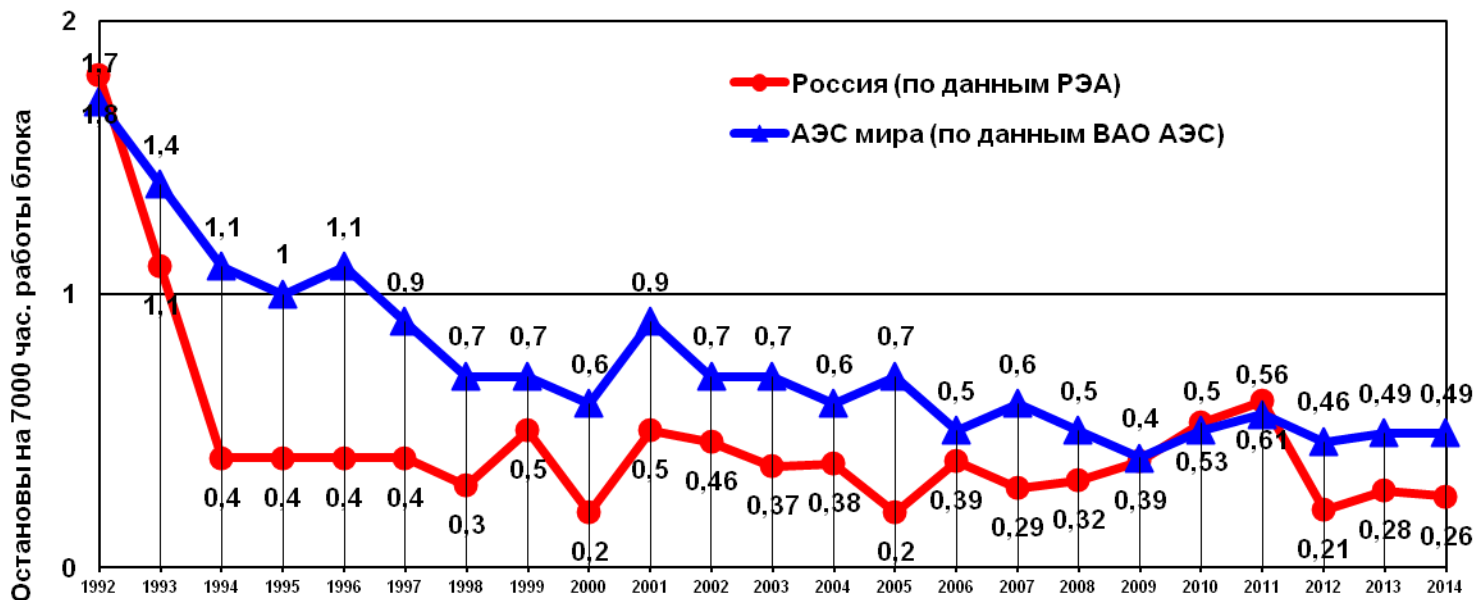




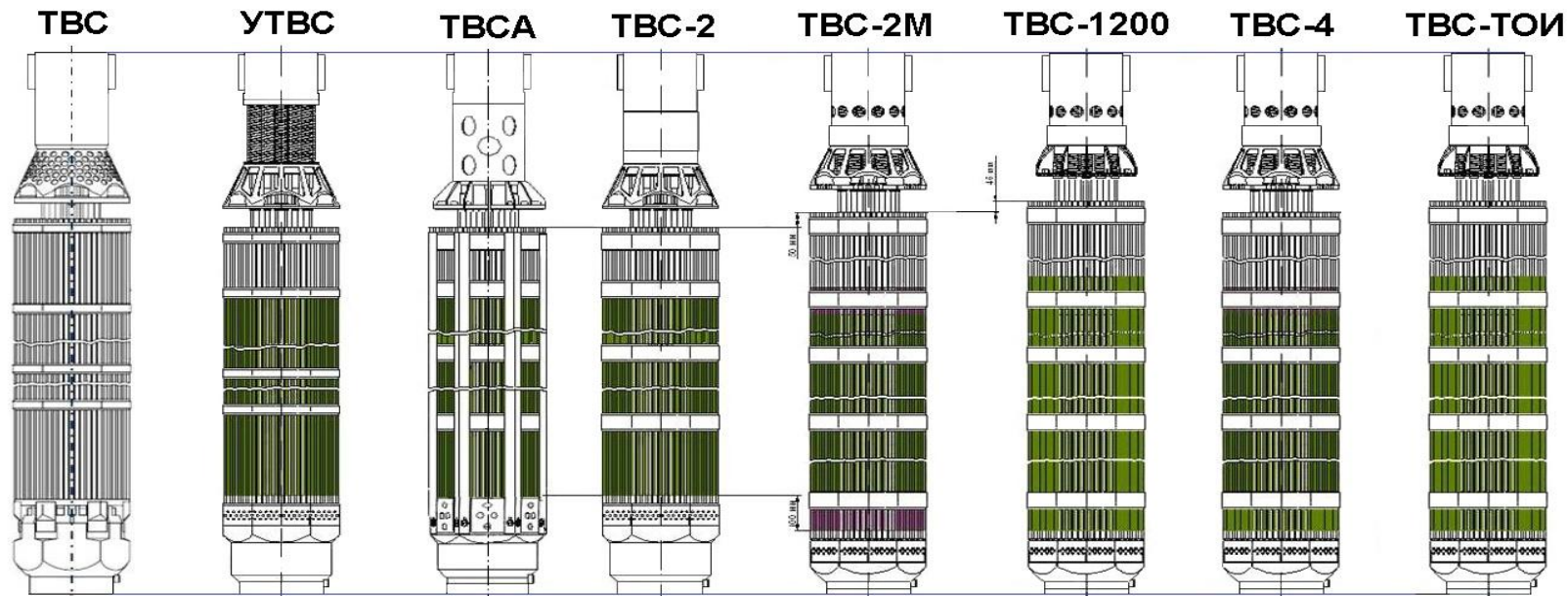
# Основные показатели работы АЭС России



## Динамика автоматических остановов реакторов из критического состояния

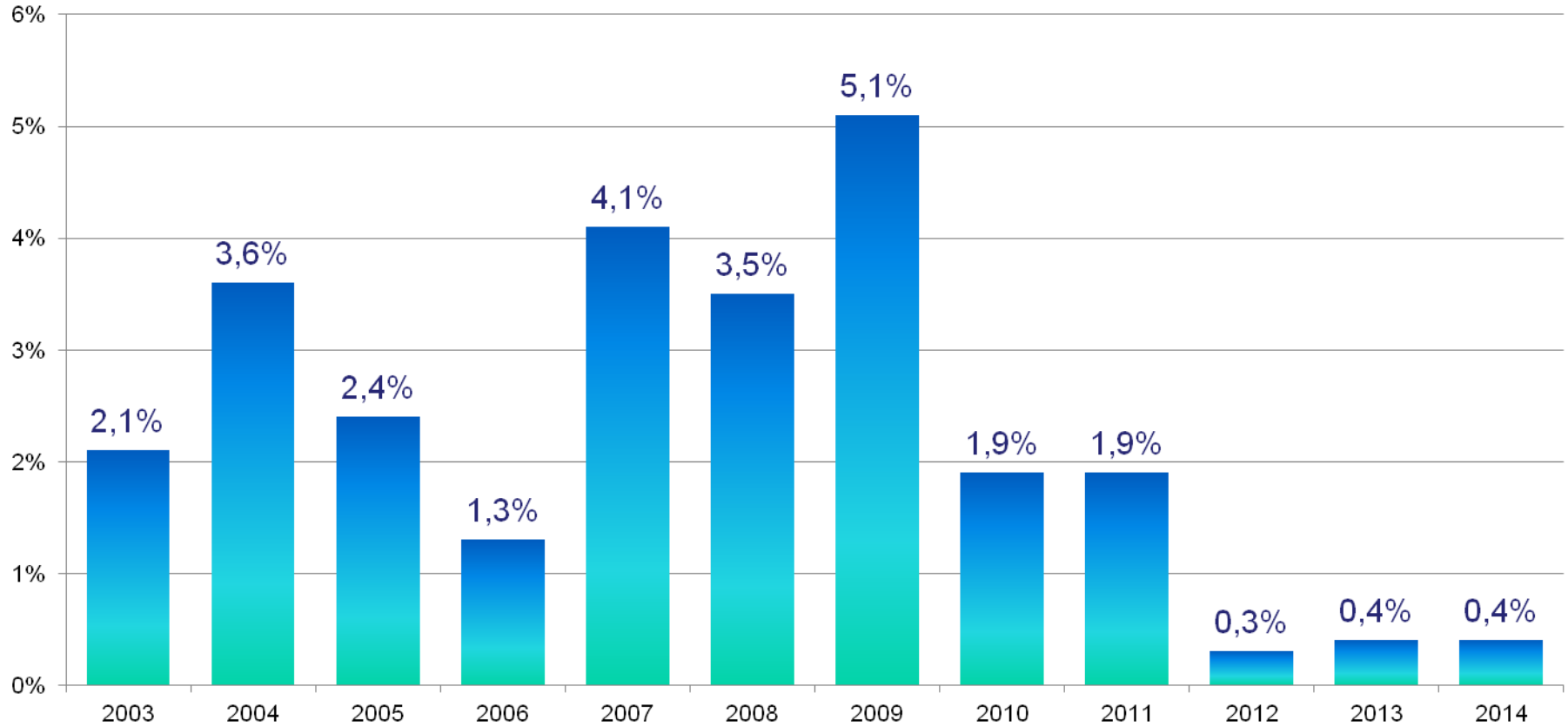


# Ядерное топливо для ВВЭР-1000



	ТВС	УТВС	ТВСА	ТВС-2	ТВС-2М	ТВС-1200	ТВС-4	ТВС-ТОИ
Длительность эксплуатации, цикл×месяц	2x12	3x12	4x12		3x18			
Выгорание, МВт×сут/кгU	40	54	65		72			
Тепловая мощность а.з., МВт		3000	3120		3200			3300
	1982	1996	1998	2002	2006	2012	2017	

# Доля отказавших по причине негерметичности ТВС ВВЭР России



**Доминирующая причина разгерметизации твэлов ВВЭР-1000 – дебризы**

# Оценка уровня технологической готовности России к обеспечению инновационного развития ЯЭ

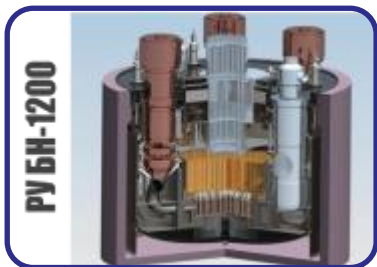
## По реакторным технологиям:



разработаны и реализуются эволюционные проекты АЭС с реакторами мощностью 1200МВт



на опытно-промышленном уровне успешно продемонстрированы технологии быстрых реакторов с натриевым охлаждением



