

Состояние и проблемы развития ядерной энергетики в мире и роль Международного Агенства по Атомной Энергии (МАГАТЭ)

**Международный Центр Ядерного Образования НИЯУ (МИФИ),
Центр Управления Ядерными Знаниями ИАТЭ НИЯУ МИФИ ,
Международный Союз Ветеранов Атомной Энергетики и Промышленности**

проф. В.М.Мурогов

Обнинск – «ФОРСАЖ» , 13 июля 2017 г.

Первая в мире АЭС



История Развития Использования Ядерной Энергии в России и в мире

**150 Лет Академику Владимиру
Ивановичу Вернадскому –
основоположнику учения о
биосфере**

На общем собрании **Академии наук России**

В.И. Вернадский выступил с докладом
«**Задача дня в области радия**», в котором
изложил целую программу геологических и
лабораторных исследований, направленных
на поиски урановых руд и **овладение
энергией атомного распада.**

26 марта 1910 года

***"Мир рвался в опытах
Кюри
Атомной, лопнувшей
бомбой
На электронные струи
Невоплощенной
гекатомбой".***

А. Белый в своей поэме "Первое свидание" (1921 г.).

„Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не могут сравняться все им раньше пережитые. Не далеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие. Но ясно, что это должно быть.

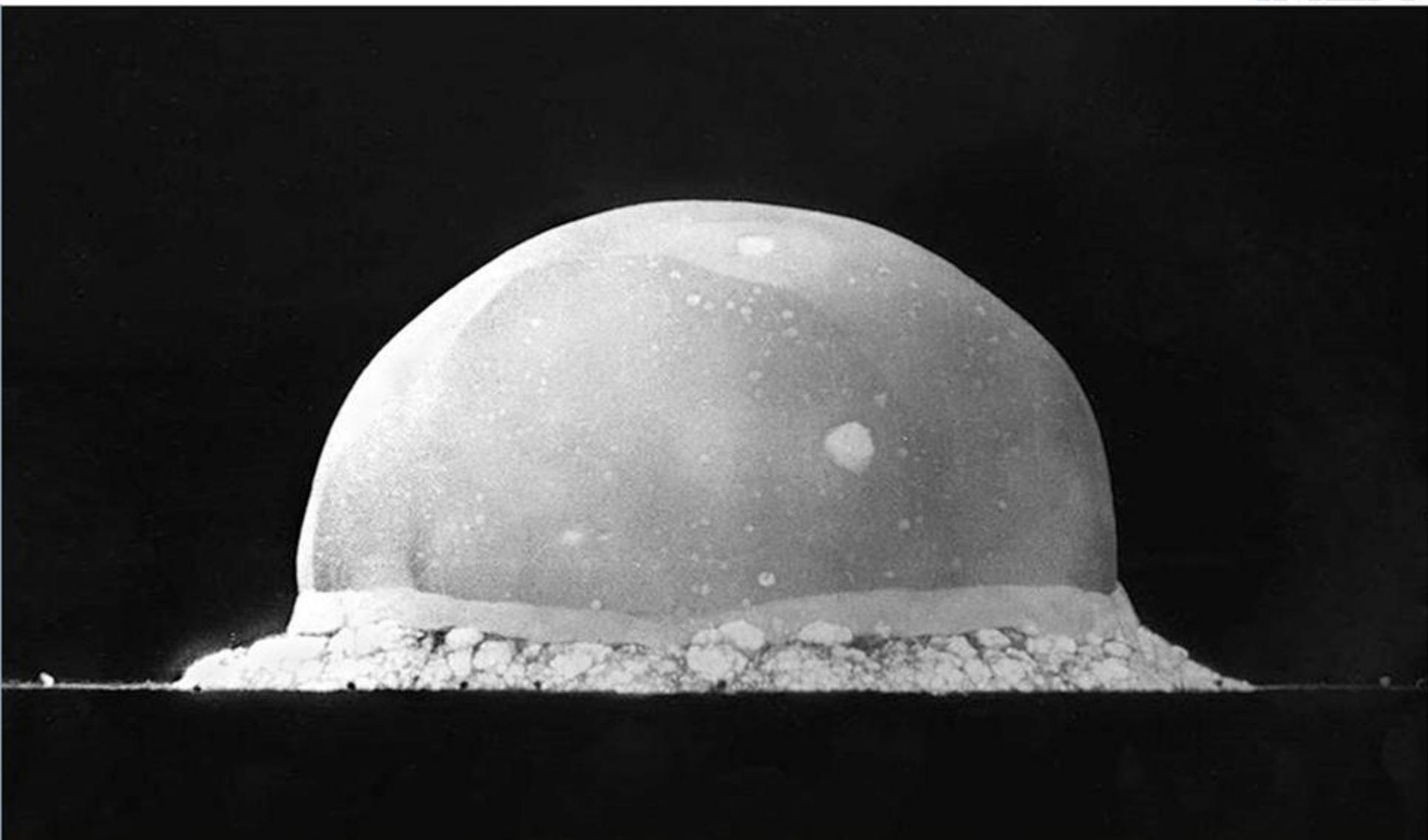
Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение?

Дорос ли он до умения использовать ту силу, которую неизбежно должна дать ему наука?

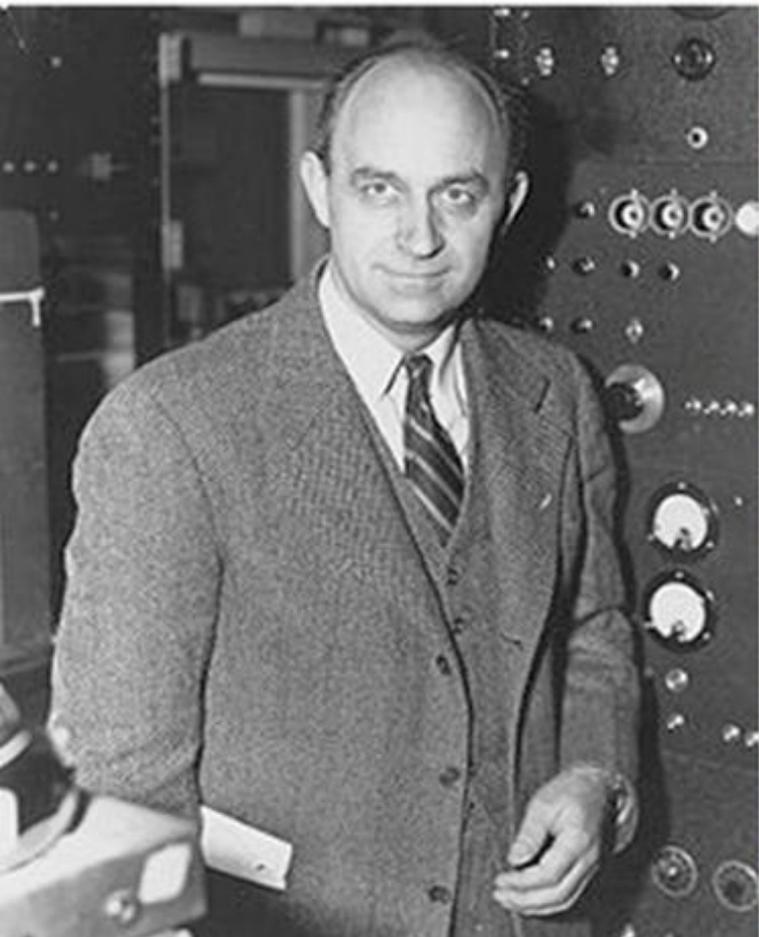
Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного прогресса. Они должны себя чувствовать ответственными за все последствия их открытий. Они должны связать свою работу с лучшей организацией всего ” человечества.

В. И. ВЕРНАДСКИЙ 1922.

Взрыв Тринити, 0.016 секунд после детонации



Первая цепная реакция



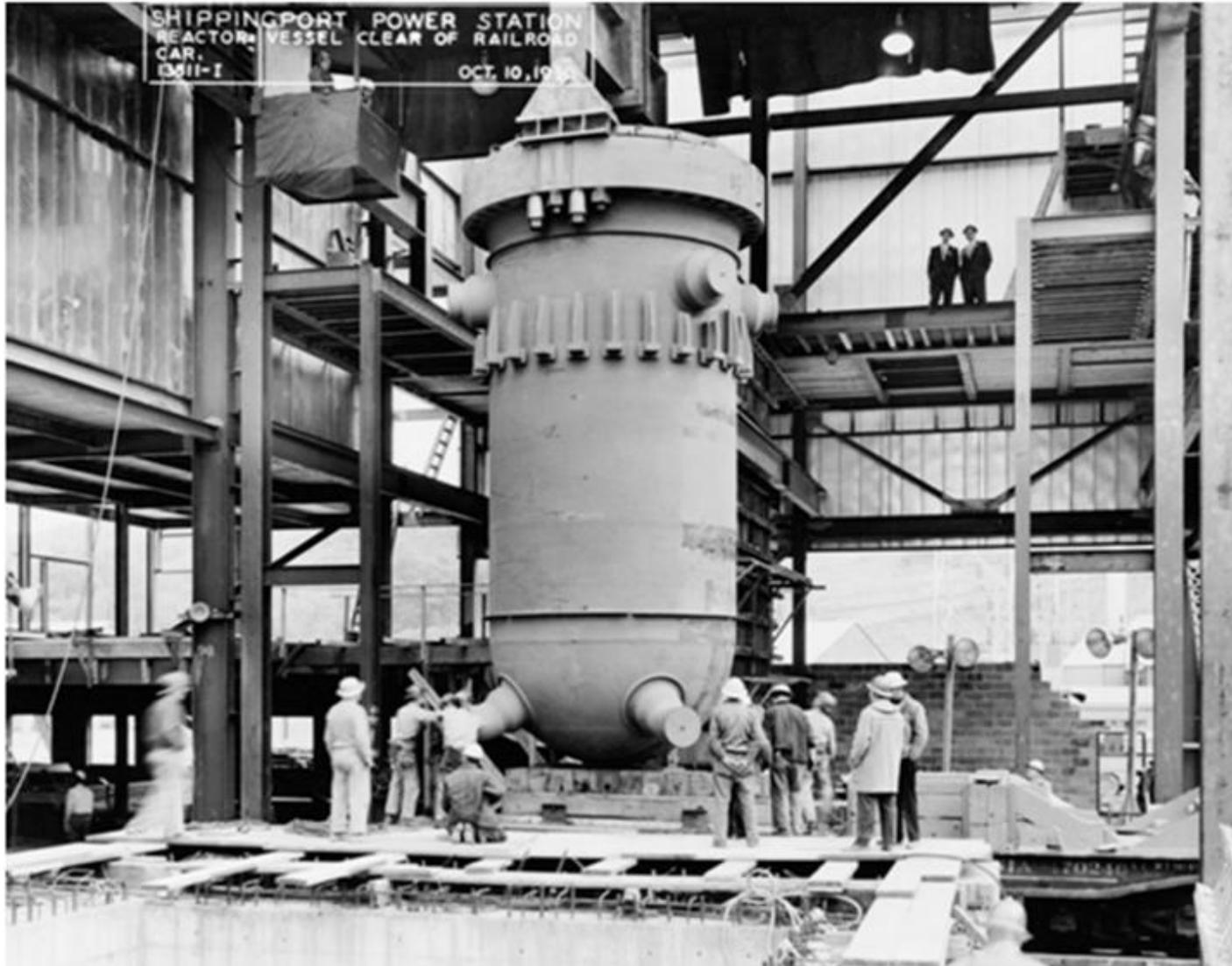


1951 - 65 Years ago - Experimental Breeder Reactor-I. By illuminating four light bulbs EBR-I became the world's first electricity-generating nuclear power plant

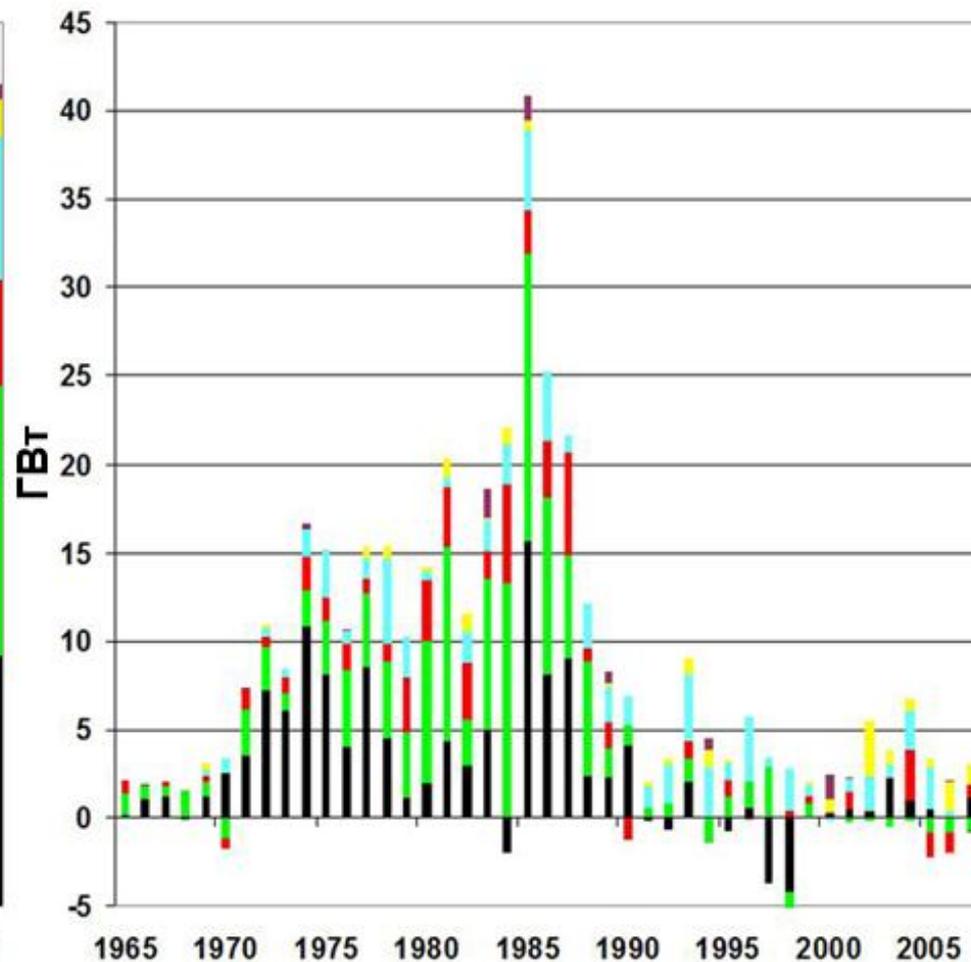
Первая в мире АЭС



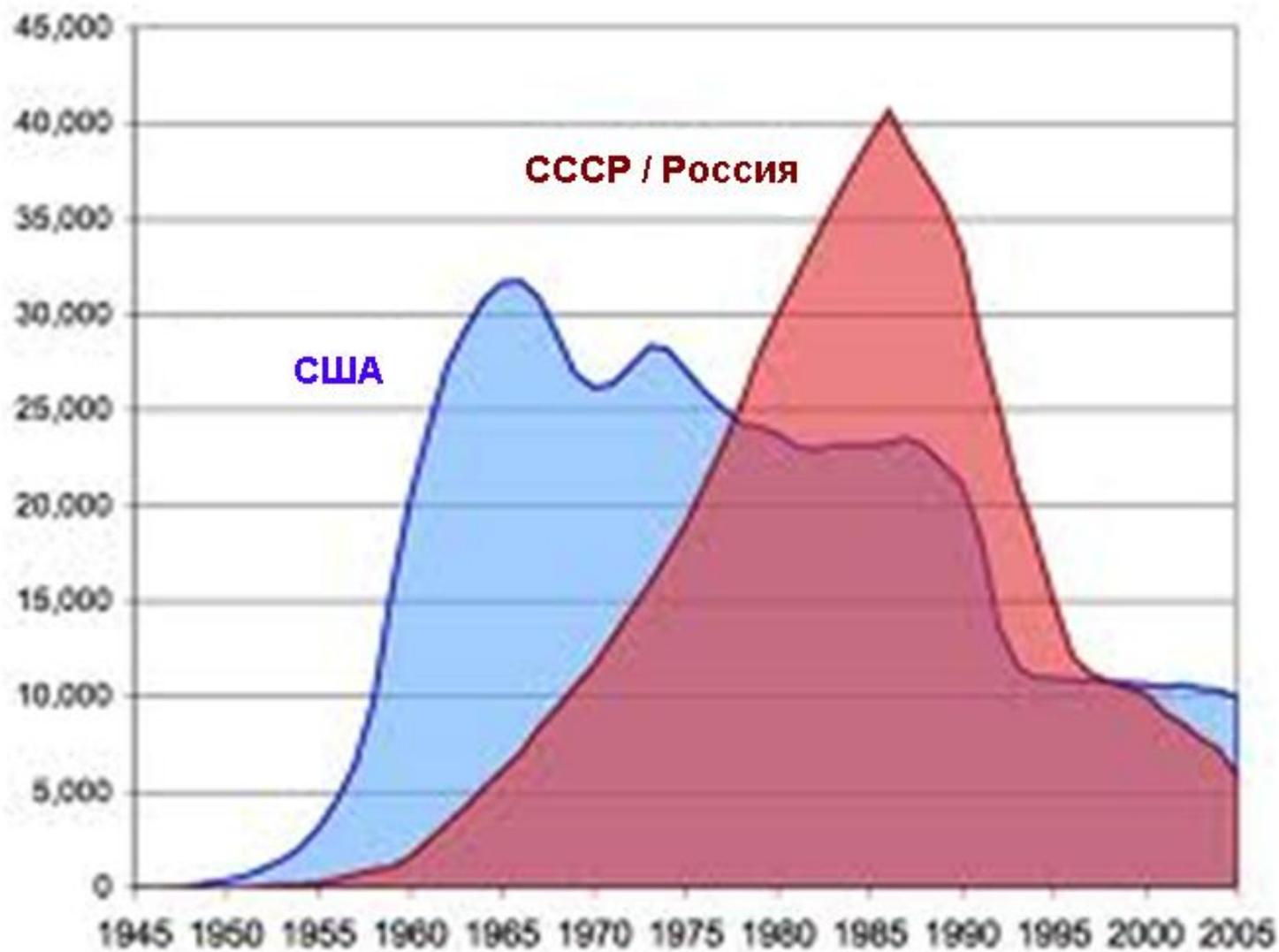
АЭС Шиппингпорт



Рост ядерных мощностей и строительных площадок



Ядерные запасы США и СССР



Ядерная гонка вооружений



USS NAUTILUS (SSN-571)