на разных стадиях готовности находятся проработки новых проектов АЭС с быстрыми натриевыми реакторами, с быстрыми реакторами с тяжелым металлическим теплоносителем и набор проектов по малой и средней энергетике

# Оценка уровня технологической готовности России к обеспечению инновационного развития ЯЭ

## По технологиям замкнутого ЯТЦ:



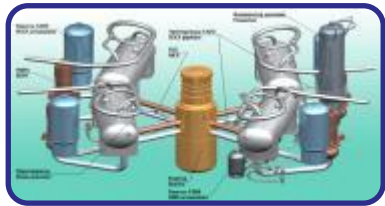
на промышленном уровне продемонстрирована технология водной переработки ОЯТ с выделением плутония и остекловыванием высокоактивных РАО (РТ-1)



на опытно-экспериментальном уровне продемонстрированы таблеточная и вибро-технологии изготовления МОКС топлива быстрых реакторов с натриевым теплоносителем



проводятся НИОКРы по разработке альтернативных технологий топливного цикла с быстрыми реакторами (нитридное топливо, сухие методы переработки ОЯТ, трансмутация МА в быстрых реакторах, элементов технологии уран-ториевого цикла)



рассматриваются концепции гибридных ускорительно управляемых установок и жидкосолевых реакторов для целей выжигания долгоживущих РАО

# Оценка уровня технологической готовности России к обеспечению инновационного развития ЯЭ

## По технологиям ядерных энергоисточников для «неэлектрических» применений:



продемонстрирована возможность использования ядерных энерготехнологий для целей опреснения морской воды (БН-350) и для целей регионального теплоснабжения (Билибинская АЭС)



на разных стадиях готовности находятся технологии производства энергии для «неэлектрических» и смешанных применений и проекты ЯЭУ для реализации этих технологий (установки транспортной и космической энергетики, теплоснабжения, опреснения воды, газификация угля, производства водорода)

# 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

# Тактика и стратегия развития ЯЭС России

## Текущий этап:



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



создание и отработка базовых элементов новой технологической платформы по замыканию ЯТЦ, обеспечивающих минимизацию радиационной нагрузки при переработки ЯТ и изоляции РАО