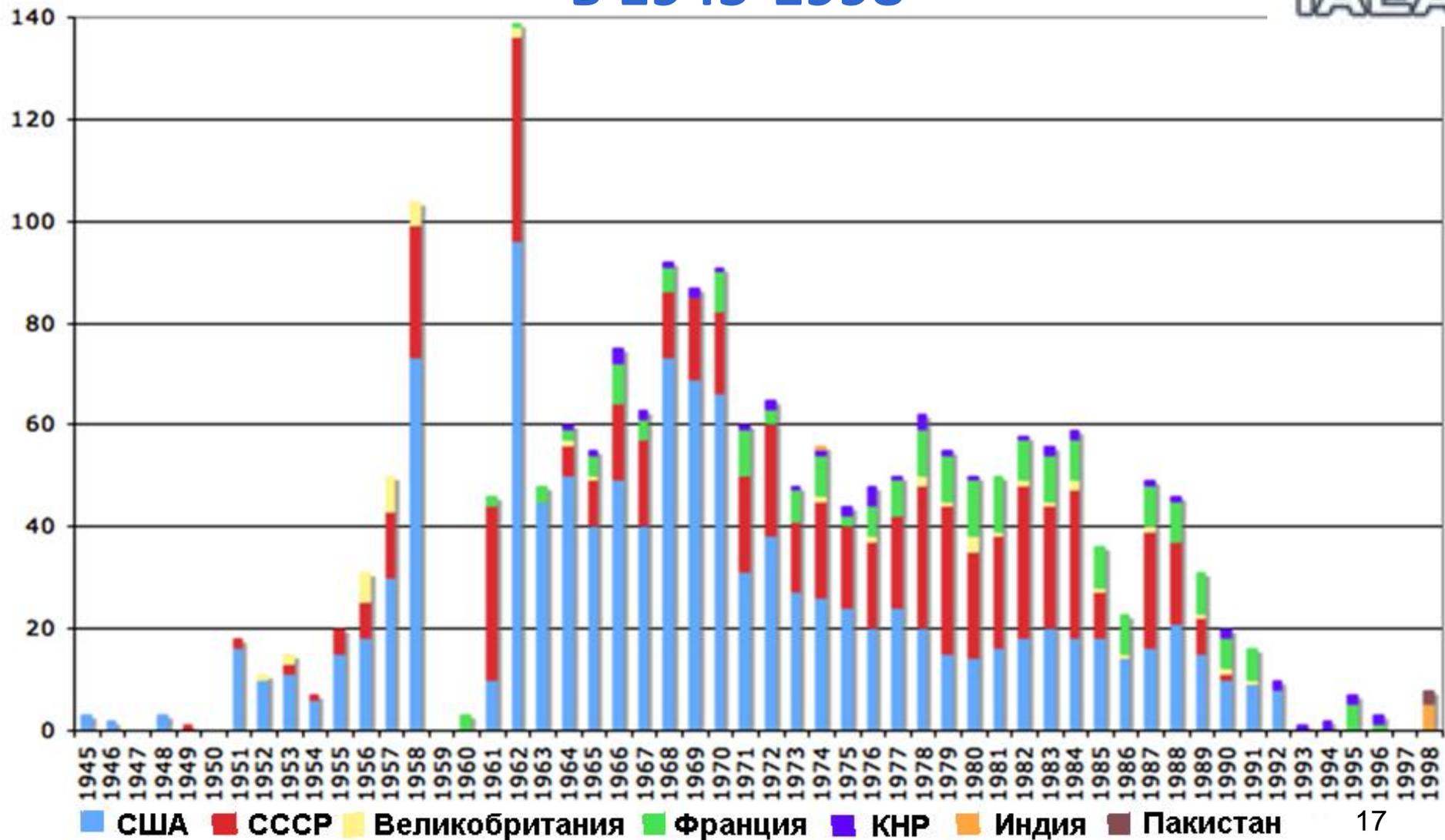
Первая в мире атомная подводная лодка, спущенная на воду в США в 1954 году



Российская «Акула»

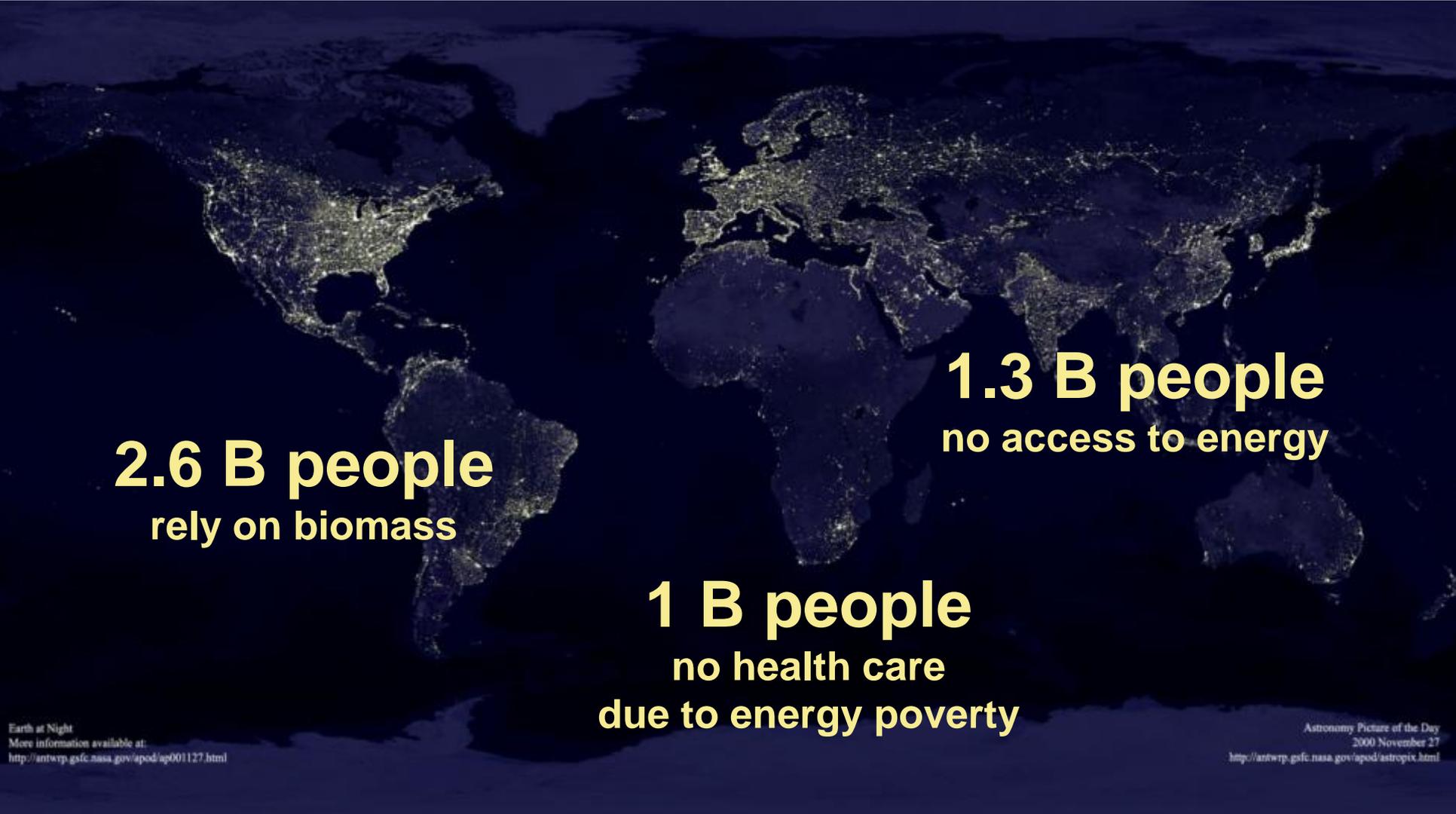


Испытания ядерного оружия в мире в 1945-1998



Современное состояние Ядерной Энергетики

Energy 2016



2.6 B people
rely on biomass

1.3 B people
no access to energy

1 B people
no health care
due to energy poverty

Мировая ядерная энергетика к 2017 году (РНЦ КИ)

СОСТОЯНИЕ:

439-450 действующих блоков АЭС (в 2012–2017 гг.) суммарной установленной мощностью **375,9-391,9** ГВт(э)

61 блоков строятся в **15** странах.

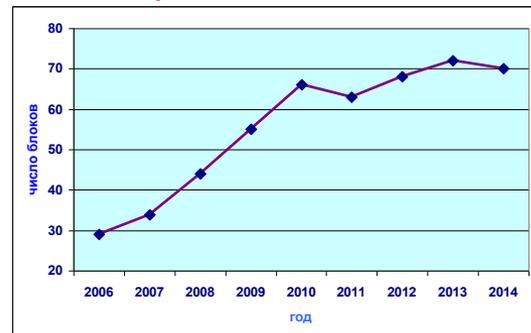
СОБЫТИЯ 2016 г.:

10 ядерных энергоблоков подключены к сети: **5** – в Китае, по одному – в Южной Корее, США, Пакистане и России.

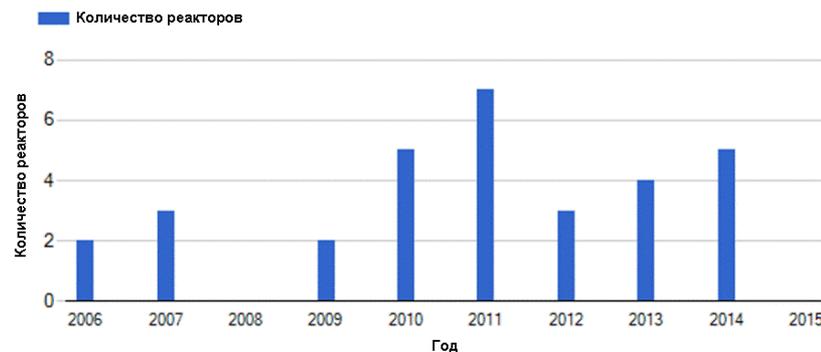
Начато строительство **трех** ядерных энергоблоков: в Китае (2) и Пакистане .

Окончательно остановлено **6** ядерных энергоблоков (4-Япония, 1-США, один –Германия)

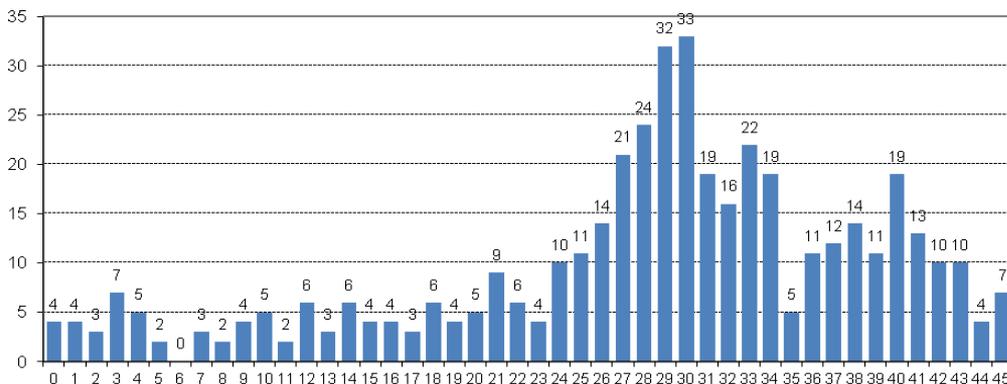
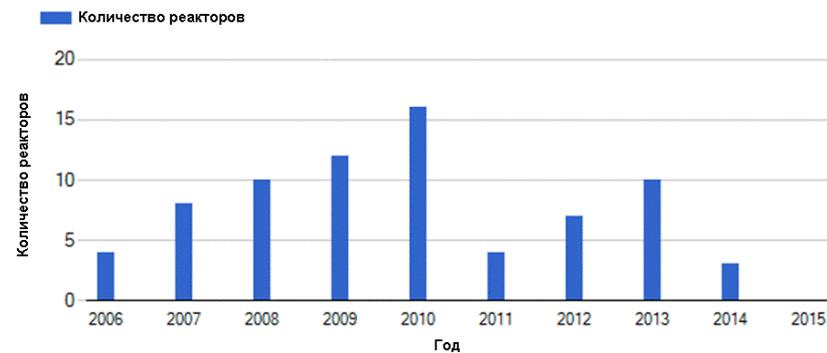
Строительство по годам



Подключение к сети по годам

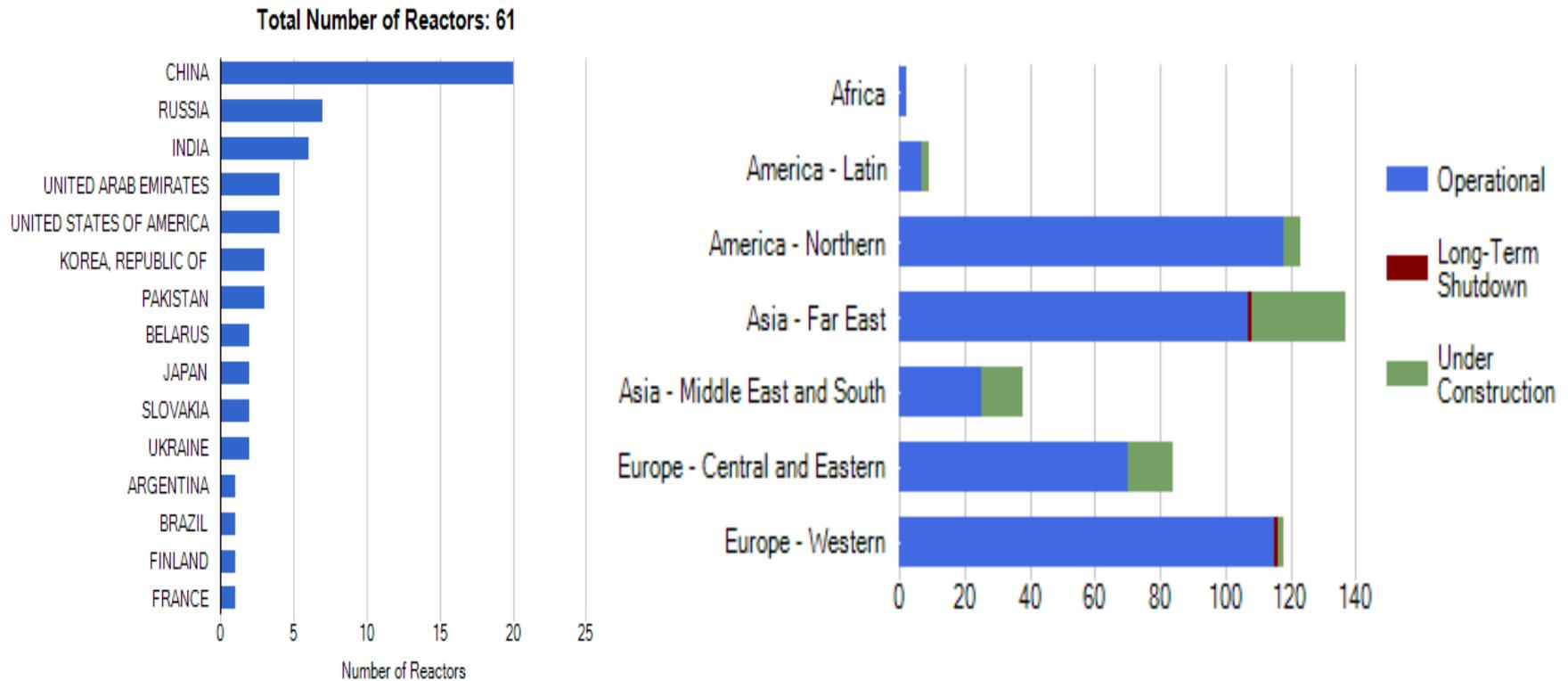


Начало строительства по годам



Status of Current Operating NPPs

- Operating Nuclear Power Plants: **450**
- Nuclear Power Plants under construction: **61**
- Power Plants recently connected to grid

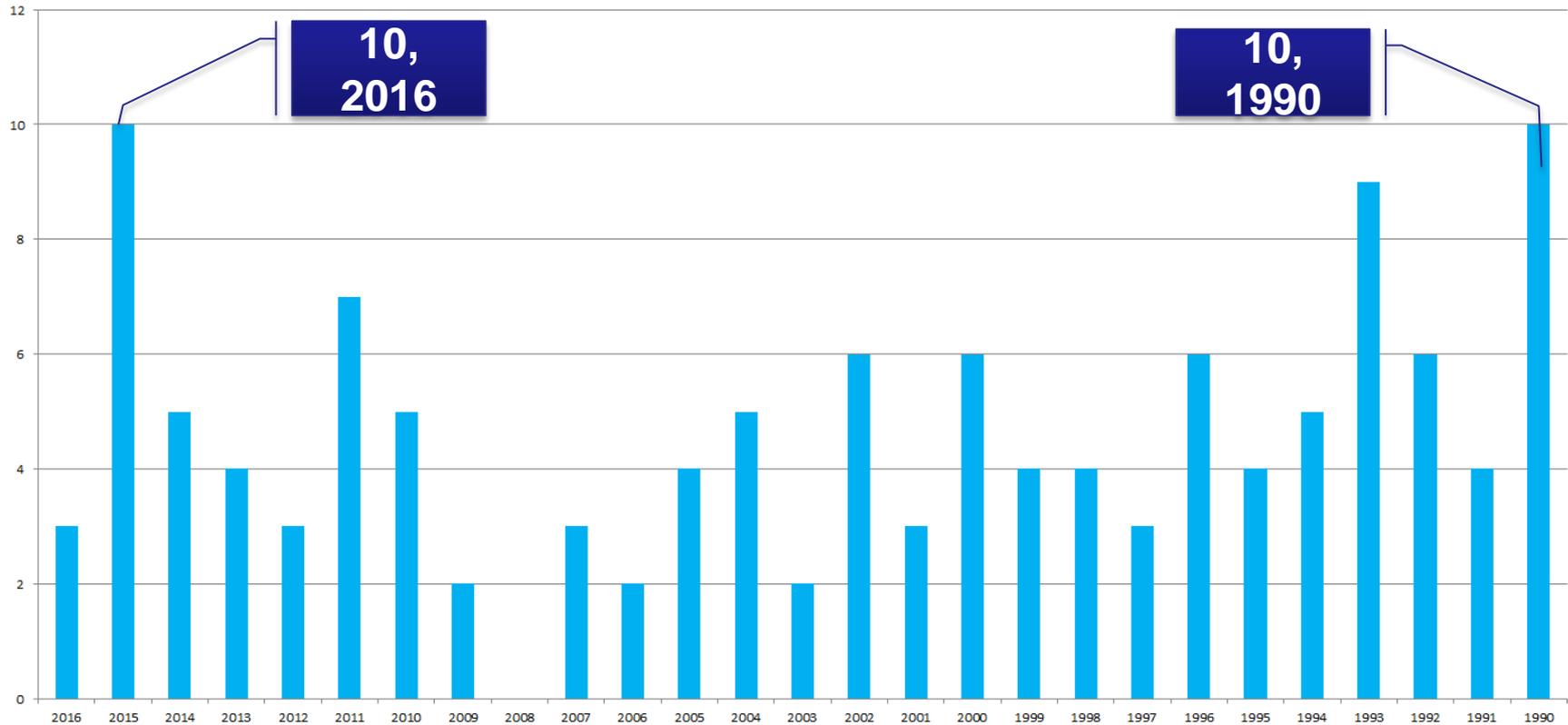


Reactors Connected to Grid

Highest number of reactors connected to grid Since 1990!