обеспечение роста экспорта референтных ядерных энерготехнологий



исследование потребностей рынка для региональной ЯЭ малой и средней мощности и ее «неэлектрического» применения



# Уровень глобализации



## ядерной энергии

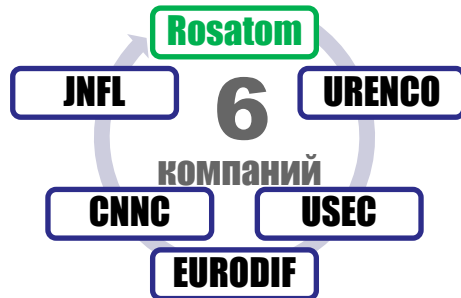
производит 70%  
ядерной  
электроэнергии  
мира



имеют мощности по  
переработке ядерного  
топлива



имеют  
продвинутое  
разработки по  
быстрым  
реакторам



ведут  
промышленное  
обогащение  
урана



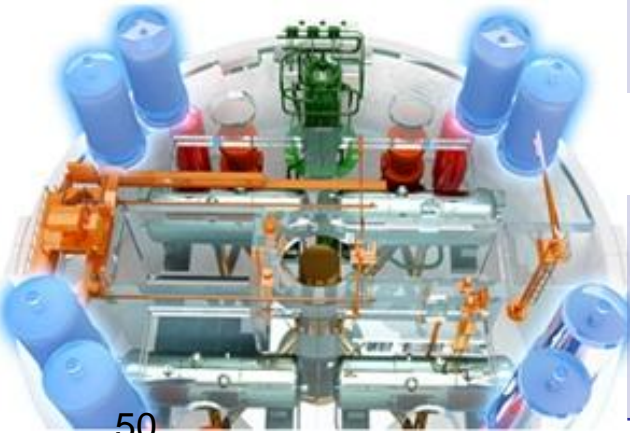
составляют  
80%  
реакторного  
парка мира

# Приоритетные задачи ЯЭК

## Обоснование и реализация предложений по: России

**Дальнейшее  
развитие  
технологии  
ВВЭР**

- повышению потребительской привлекательности (надежность, безопасность, маневренность и т.д.)
- расширению мощностного ряда (от 100 до 1800 МВт)
- созданию ВВЭР со спектральным регулированием для эффективной работы в открытом и замкнутом топливном цикле
- созданию ВВЭР-СКД с критическими параметрами теплоносителя
- развитию отдельных технологий ВВЭР (горизонтальный парогенератор новой конструкции...)
- разработке новых конструкционных материалов для ВКУ и оболочек ТВЭЛОВ
- внедрению новых выгорающих поглотителей
- реализации топливно-ресурсного обеспечения с созданием оптимальной структуры ЯТЦ (улучшение топливоиспользования, повышение коэффициента воспроизводства, вовлечение ресурсов тория)