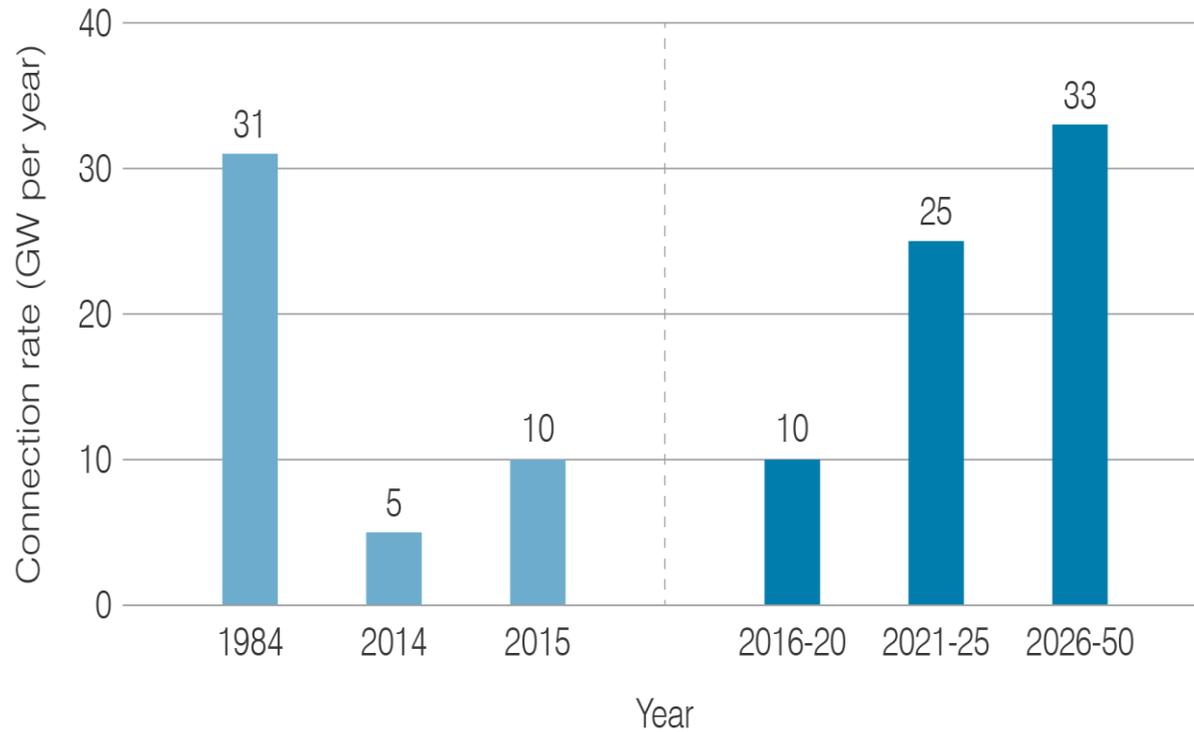
Reactors Connected to the Grid

Source: IAEA PRIS Database

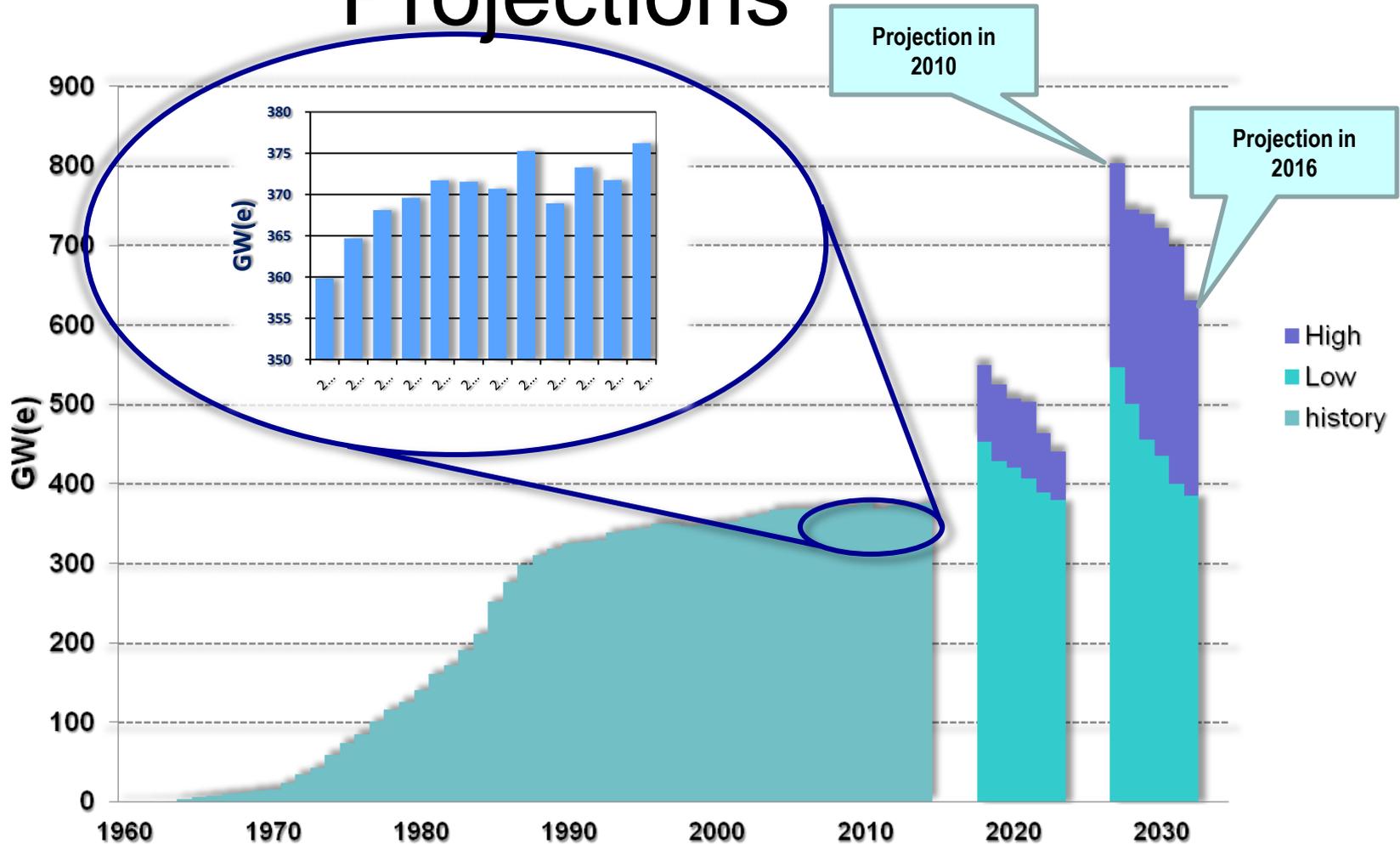


China: 5/10

Nuclear Grid Connection Rates Required to Meet the Harmony Target of 1000 GW of New Build by 2050

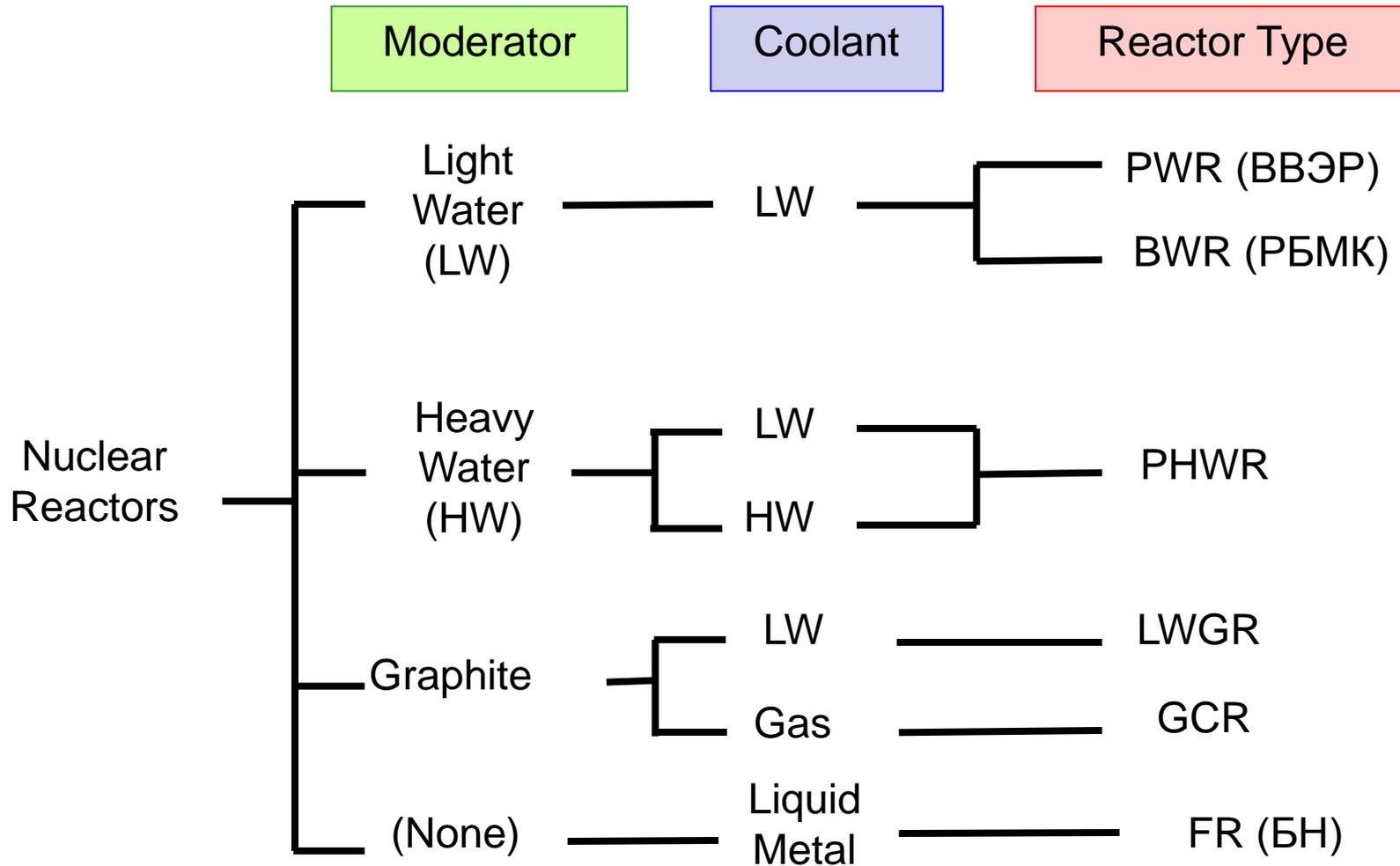


Nuclear Capacity 2020 – 2030: Projections



Ref.: Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, 2015 Edition, IAEA

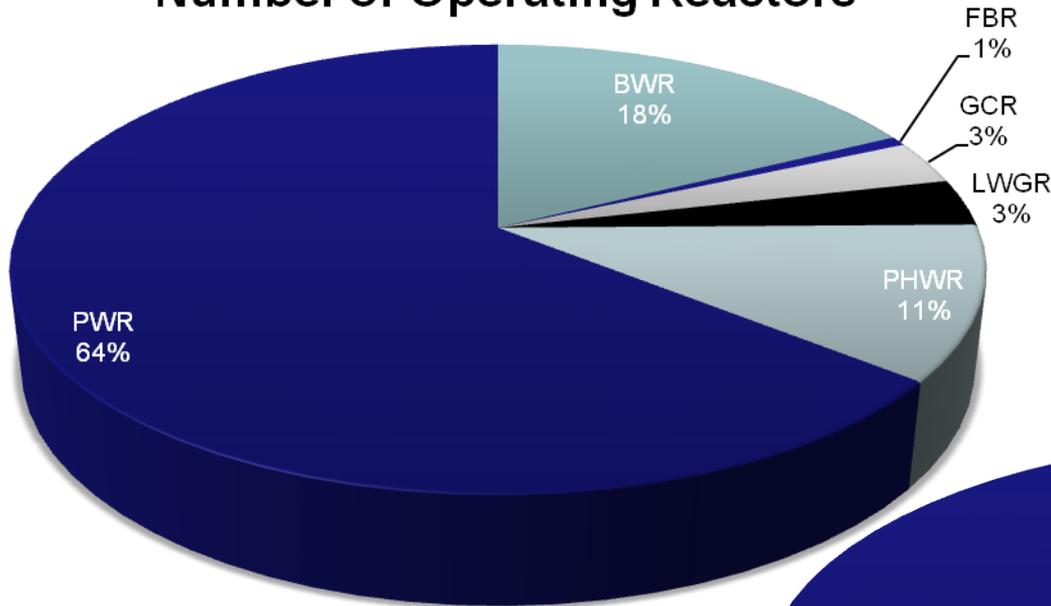
Classification of Reactor Type



Innovative reactors could be of any type or even the ones not listed here

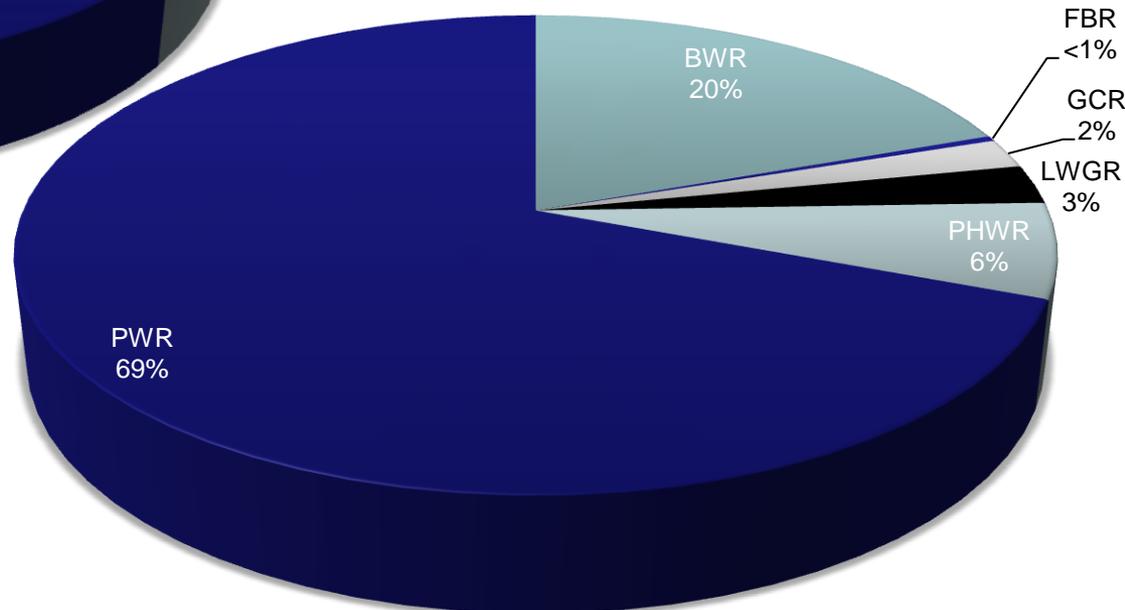
Major Types

Number of Operating Reactors



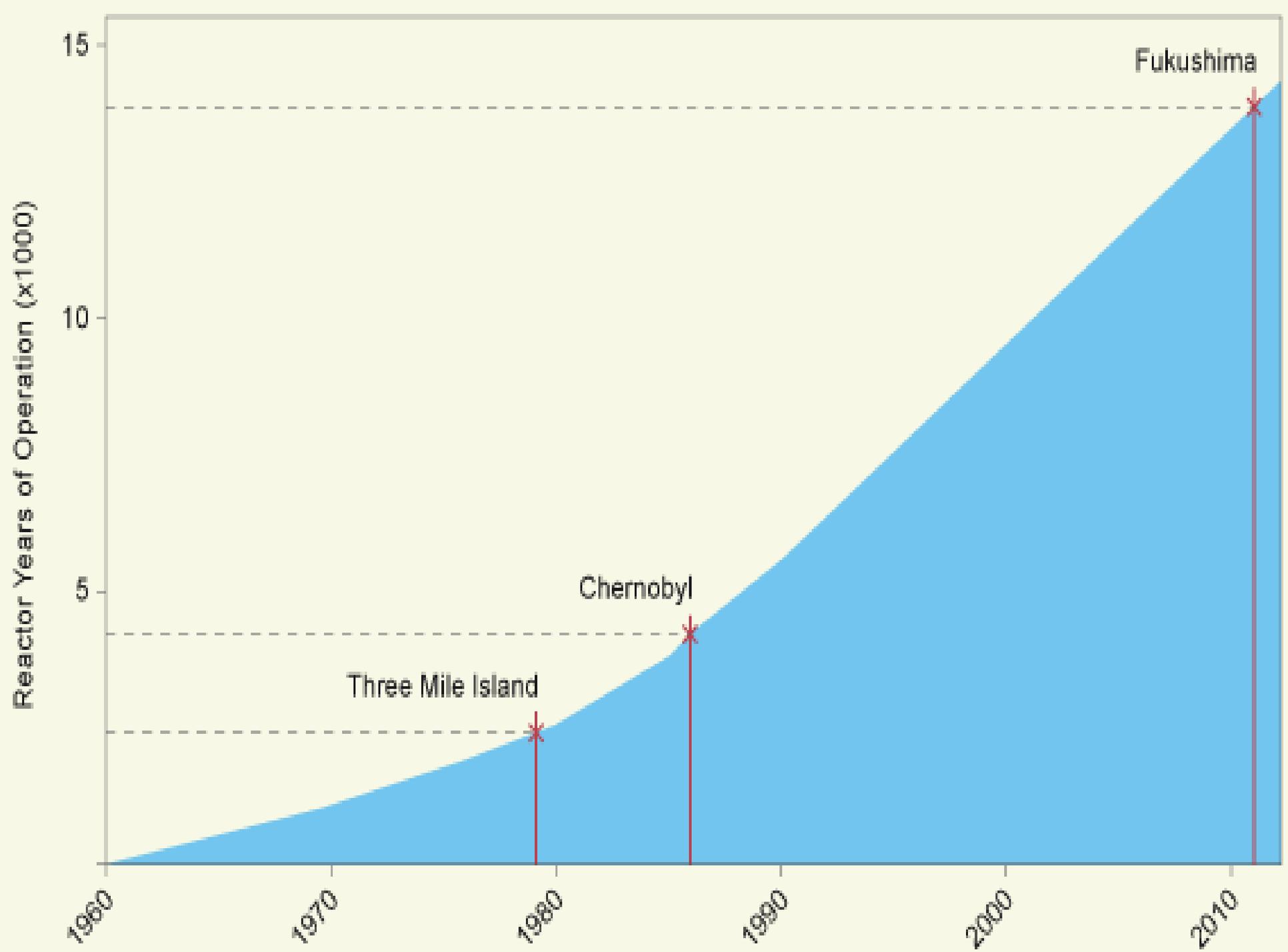
Major contribution by PWRs

Total Net Electrical Capacity



Global Share of Nuclear ~ 11%

Современные проблемы развития Ядерной Энергетики



Авария на Три-Майл-Айленде



Чернобыльская авария



Защитные оболочки реакторов- после аварии



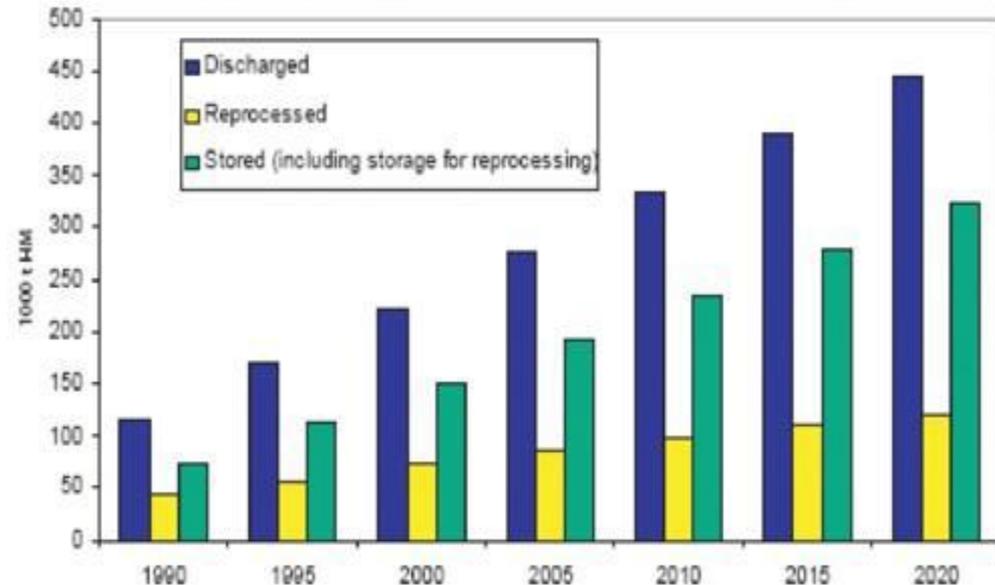
Необходимые условия для крупномасштабного развития ядерной энергии

Гарантии безопасности

- ядерной
- радиационной
- экологической
- нераспространение (ядерного оружия)

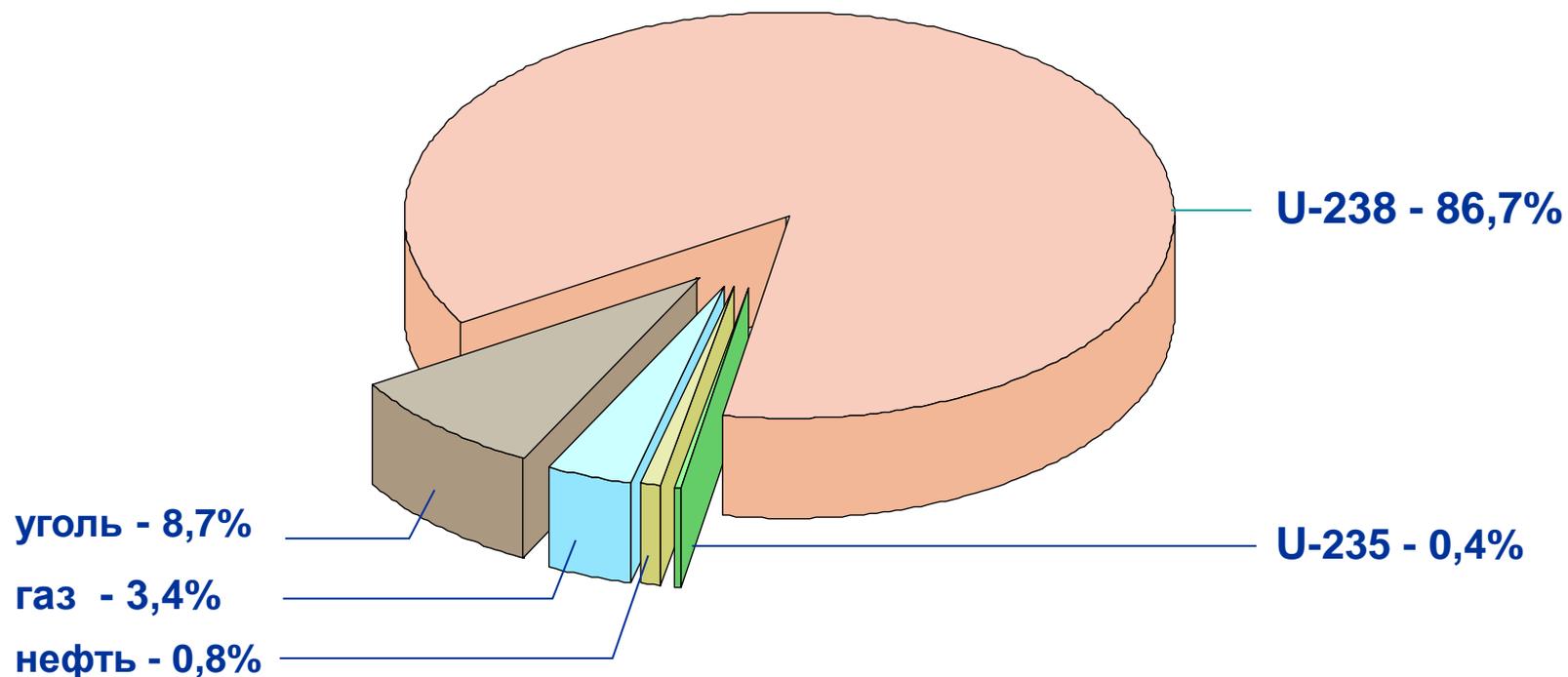
WORLD SPENT NUCLEAR FUEL ARISING AND AMOUNT OF SNF REPROCESSED AND STORED

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.



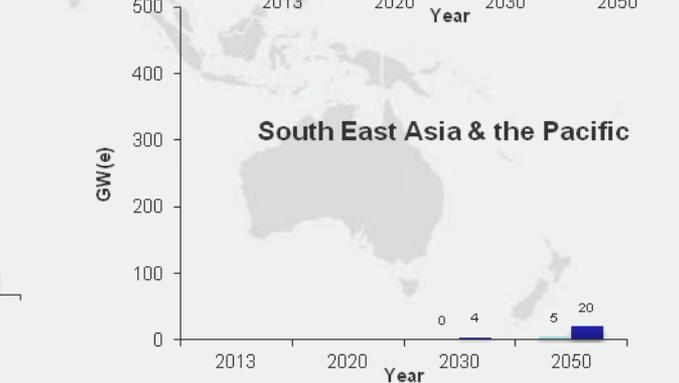
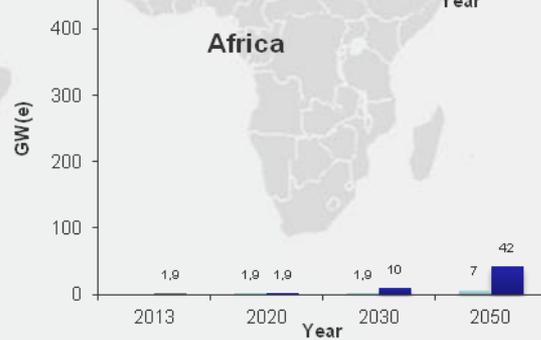
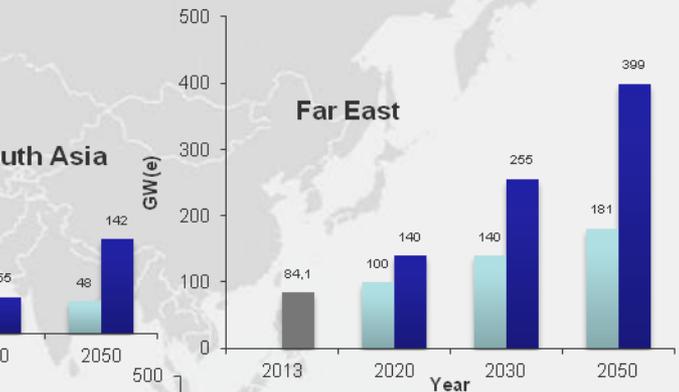
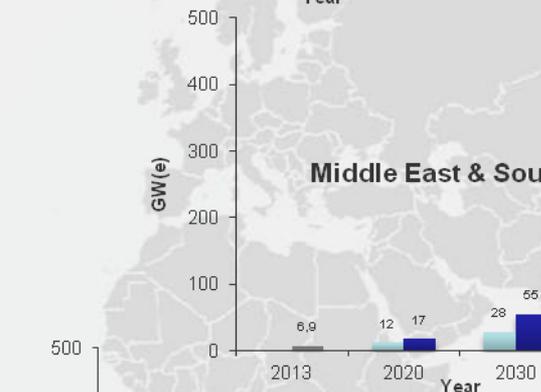
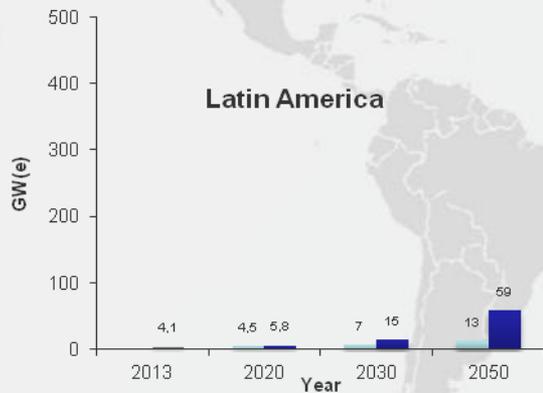
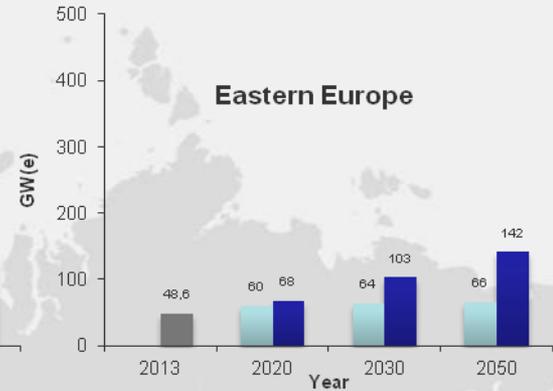
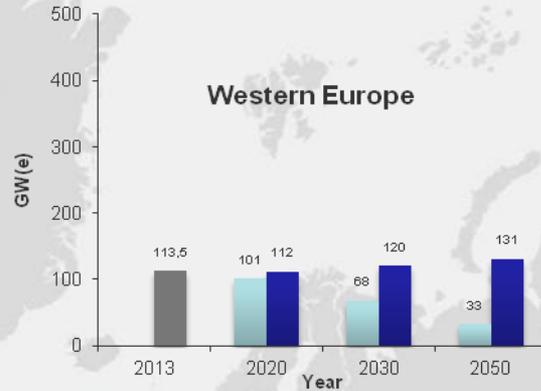
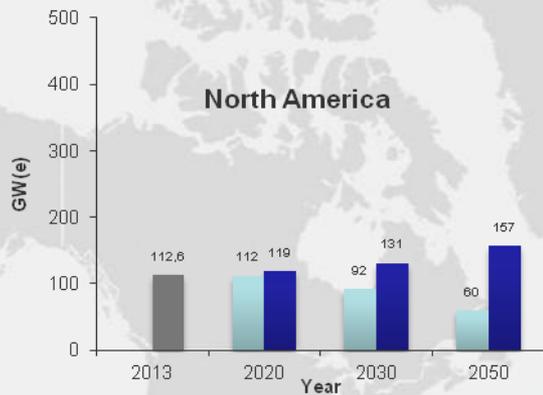
- Projections indicate that the cumulative amount generated in the world by the year 2020 may surpass 440000 tHM of which about 320000 will be in storage. Of this total amount in 2020, the amount in western Europe will remain about the same (because of reprocessing SNF) and will be around four-fold in 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.

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРИРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ



NP Development in Different Regions

- High Estimate 1100 ГВт
- Low Estimate 415 ГВт
- Current Capacity 379 ГВт



Речь Эйзенхауэра «Атом для мира»



Международное Агентство по Атомной Энергии – МАГАТЭ



Конференция ООН в Женеве: 1955, 1958, 1964, 1971.



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.

Спрос на энергию и возможности первичных энергоресурсов

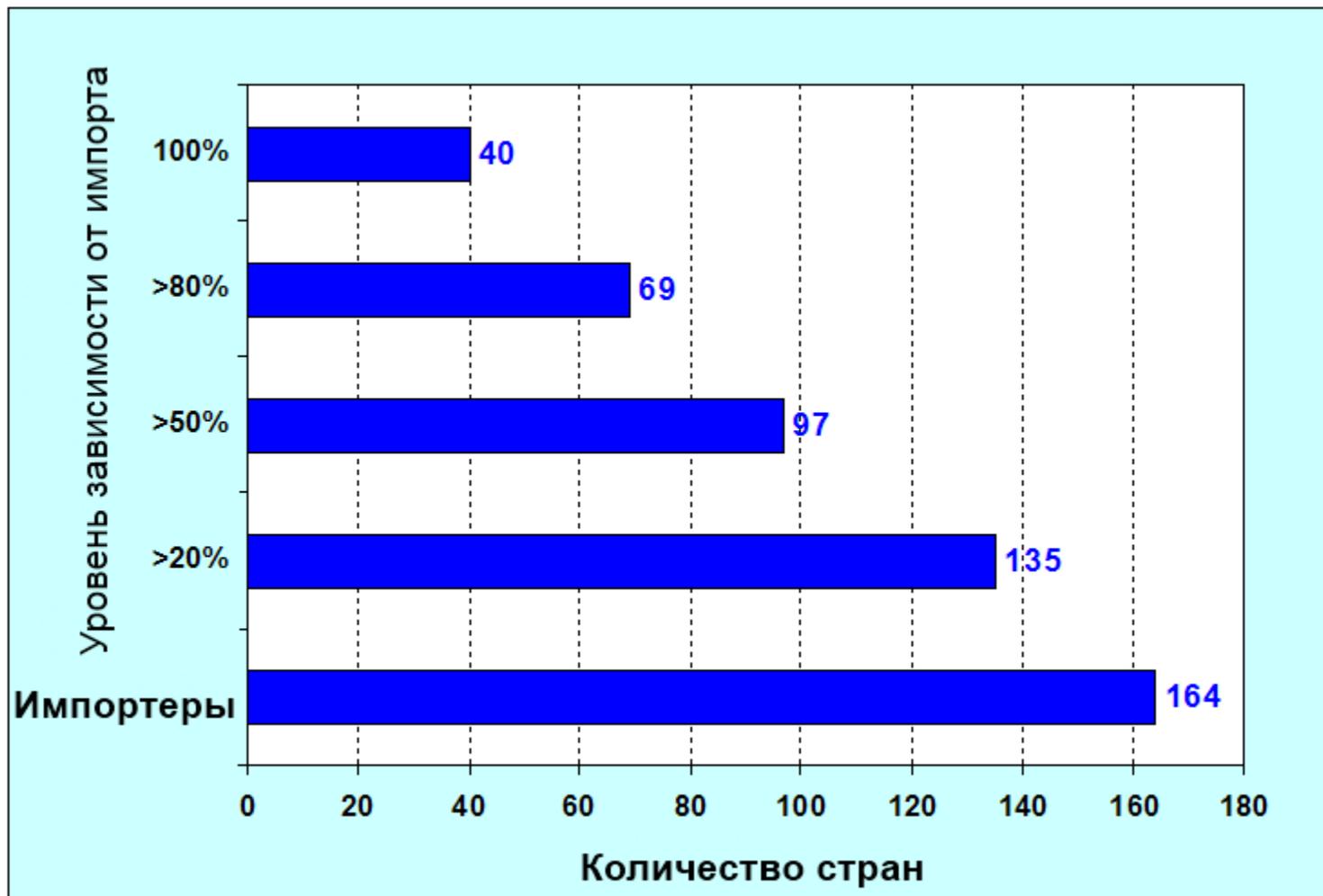


Рост потребления первичных ресурсов к середине столетия

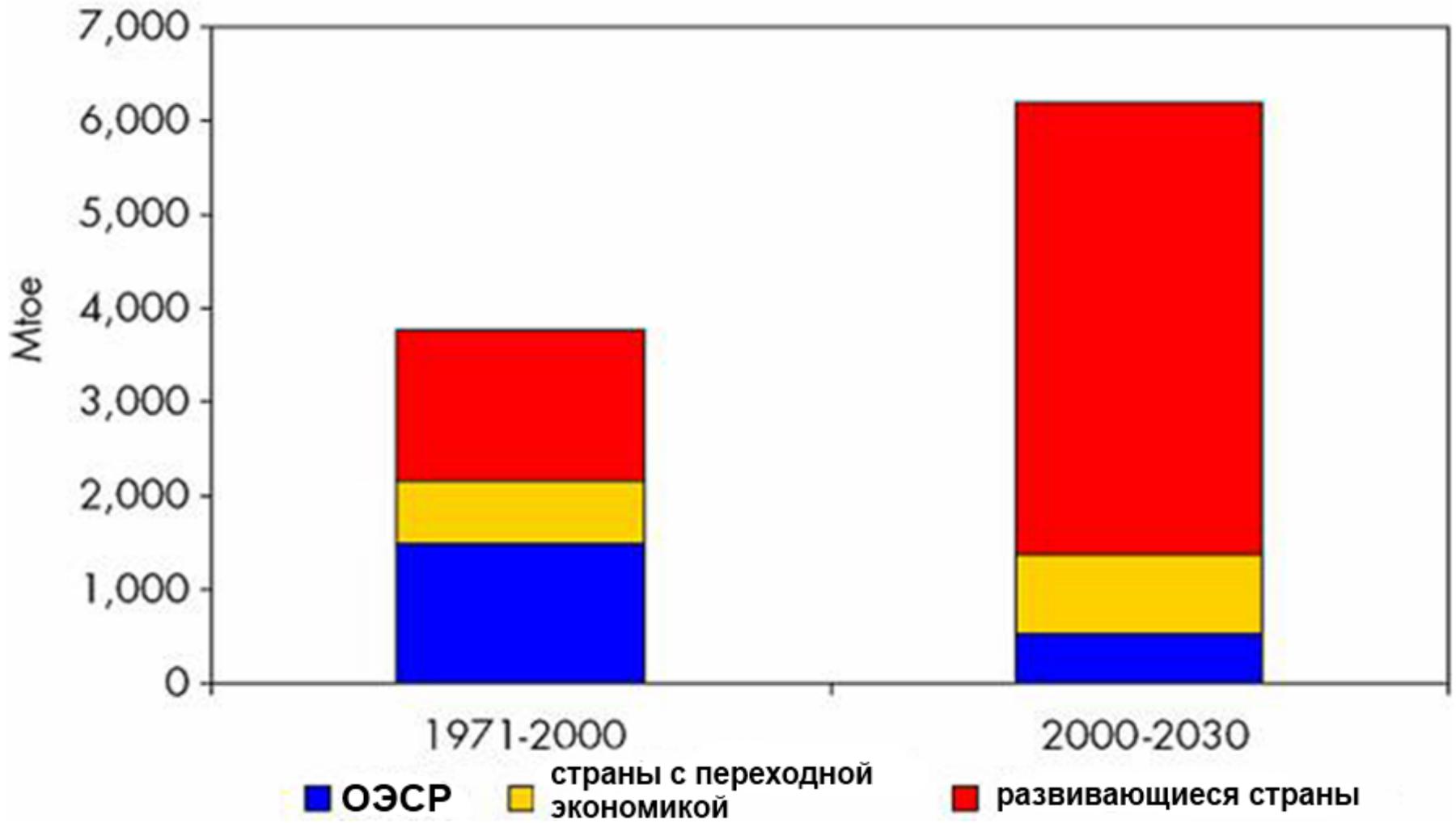
Уголь в 4 раза, биомасса и отходы - в 3 раза, гидроэнергетика - в 2 раза, возобновляемая энергия - в 9 раз, атомная энергетика - в 3 раза.