# **Роль Международного Союза Ветеранов Ядерной Энергетики и Промышленности Роль ядерного образования**

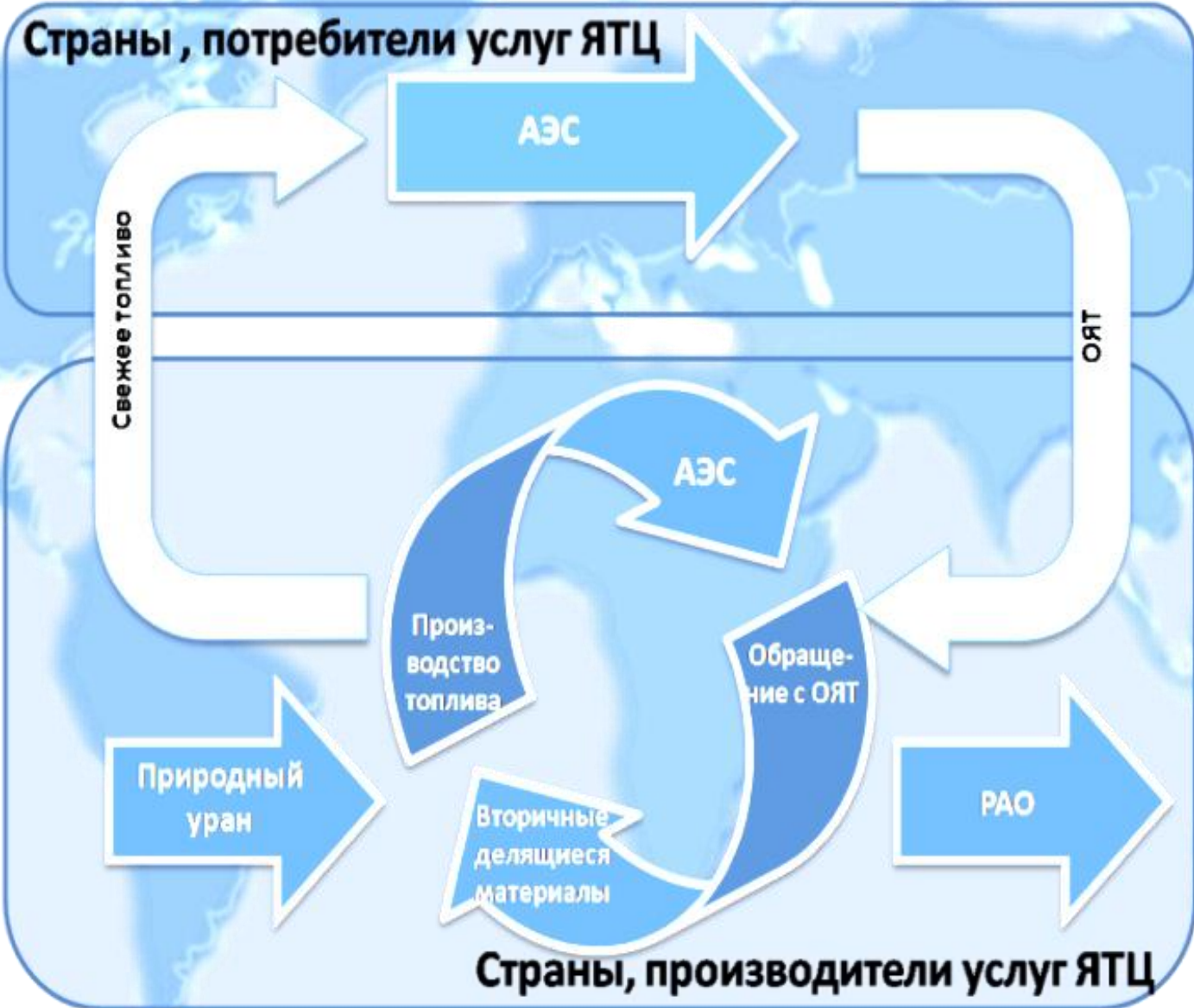
(в широком смысле – от студентов до ведущих руководителей) исключительно велика.

Традиционные инновационные пути предполагают, что для решения проблемы долгосрочного развития ядерной энергетики необходимы:

- быстрые реакторы-бридеры на Pu, замкнутый топливный цикл с переработкой и многократным использованием плутониевого уранового топлива, реакторы малого размера и т.д.

- в результате будет увеличение риска распространения ядерного оружия, возможное неизбежное увеличение числа новых 'ядерных' государств.

**Страны, потребители услуг ЯТЦ**



**Страны, производители услуг ЯТЦ**

Двойственный характер ядерной техники, заключающийся в возможности ее использования в равной степени в мирной и военной сфере, является основным противоречием существующего режима ядерного нераспространения и полномасштабного развития ядерной энергетики (ЯЭ) и её топливного цикла (ЯТЦ). Связанный с этим антагонизм между необходимостью развития гражданской ЯЭ, расширения круга стран и сфер ее приложения, с одной стороны, и риском передачи ядерных технологий и делящихся материалов, потенциально применимых в военной сфере, с другой, определяет основную угрозу режиму нераспространения.

Возрастающий накал ситуации в ядерном нераспространении в начале нового тысячелетия совпал с новым циклом возобновления интереса к ЯЭ.

**С одной стороны,** -это связано со стремлением к использованию ядерных технологий со стороны новых стран, различных по своему уровню и характеру промышленной культуры.

**С другой стороны,** - рост риска связан со стремлением к дальнейшему развитию инновационных технологий: например ,ЯЭУ малой мощности для развивающихся стран ; реакторов - размножителей , работающих в замкнутом ЯТЦ с переработкой и повторным использованием делящихся материалов, прежде всего плутония, высоко эффективной технологии «центрифужного» обогащения И Т.П. .

**Оба эти фактора** - неминуемо ведут к повышению риска переключения ядерных технологий с мирной на военную деятельность.