Черным цветом показана область «неудовлетворенного спроса».

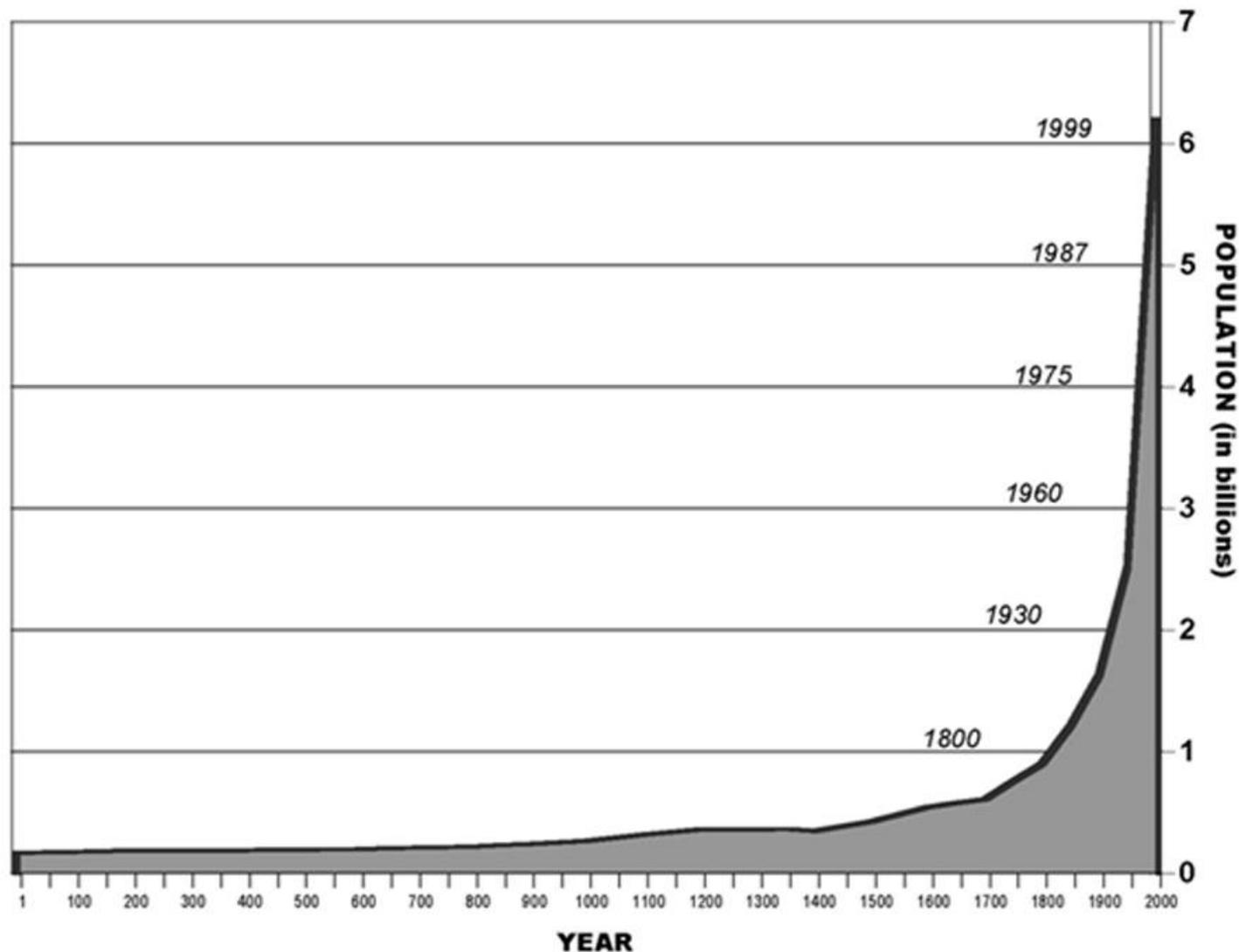
Зависимость стран от импорта энергии



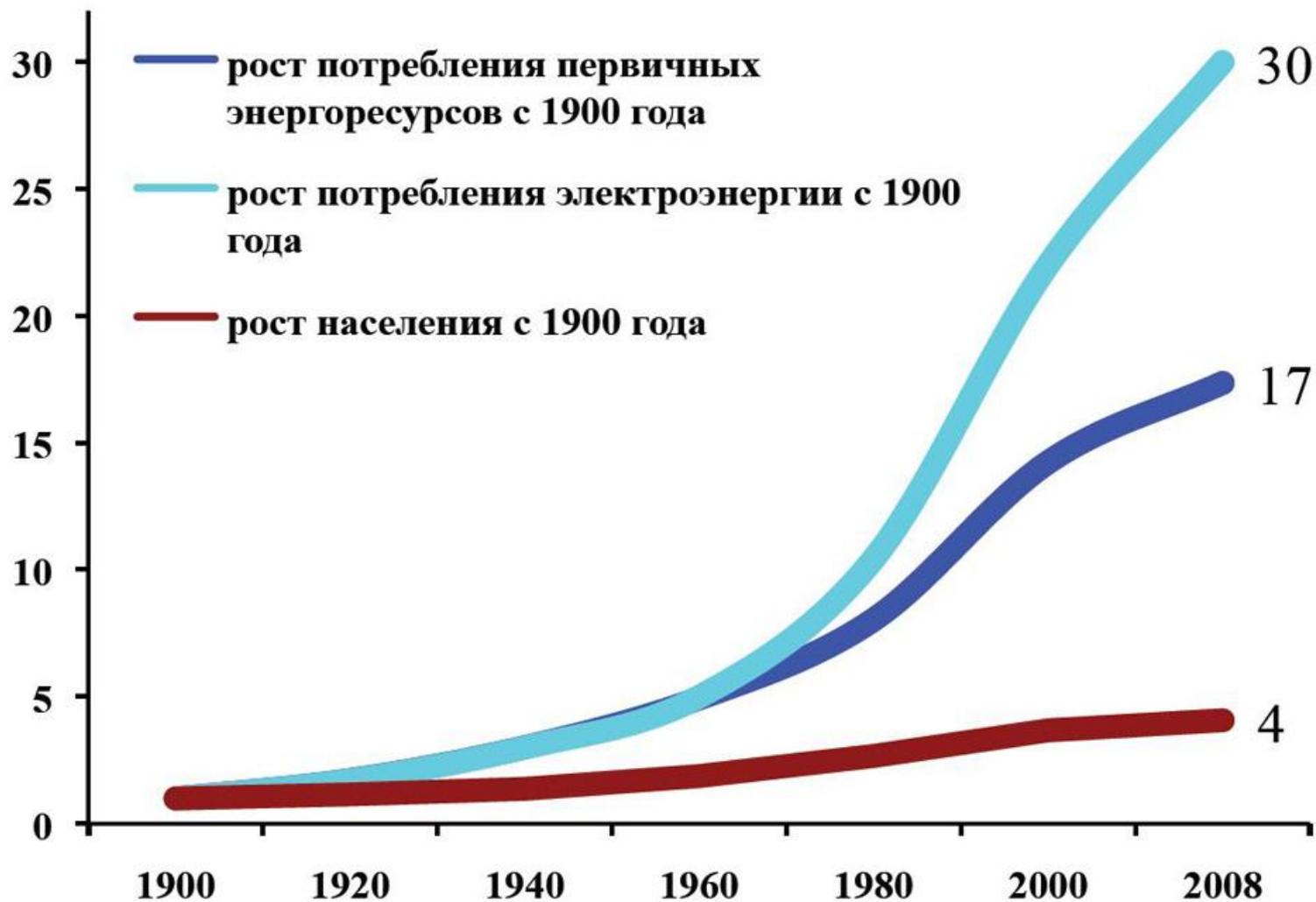
ЭНЕРГИЯ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ В МИРЕ



РОСТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ С 1 Г. Н.Э.



ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ (КРАТНОСТЬ РОСТА)



РЕСУРСЫ



	Разведанные запасы, тут	Годовая добыча, тут	Ресурс, лет
Уголь	$\sim 10^{13}$	$3 \cdot 10^9$	$\sim 300 - 400$
Нефть	$\sim 3 \cdot 10^{12}$	$4 \cdot 10^9$	$\sim 30 - 50$
Газ	$\sim 3 \cdot 10^{12}$	$3 \cdot 10^9$	$\sim 50 - 80$

1 тут (тонна условного топлива) = $7 \cdot 10^9$ кал = $2,94 \cdot 10^{10}$ Дж

Международное Агентство по Атомной Энергии – МАГАТЭ



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

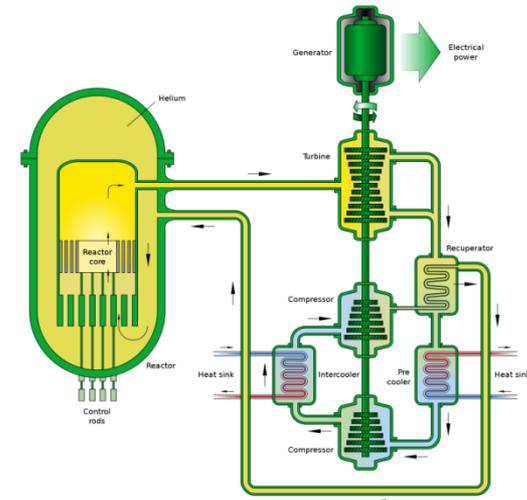
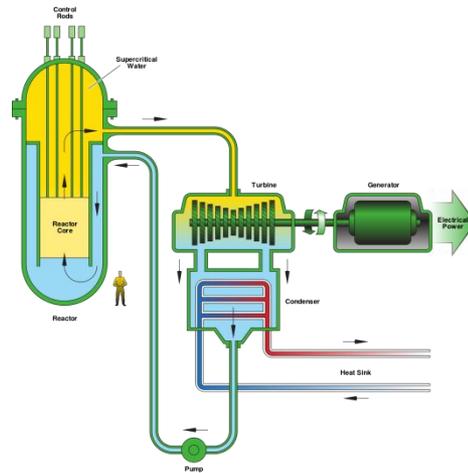
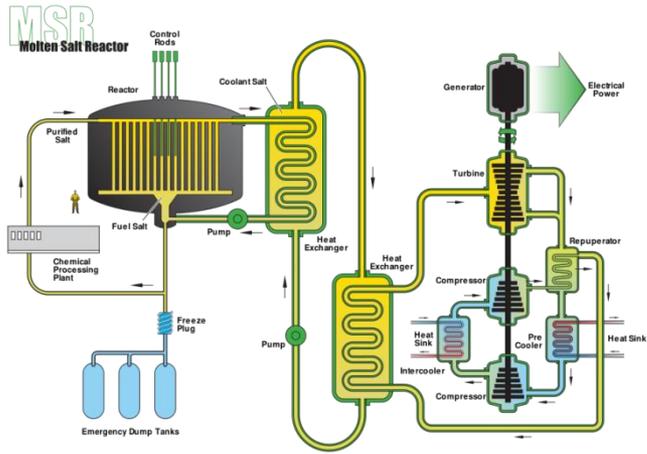
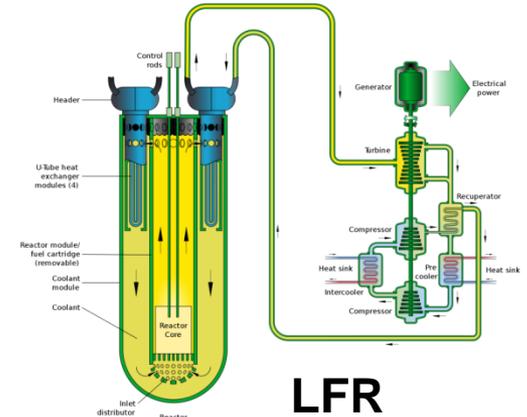
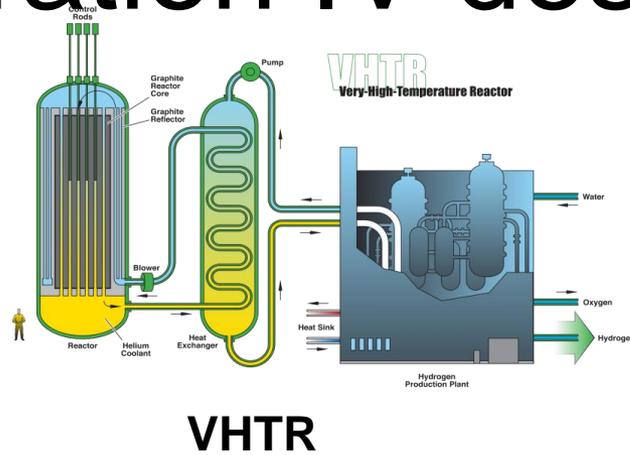
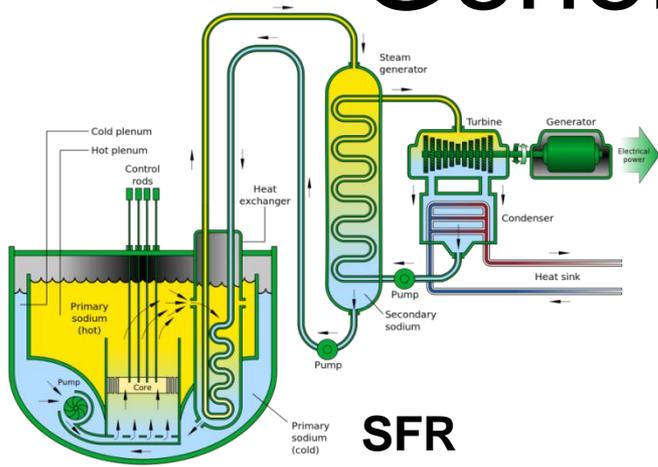
IV Международный форум (GIF)

- 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)

Generation IV designs



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.

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.

В-35

~~Класс II~~
54

37

В32

проверено 1956

Акад. В. И. Вернадский.

М

ПИСЬМА О ВЫСШЕМЪ ОБРАЗОВАНИИ ВЪ РОССИИ.

ВЪ РОССИИ.

2685
-675-

1982

БИБЛИОТЕКА
ГСС. РАДИЧЕВОГО
ИНСТА

Типо-литогр. Т-ва И. И. КУШНЕРЕВЪ и К^о. Пименовская ул., соб. в.
Москва—1913.

БИБЛИОТЕКА
РАДИЧЕВОГО
ИНСТА

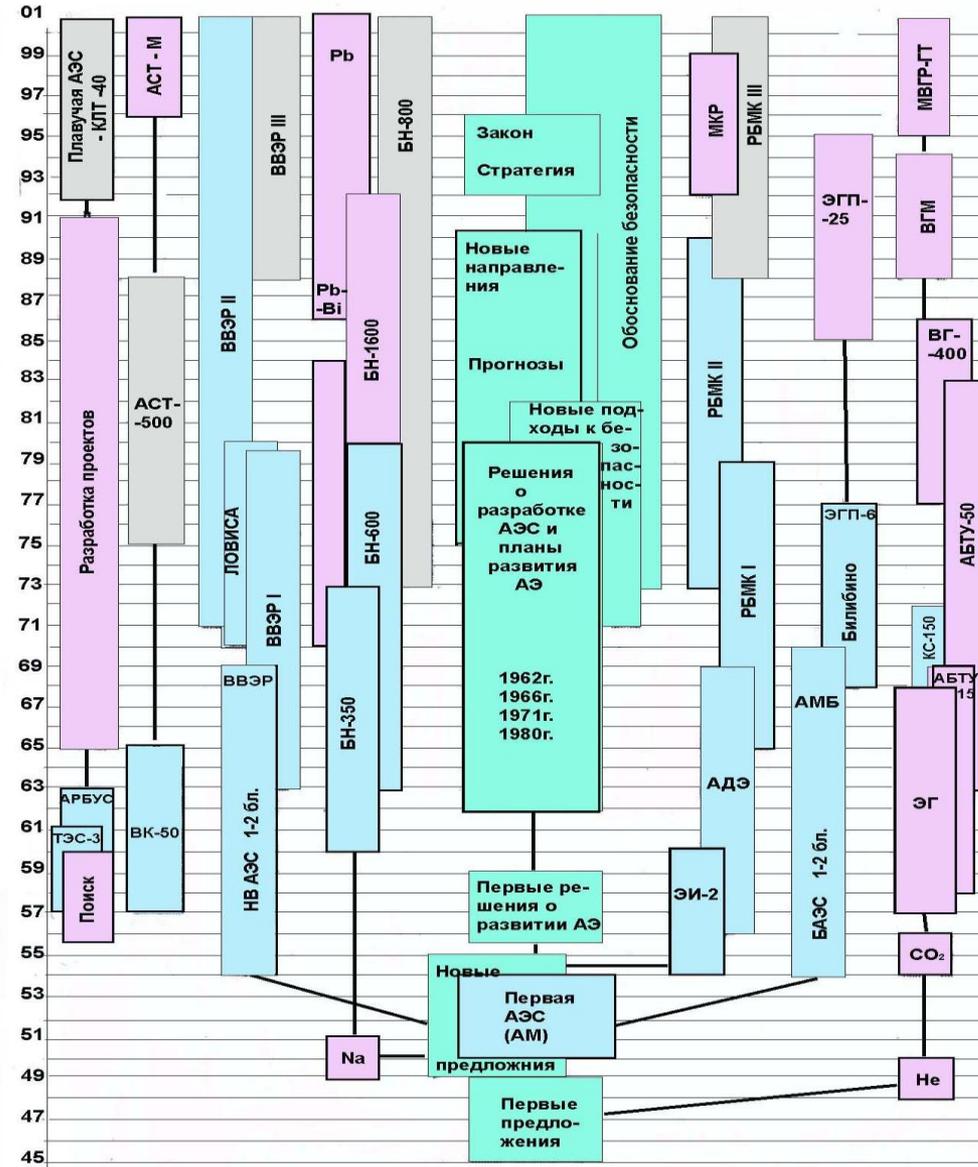
Ядерная энергетика России

Реакторное древо отрасли

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



Дерево развития атомной энергетики СССР



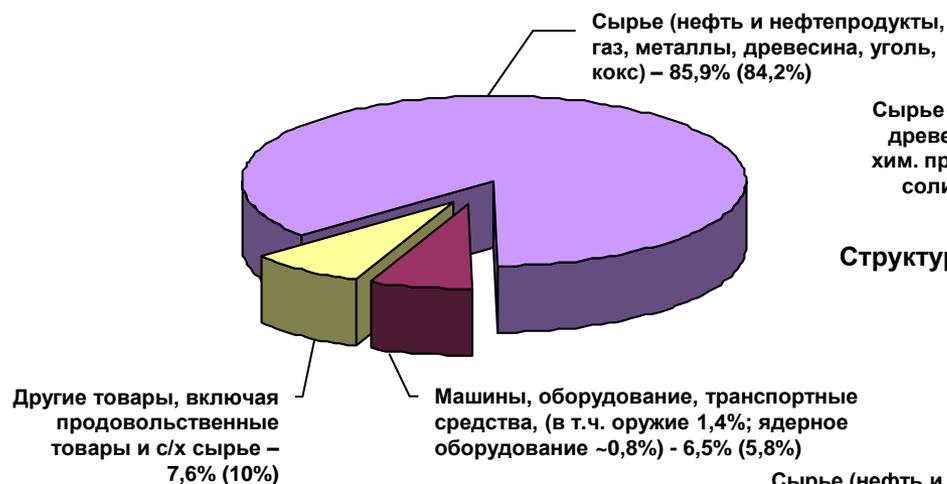
Первая в мире АЭС



Проблема сырьевой зависимости экспорта.

Важнейшая на сегодня стратегическая задача – снижение сырьевой зависимости экспорта страны.

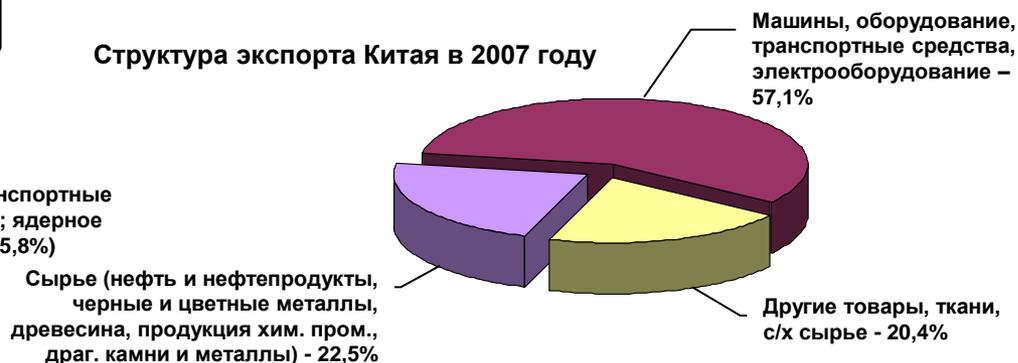
Экспорт России в 2008 (2007) году



Структура экспорта Франции в 2007 году



Структура экспорта Китая в 2007 году



АЭК - один из немногих

комплексов страны, который

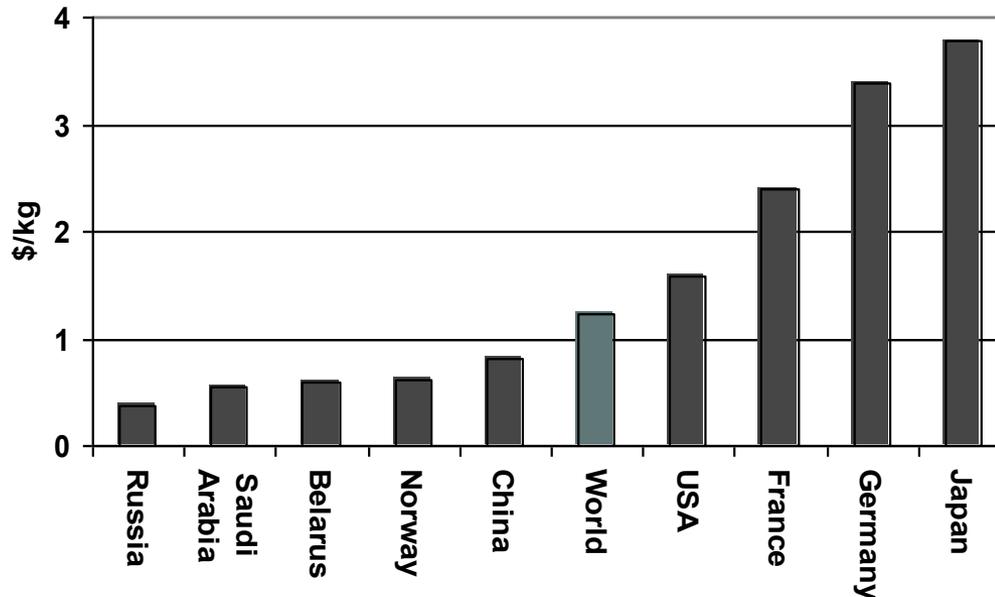
обладает конкурентными технологиями и услугами.

Ключевая задача для АЭК в среднесрочной и долгосрочной перспективе

– значительно (в разы) расширить экспортный потенциал российских ядерных энерготехнологий и услуг.

Развитие Ядерной Энергетики для РФ следует рассматривать в контексте развития экономики РФ.

Сырьевой характер экономики РФ ее главный ее недостаток - На экспорт преимущественно поставляются сырьевые товары и товары



Производство товаров начального передела (сталь, алюминий, необработанная древесина, примитивные удобрения) стоят на мировом рынке дешево, однако требуют много энергии для их производства.

Главная причина низкой энергоэффективности экономики РФ, как и любой другой сырьевой экономики, преимущественное товаров начального передела.

Развитие атомных энерготехнологий может заметно улучшить структуру Российской экономики.

Мировой рынок атомных энерготехнологий это большой бизнес высокотехнологичного сектора. **Средняя цена 1 кг атомного оборудования на мировом рынке от 10 до 20 \$/кг.**

Всегда актуализировались 2 задачи.

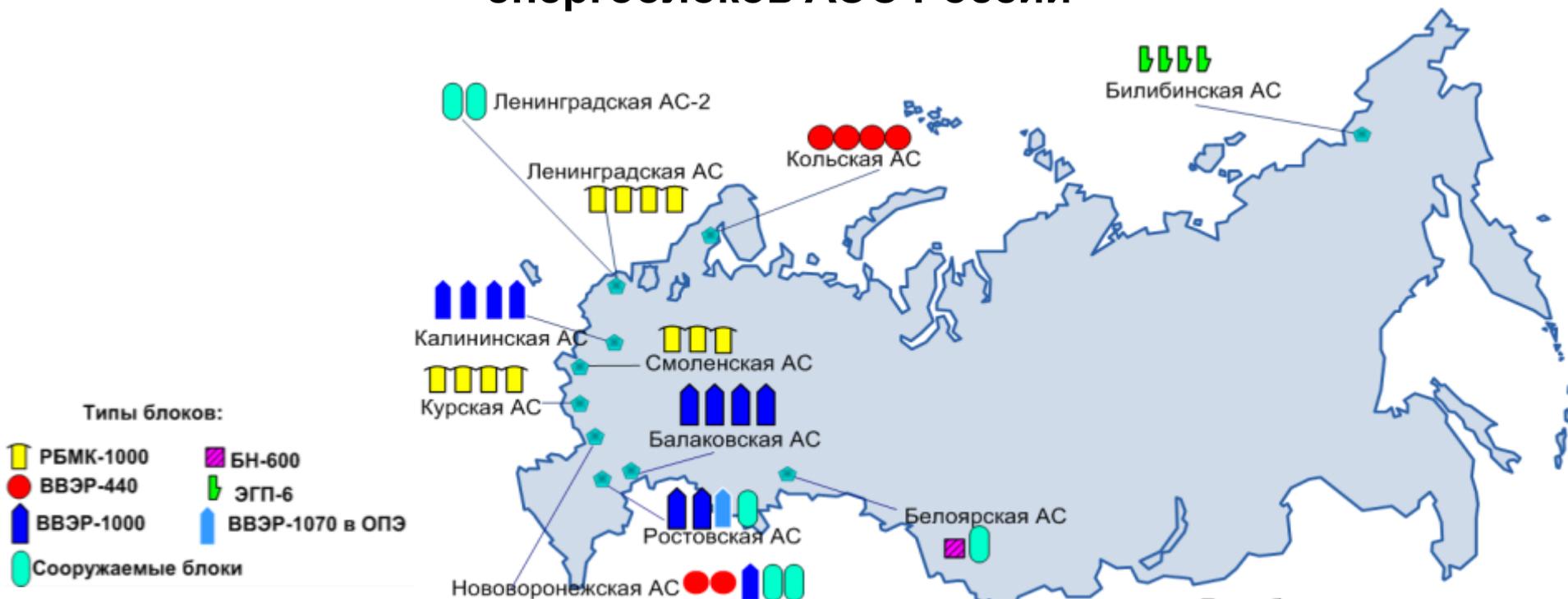
1. Обеспечение энергией внутреннего рынка. (Здесь мы имеем много альтернатив).
2. Заметное присутствие российских атомных технологий на мировом рынке.

Амбиции России на рынке атомных энерготехнологий оцениваются в 20% мирового рынка.

Технологическая цепочка атомной энергетики России



Карта расположения действующих и строящихся энергоблоков АЭС России



10	Действующих АЭС
35	Действующих энергоблока
1	Энергоблок на этапе пуска
5	Строящихся энергоблоков
26,3 ГВт	Установленная мощность
196,4 млрд.кВт.ч / 62 18,3%	Выработано электроэнергии в 2016 году /доля АЭС в энергетике России

Уровень глобализации ядерной энергии



производят 70% ядерной электроэнергии мира



имеют продвинутые разработки по быстрым реакторам



ведут промышленное обогащение урана



имеют мощности по переработке ядерного топлива



составляют 80% реакторного парка мира

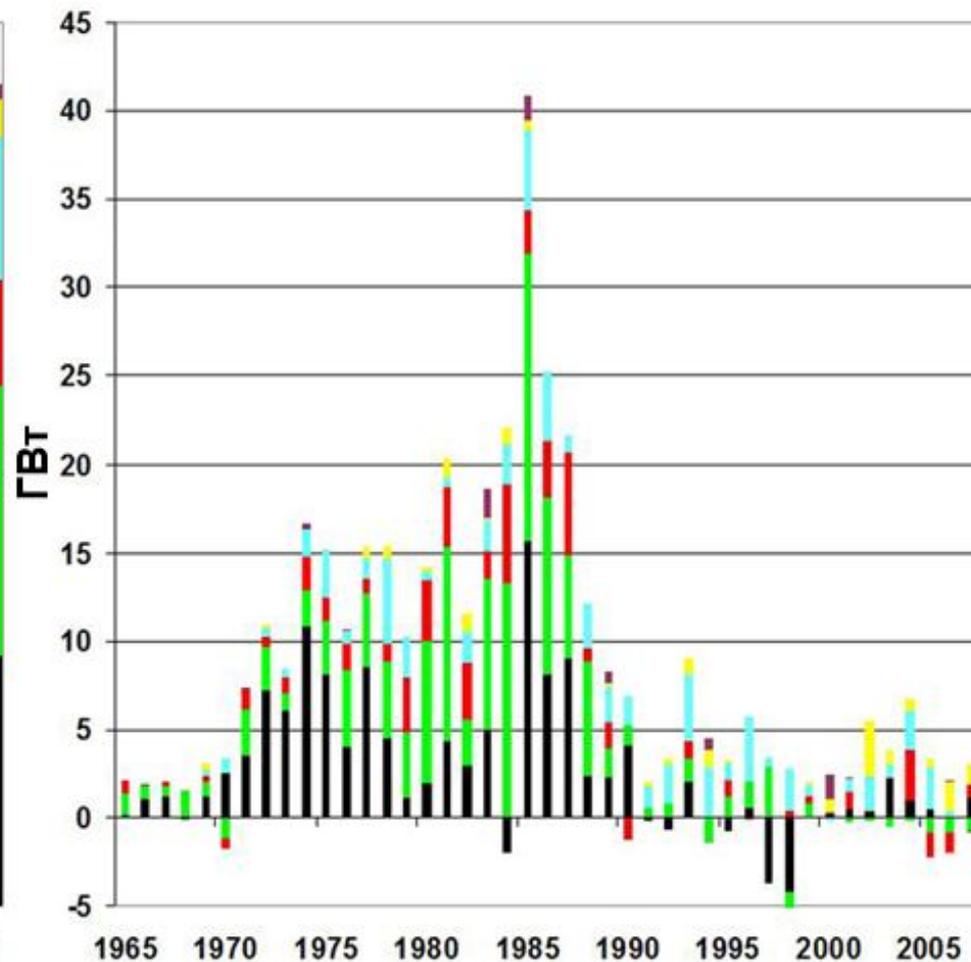
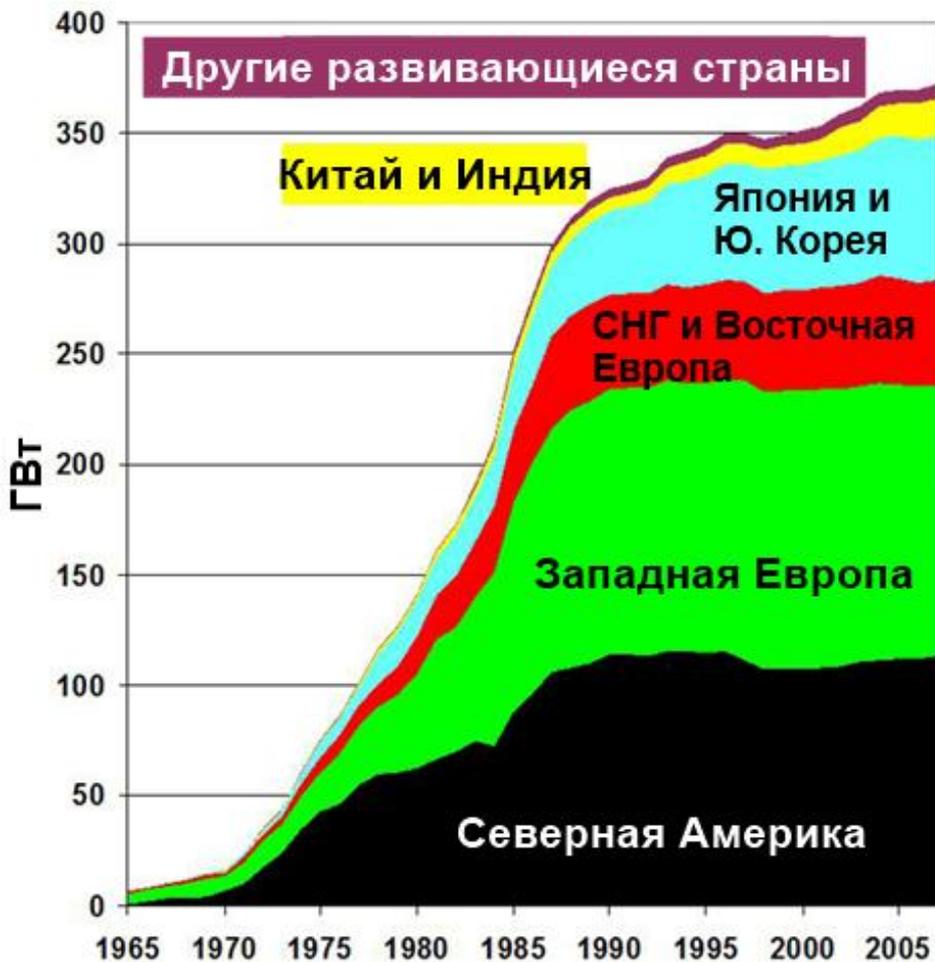
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