Это особенно очевидно с учетом возрастания угрозы ядерного и радиационного терроризма при наблюдаемом расширении сфер возможного приложения ядерной науки и технологий. Недопущение распространения ныне является более актуальным, чем когда-либо ранее.

При этом становится всё более ясно , что **только институциональные, технологические или/и запретительные (контрольные) меры** международных организации- не создают полной гарантии в особенности с учетом потенциальной опасности терроризма.

Как отмечается в документах МАГАТЭ, окончательное решение проблемы ядерного нераспространения на сегодня неясно в принципе – как в техническом, так и в юридическом плане. **Это наиболее сложный вопрос, стоящий перед полномасштабным развитием стабильной ядерной энергетики.**



Речь идет о создании и развитии **Международных центров ядерного топливного цикла** и глобального партнерства в области ЯЭ - **Международных центров** для наиболее «чувствительных» областей развития ЯЭ :

- **международных центров ЯТЦ по обогащению и снабжению развивающихся стран низко обогащенным урановым топливом;**
- **международных центров ЯТЦ по переработке ОЯТ и производству плутониевого топлива для быстрых реакторов и по утилизации этого топлива в реакторах на быстрых нейтронах;**
- **международных центров ЯТЦ по наработке в быстрых реакторах (в ториевых экранах) урана-233 и производство на его основе низко обогащенного уранового («искусственного») топлива для тепловых реакторов: уран-233 + уран-238 (для долговременного обеспечения топливом развивающихся и «малых» стран);**
- **международных центров ЯТЦ по обращению с ядерными отходами (по захоронению отходов).**

Эффективное решение этих глобальных проблем невозможно без международной кооперации, без мобилизации финансовых, материальных и, главное, — интеллектуальных ресурсов стран-«доноров», т. е. стран, обладающих необходимым научным и техническим потенциалом, соответствующими научными школами и развитой промышленной инфраструктурой.

Более того, для достижения консенсуса в решении проблемы нераспространения и безопасного развития экологически приемлемого ЯТЦ необходимо показать «профит» от реализации этих инициатив для развивающихся и «малых» стран (например, стран Восточной и Центральной Европы) в рамках всей проблемы долгосрочного развития ядерной энергетики, а не только ее ближайших отдельных этапов,

# Ядерная энергия в КВт·ч / чел в различных регионах

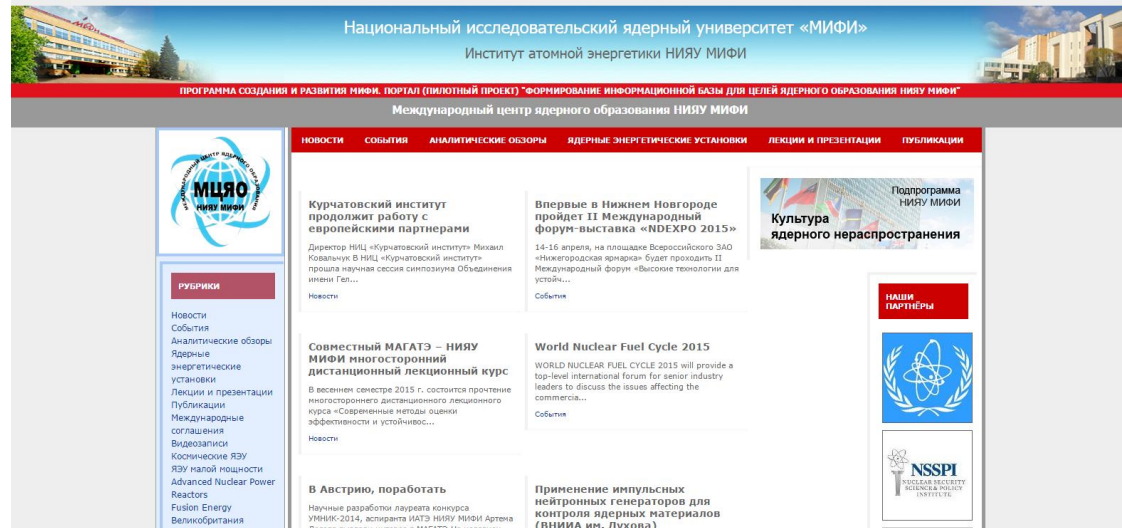


# Международный центр ядерного образования НИЯУ МИФИ

Официальный сайт МЦЯО НИЯУ МИФИ.

<http://icne.iate.obninsk.ru/>

- Новости по тематикам ядерного образования
- Аналитические обзоры
- Лекции и презентации
- Публикации
- Обзоры ядерных технологий
- Журналы мероприятий центра
- Видео материалы
- И многое др.



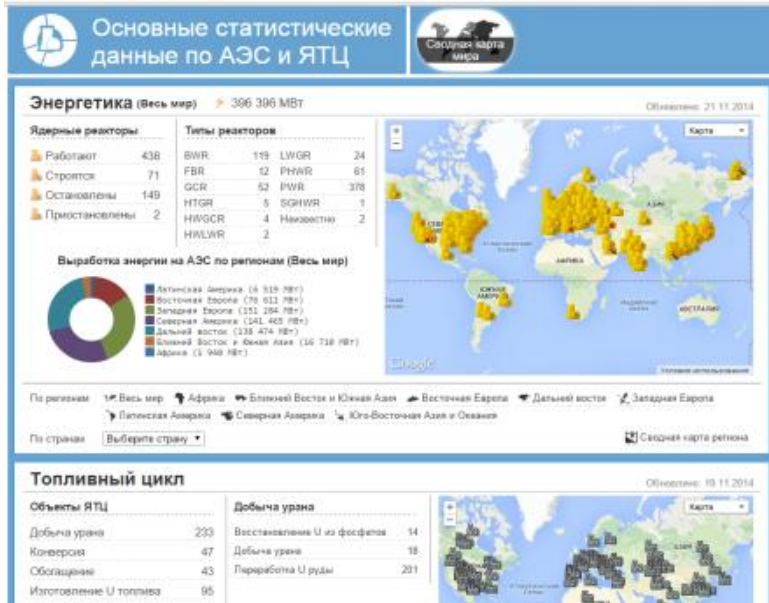
- Электронный портал обедняющий все ресурсы сотрудников коллектива МЦЯО
- Содержит дайджест основных новостей и событий сайтов входящих в группу МЦЯО и коллег



# Информационный ресурс «Основные статистические сведения по АЭС и ЯТЦ»

Ссылка

<http://lannp.iate.obninsk.ru/nuclearmap1/>



- Приложение отображает текущее состояние атомной энергетики в мире: атомные электрические станции, объекты ядерного топливного цикла, делящиеся материалы. Имеется возможность фильтрации объектов по типу, состоянию и местоположению. Данные ежедневно обновляются на основе баз данных МАГАТЭ.

Ссылки



<https://play.google.com/store/apps/details?id=lannp.keynps>

- Андроид приложение информационного ресурса «Основные статистические сведения по АЭС и ЯТЦ»



NUCLEAR DATABASE OF UNIVERCITY  
SCIENCE, EDUCATION, HISTORY

# HISTORY OF NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT



NUCLEAR DATABASE OF UNIVERCITY  
SCIENCE, EDUCATION, HISTORY

# FAST BREEDER REACTORS AND NUCLEAR FUEL CYCLE





# Систематическое почтение лекций для студентов

- Института атомной энергетики и ядерных технологий НИЯУ МИФИ,
- Института международных отношений НИЯУ МИФИ
- Иностранных студентов ИАТЭ НИЯУ МИФИ
- Студентов ядерных специальностей вузов СНГ.



## Ссылки

- <http://og40.ru/?p=4672>
- <http://www.iaea.org/INPRO/News/2014/2014-04-25-inpro.html>
- [http://lannp.iate.obninsk.ru/index.php?subpage\\_id=49](http://lannp.iate.obninsk.ru/index.php?subpage_id=49)
- [http://lannp.iate.obninsk.ru/index.php?subpage\\_id=43](http://lannp.iate.obninsk.ru/index.php?subpage_id=43)
- [http://lannp.iate.obninsk.ru/index.php?subpage\\_id=41](http://lannp.iate.obninsk.ru/index.php?subpage_id=41)

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

<http://icne.iate.obninsk.ru/>

<http://cnkm.iate.obninsk.ru/>

[VMMurogov@mephi.ru](mailto:VMMurogov@mephi.ru)

# Ранняя истории развития ядерной энергетики лаборатории

- Энрико Ферми и его коллеги получили контролируруемую цепную реакцию на Чикагском котле (Chicago Pile-1, CP-1) 2 декабря 1942г.
- CP-1 была демонтирована и собрана заново на Аргоннской площадке как Чикагский котел-2 (CP-2) в марте 1943г.
- Первый в мире реактор с тяжеловодным с замедлителем CP-3 был построен в 1944г.
- Ферми задумал быстрый реактор в апреле 1944 года, и следующим реактором в серии CP-4 был быстрый реактор Clementine 1946г.