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

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

VMMurogov@mephi.ru

Рост ядерных мощностей и строительных площадок



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

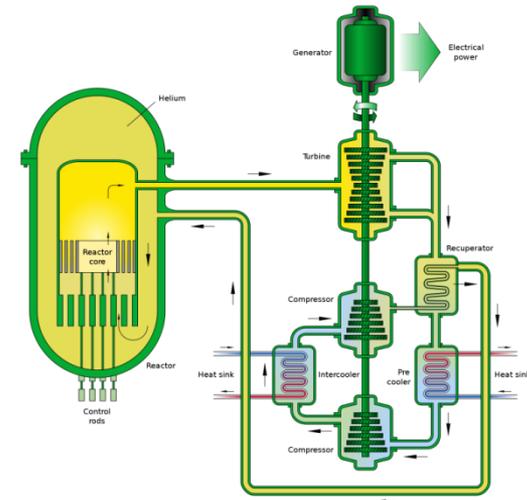
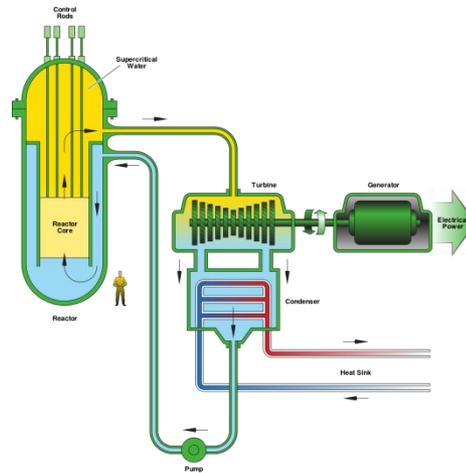
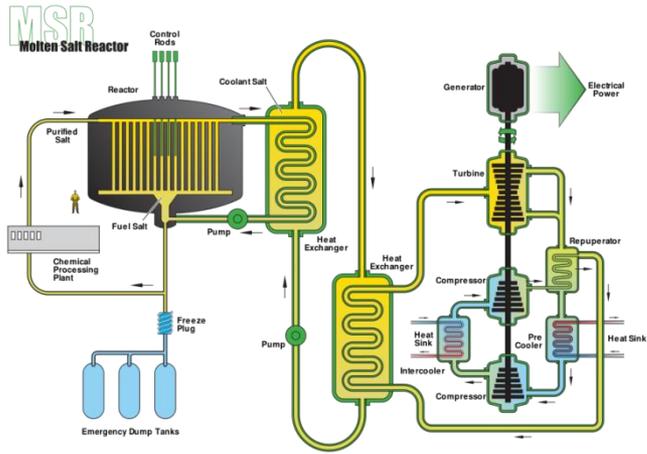
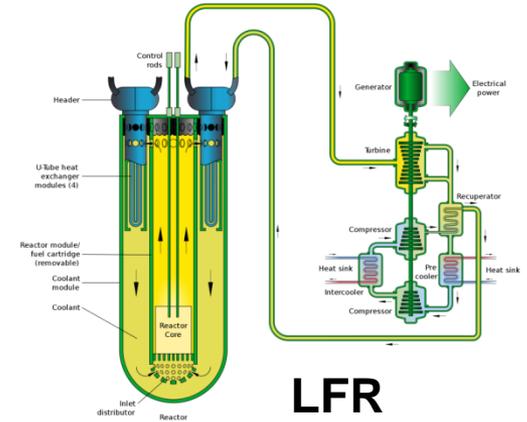
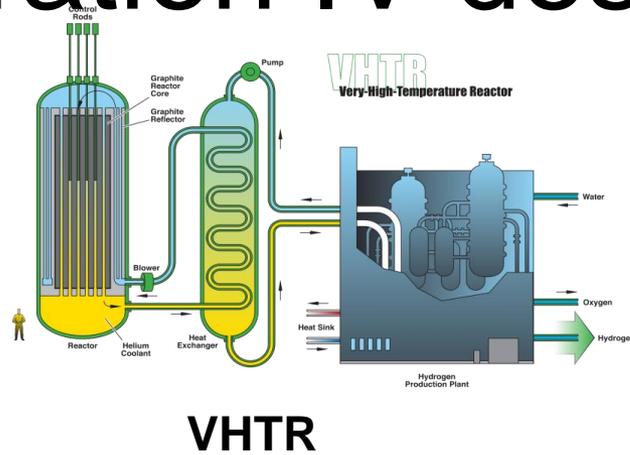
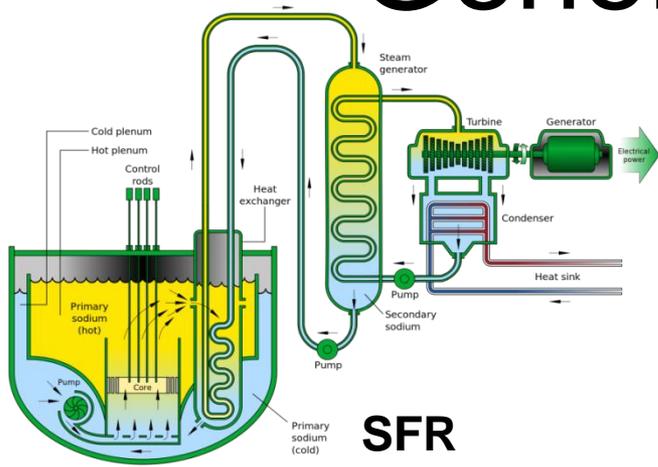
IV Международный форум (GIF)

- 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)

Generation IV designs



IV поколение ядерных энергетических технологий

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

Source: Idaho National Laboratory

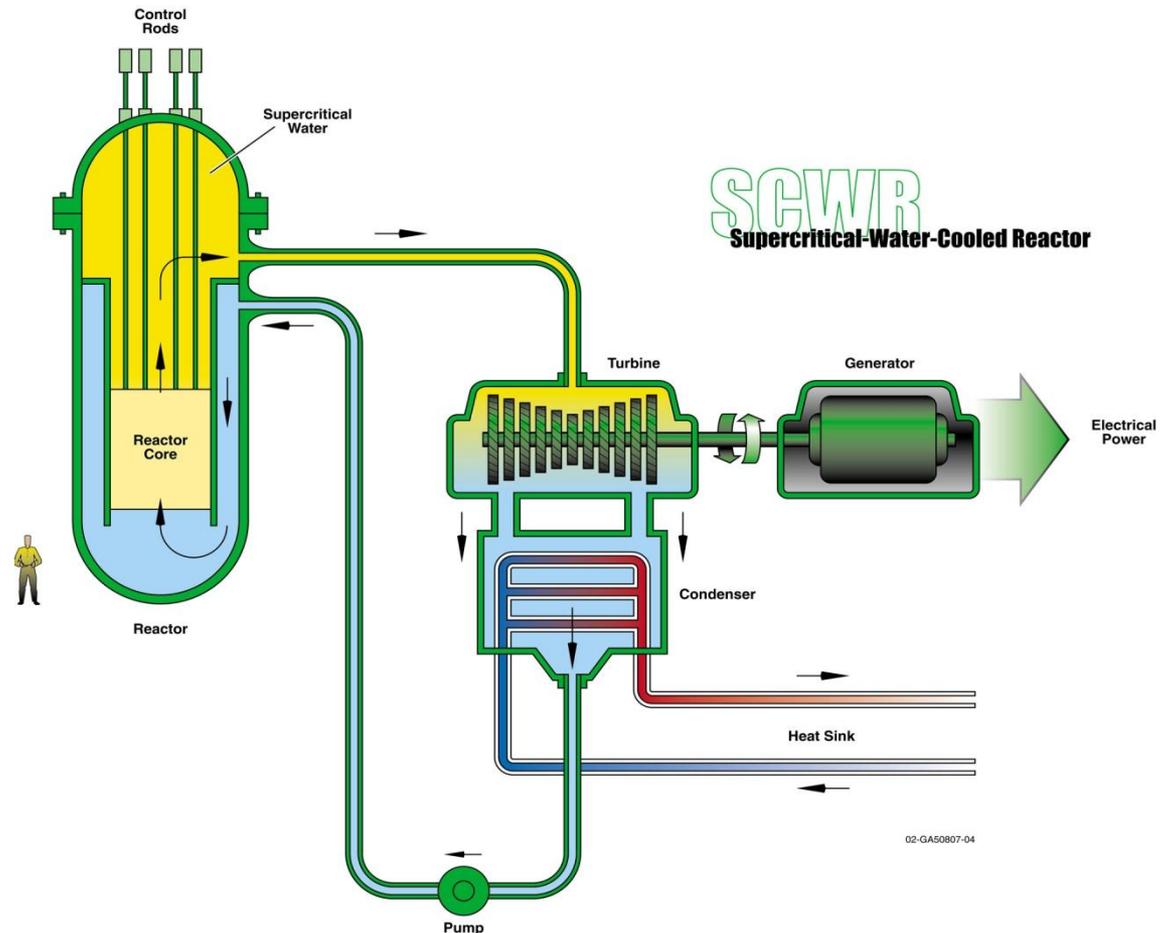
Реактор, охлаждаемый сверхкритической водой (SCWR)

Характеристики

- Водный теплоноситель находится в сверхкритических условиях (374С, 22.1 МПа)
- Температура на выходе 550С
- 1,700 МВт(э)
- Версии с трубами или корпусом под давлением
- Упрощенный баланс станции

Плюсы

- Эффективность почти 45% с великолепной ЭКОНОМИЧНОСТЬЮ



02-GA50807-04

ЧТО даст переход на СКД :

1. Снижение капитальных затрат.

Удельная металлоемкость, т/МВт.эл.

БН-800	БН-900	БН-1800	ВВЭР-1000	ВВЭР-1500	СКД-
1					
9,04	5,34	4,50	3,21	3,75 гпг 3,31 впг	1,44

Объемы строительных работ сокращаются примерно в 2 раза

Снижаются затраты на монтаж (меньшее количество оборудования, уменьшение диаметра трубопровода и др.)

2. Применение серийного оборудования (турбины, подогреватели и прочее).

3. Снижение сроков строительства.

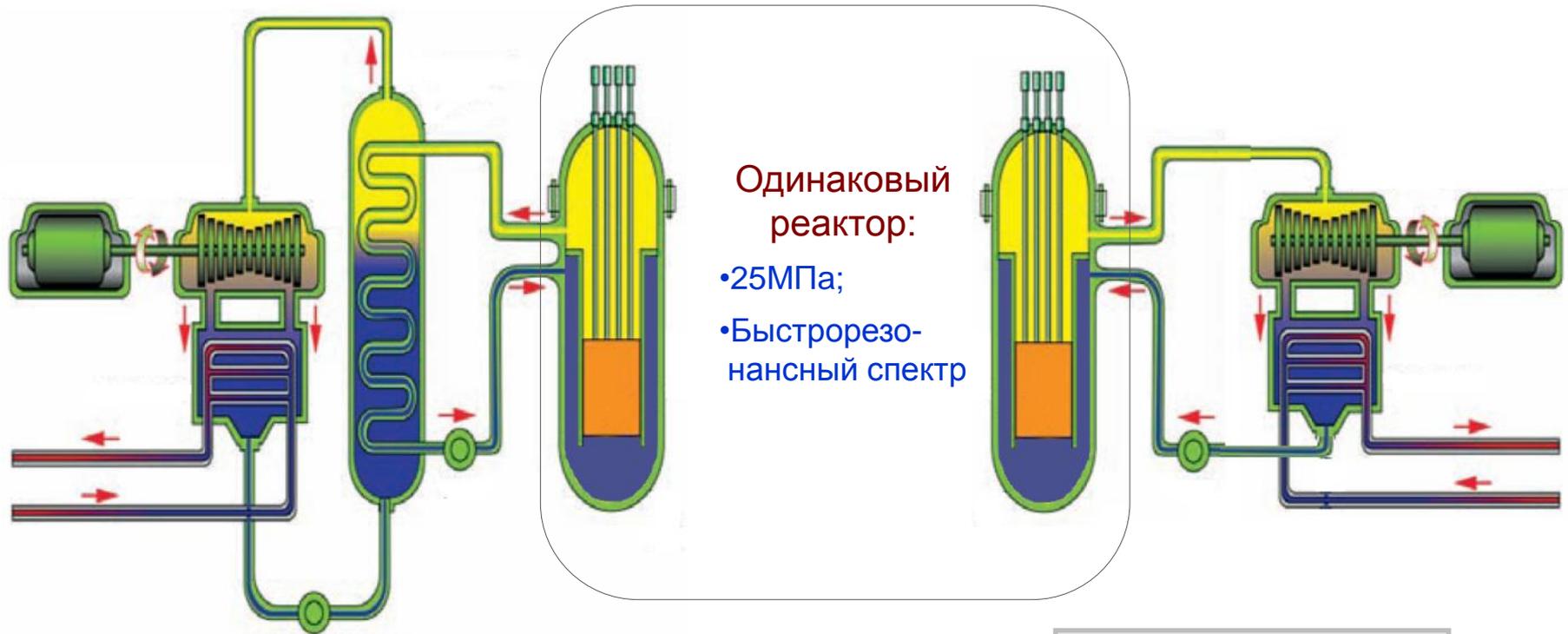
4. Повышение КПД с 33-35% до 40-43% и более.

5. Возможность сжигания МА и наработки изотопов.

Концепция реактора ВВЭР-СКД

Двухконтурная РУ

Одноконтурная РУ



Одинаковый реактор:

- 25 МПа;
- Быстрорезонансный спектр

2 контур: 24 МПа
(аналог БАЭС-1)

(аналог БАЭС-2)

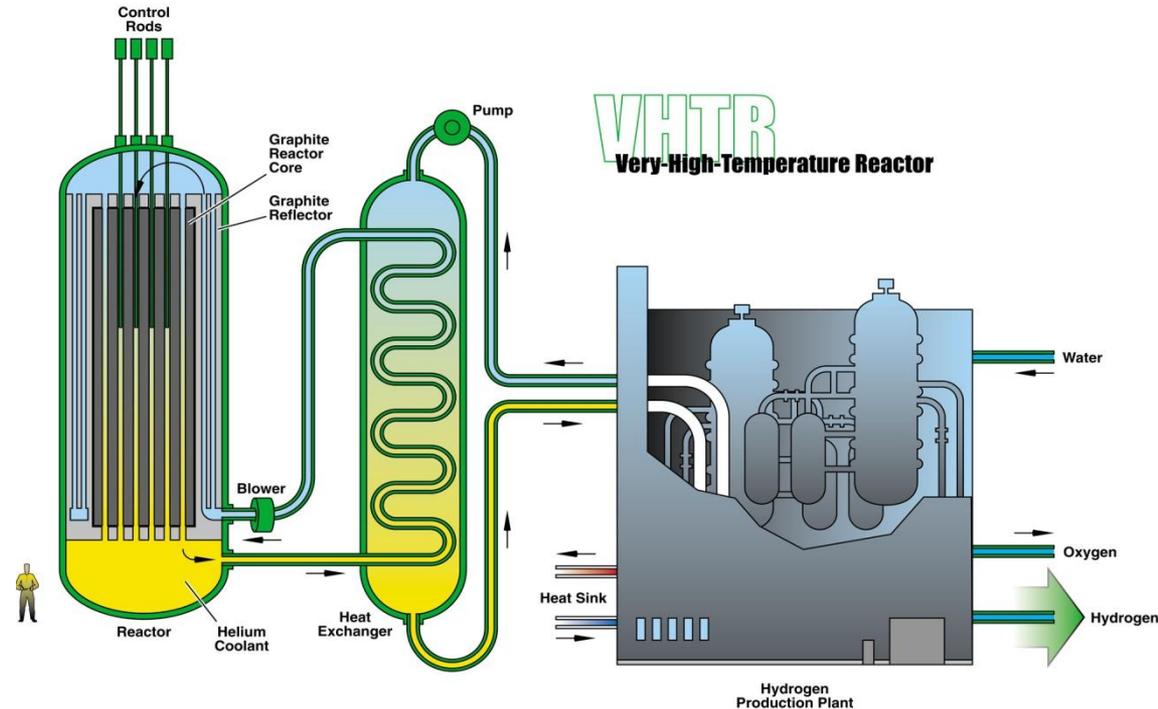
Очень высокотемпературный реактор (VHTR)

Характеристики

- Гелиевый теплоноситель
- Температура на выходе >900C
- 250 МВт(э)
- Частицы топлива могут быть как гранулированными, так и призматическими

Плюсы

- Производство водорода
- Применение технологического тепла
- Высокий уровень пассивной безопасности
- Возможность достижения высокой тепловой эффективности



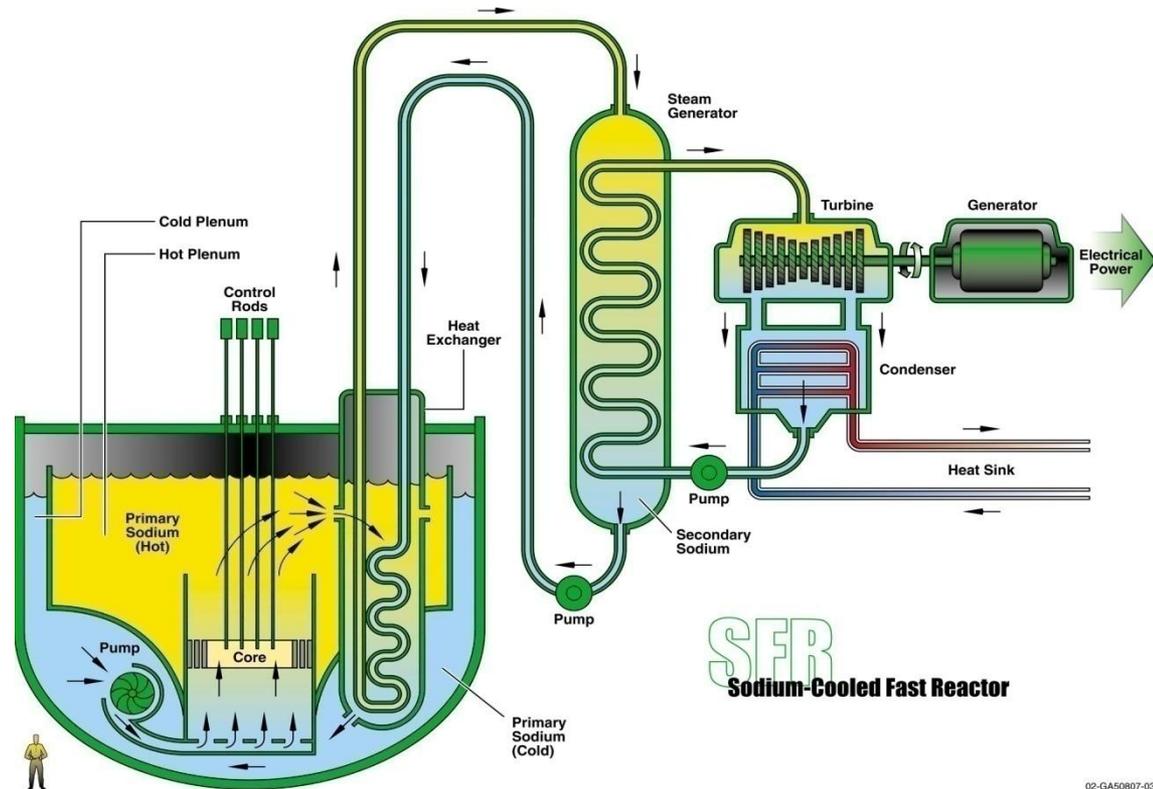
Натриевый быстрый реактор (SFR)

Характеристики

- Натриевый теплоноситель
- Температура на выходе 550C
- 600-1,500 МВт(э) для большого реактора или
- 300-600 МВт(э) для среднего
- 50 МВт(э) для маленького модуля
- Металлическое топливо с пирометаллургической обработкой MOX топливо с усовершенствованным осадочным разделением

Плюсы

- Высокая тепловая эффективность
- Потребление актинидов из реакторов на легкой воде
- Эффективное производство делящегося материала