Experimental Breeder Reactor-I. By illuminating four light bulbs EBR-I became the world's first electricity-generating nuclear power plant

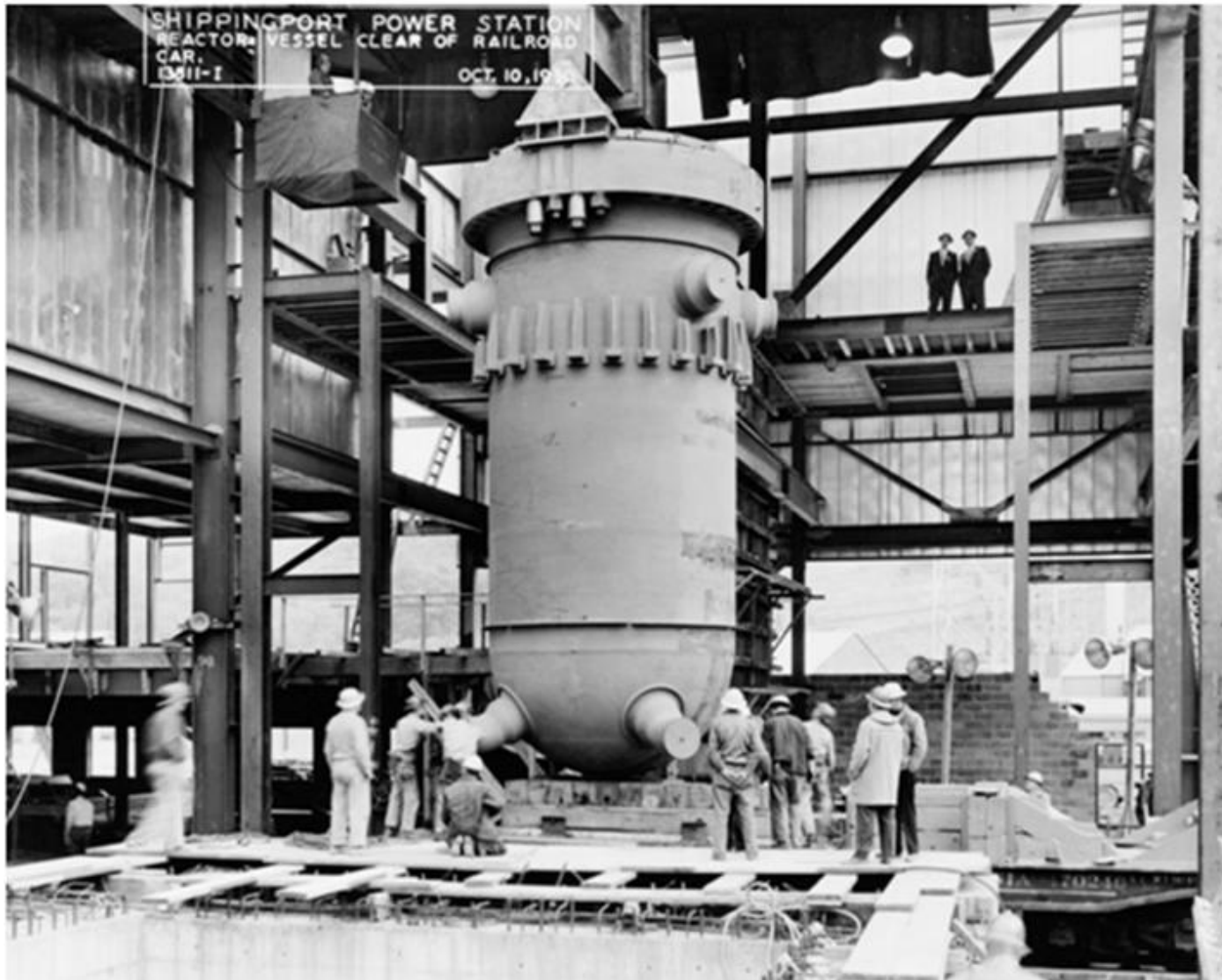
# Первая в мире АЭС



# Колдер Холл



# АЭС Шиппингпорт



# Авария на Три-Майл-Айленде





# Чернобыльская авария



# Защитные оболочки реакторов- после аварии