SFR
Sodium-Cooled Fast Reactor

02-GA50807-03

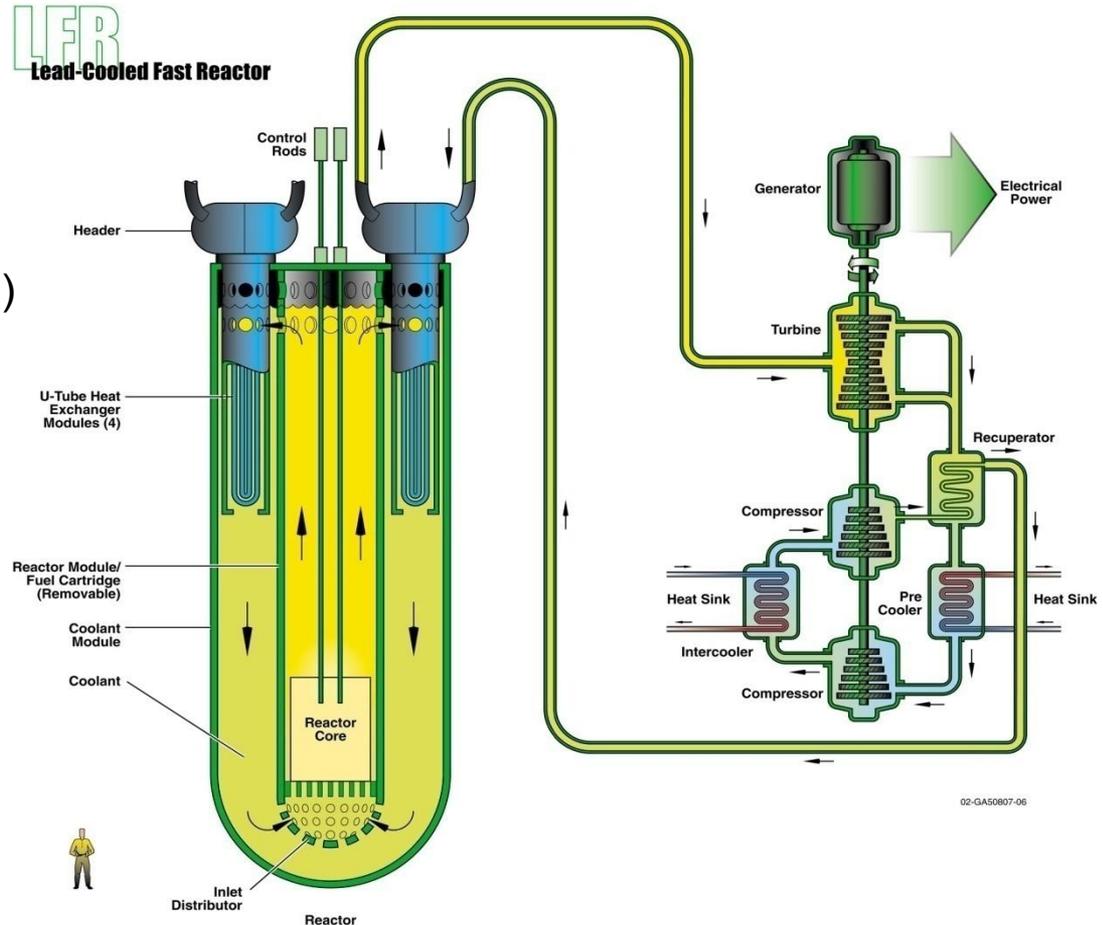
Быстрый реактор на свинце (LFR)

Характеристики

- Теплоноситель свинцовый или свинцово-висмутовый
- Температура на выходе 550 – 800C
- Маленькая переносная система 50-150 МВт(э) и
- крупная станция 300-1,200 МВт(э)
- Срок службы активной зоны до 15–30 лет

Плюсы

- Распределенная выработка электричества
- Водород и питьевая вода
- Заменяемая активная зона для региональной переработки топлива
- Высокий уровень пассивной безопасности
- Противодействие распространению посредством большого срока службы активной зоны



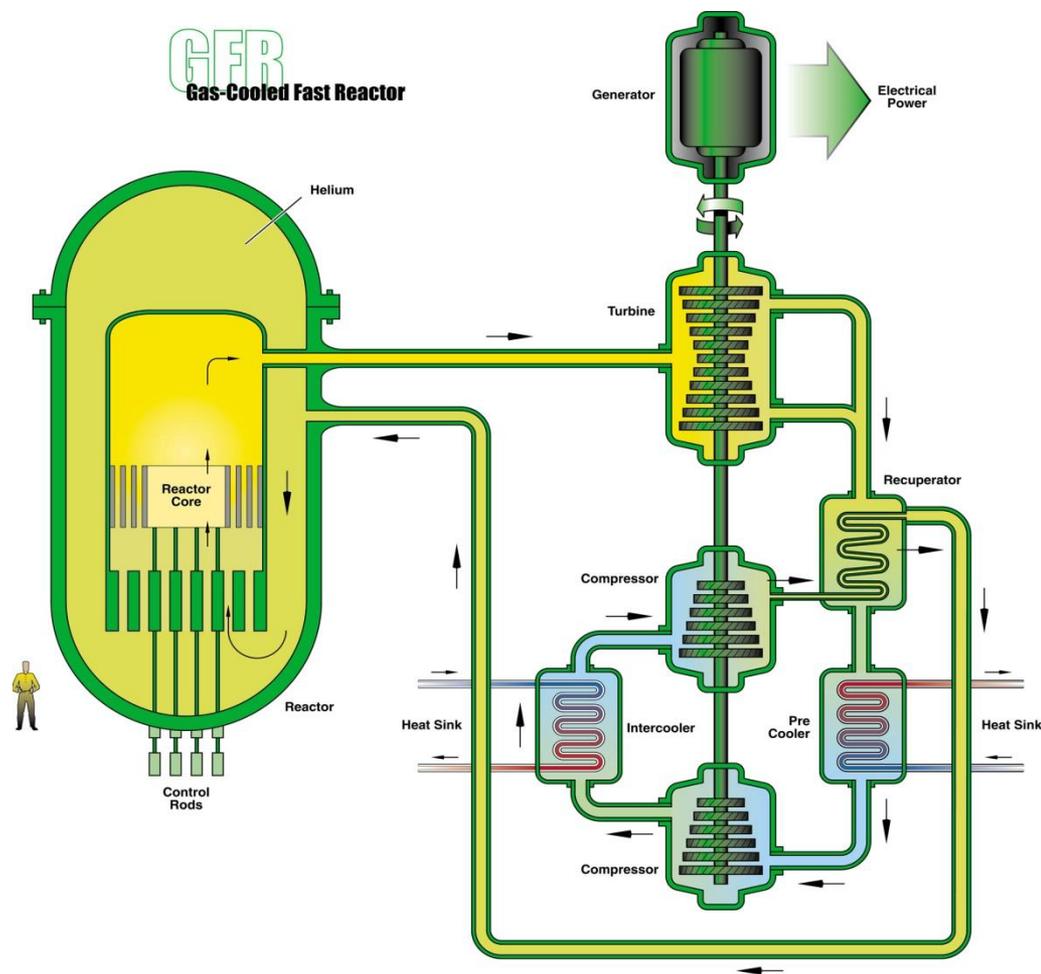
Gas Cooled Fast Reactor (GFR) – Быстрый реактор с газовым охлаждением

Характеристики

- Не - теплоноситель
- Выходная температура гелия - 850C
- Прямой газотурбинный цикл
- Мощность блоков - 2,400 MWth / 1,100 MWe
- Различные топливные композиции
 - Карбиды
 - Нитриды
 - Окислы

Превосходства

- Высокая термодинамическая эффективность
- Эффективное использование урановых ресурсов



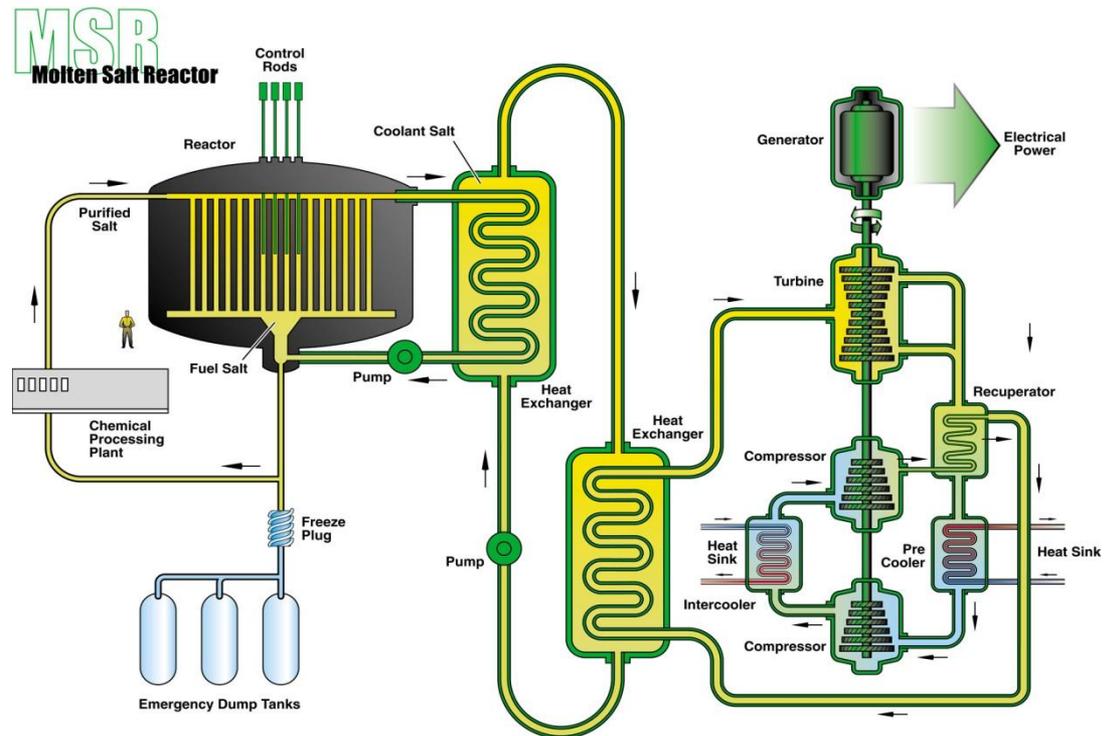
Реактор на расплавленных солях (MSR)

Характеристики

- Топливом является жидкий фторид урана или плутония с литиевым, бериллиевым, натриевым и другими фторидами
- температура на выходе 700–800С
- 1,000 МВт(э)
- Низкое давление (<0.5 МПа)

Плюсы

- Мало отходов
- Предотвращает эволюцию топлива
- Препятствие распространению по средством инвентаризации низкоуровневых делящихся материалов



02-GA50807-02

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.

СОВМЕШНОЕ 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.

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 ядерного распространения - переключения ядерных знаний , технологий, материалов , оборудования - с мирной деятельности.

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.

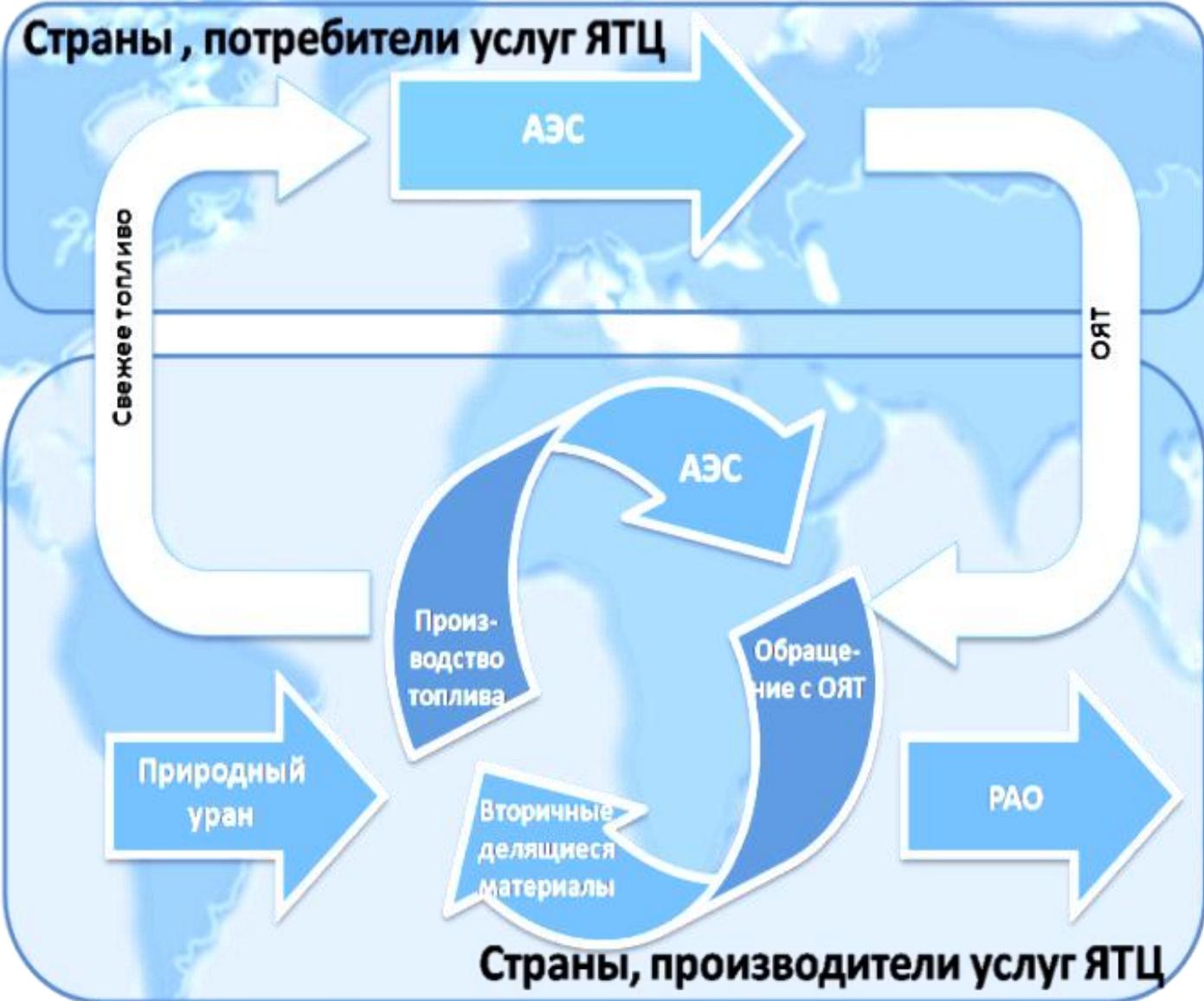
При этом становится всё более ясно , что **только институциональные, технологические или/и запретительные (контрольные) меры** международных организации- не создают полной гарантии в особенности с учетом потенциальной опасности терроризма.

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.**

Ядерная энергия в КВт·ч / чел в различных регионах



Страны, потребители услуг ЯТЦ



АЭС

Свежее топливо

ОЯТ

АЭС

Произ-
водство
топлива

Обраще-
ние с ОЯТ

Природный
уран

Вторичные
делящиеся
материалы

РАО

Страны, производители услуг ЯТЦ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

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

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

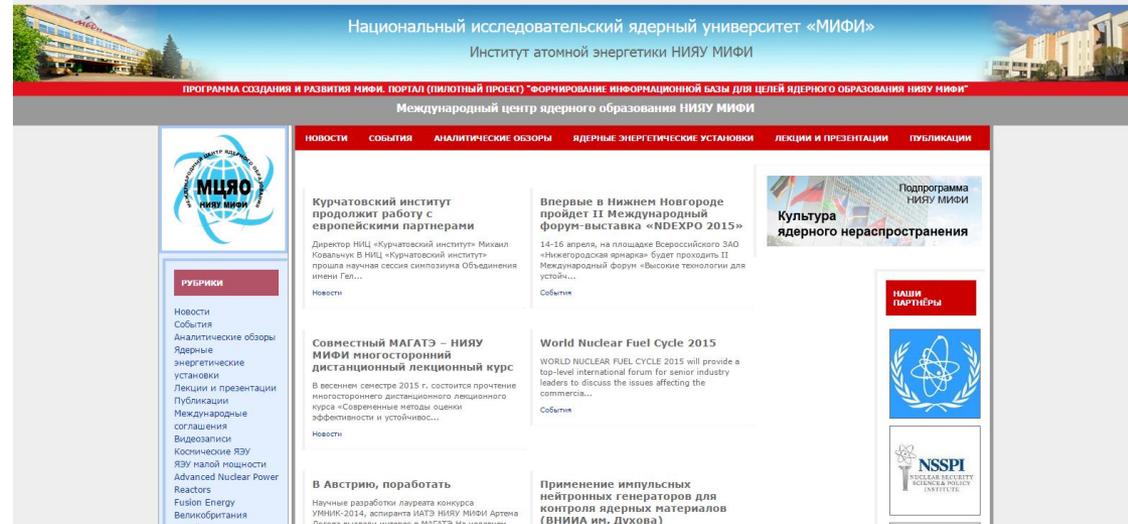
VMMurogov@mephi.ru

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

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CHALLENGES IN NUCLEAR POWER DEVELOPMENT

<http://lanmp.iate.obninsk.ru/course2>



PART I. Contradictions of energy development

- 1.1 World energy demand & supply. Energy challenges. Quiz
- 1.2 Concept of sustainable energy development. United Nation Programme Agenda 21 and its requirements. Quiz

PART II. History, current status and prospects of nuclear power development in the world

- 2.1 Nuclear power in the world today and its role for industrial and developing countries. Quiz
- 2.2 History of nuclear science and technology development. Quiz
- 2.3 Nuclear power in the USA, Western Europe and Russian Federation. Quiz
- 2.4 Nuclear power in Asia. Quiz
- 2.5 Nuclear fuel cycle: current status and prospects. Quiz
- 2.6 Non-electric applications of nuclear technologies and applications in agriculture, medicine, industry and research. Quiz
- 2.7 International cooperation for nuclear science and technology development. International nuclear organizations. Quiz

CONTENT

PART I. CONTRADICTIONS OF ENERGY DEVELOPMENT

- 1.1 World energy demand & supply. Energy challenges
- 1.2 Concept of sustainable energy development. United Nation Programme Agenda 21 and its requirements

PART II. HISTORY, CURRENT STATUS AND PROSPECTS OF NUCLEAR POWER DEVELOPMENT IN THE WORLD

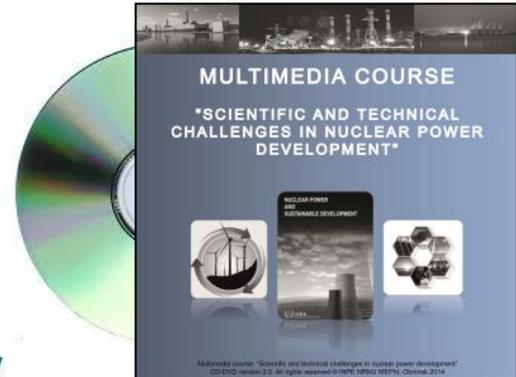
- 2.1 Nuclear power in the world today and its role for industrial and developing countries
- 2.2 History of nuclear science and technology development
- 2.3 Nuclear power in the USA, Western Europe and Russian Federation
- 2.4 Nuclear power in Asia
- 2.5 Nuclear fuel cycle: current status and prospects
- 2.6 Non-electric applications of nuclear technologies and applications in agriculture, medicine, industry and research
- 2.7 International cooperation for nuclear science and technology development. International nuclear organizations

PART III. ROLE OF NUCLEAR ENERGY IN SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT

- 3.1 Challenges and prospects of large-scale nuclear power development

IAEA ACTIVITIES FOR SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT

- Capacity building for sustainable energy development
- 3-E (Energy, Economic, Environmental) analysis
- Climate change and sustainable development studies
- Information references and publications



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»



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=43
- 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