Клуб Триалог

Деловой завтрак Клуба *Триалог*

«Российская стратегия развития атомной энергетики»
Виктор Михайлович Мурогов,
профессор Государственного технического университета,
в 1996-2003 гг. – заместитель генерального директора МАГАТЭ

Club Trialogue

Club *Trialogue* Business Breakfast

«Russian Strategy of the Nuclear Energy Development»
Dr. Viktor M. Murogov ,
Professor of the State Technical University for Nuclear Power Engineering,
Former Deputy Director General of the IAEA (1996-2003).

Российская стратегия развития атомной энергетики

Доклад

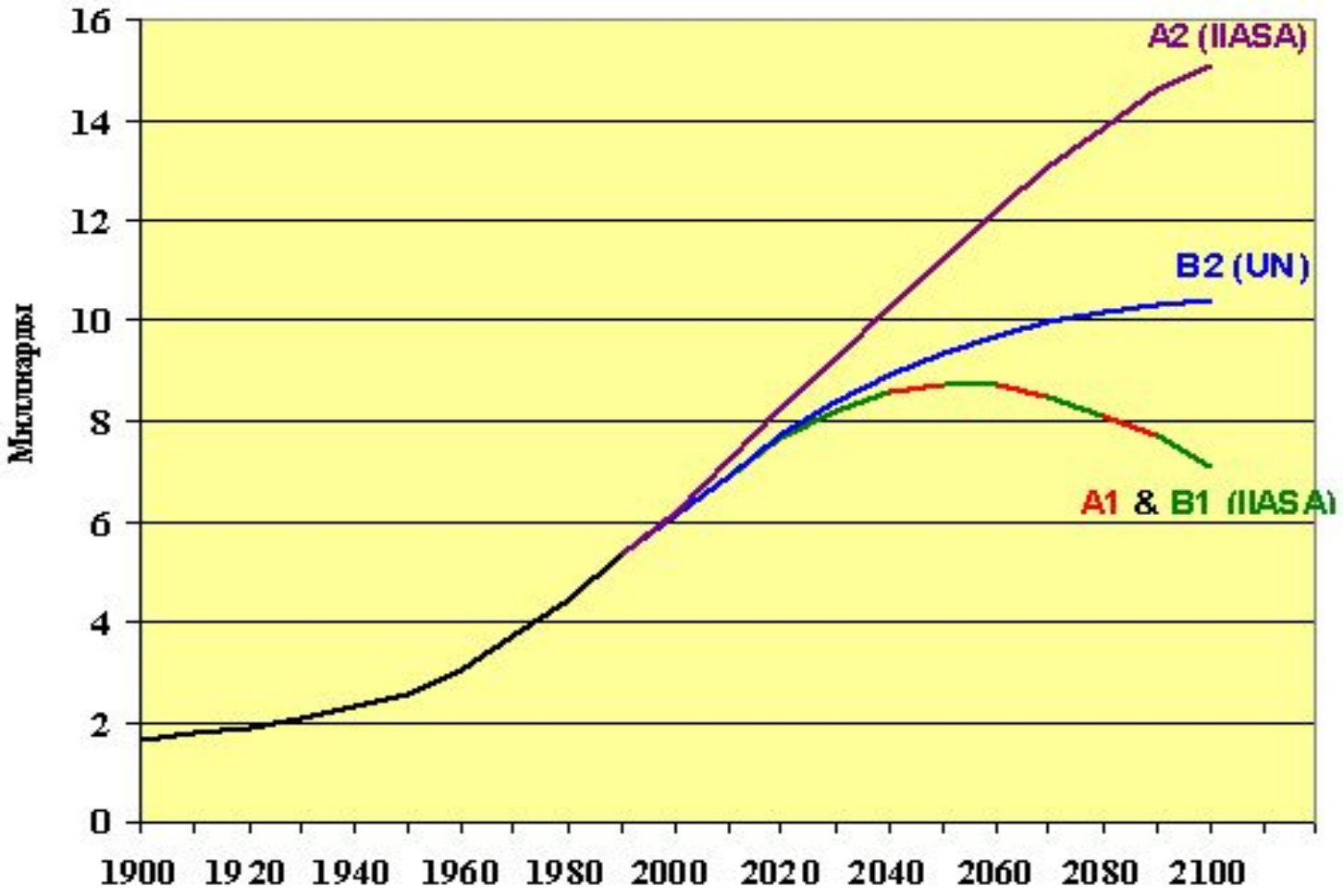
профессора Государственного технического университета Мурогова В.М.

4 октября 2006 г.

Текущее положение

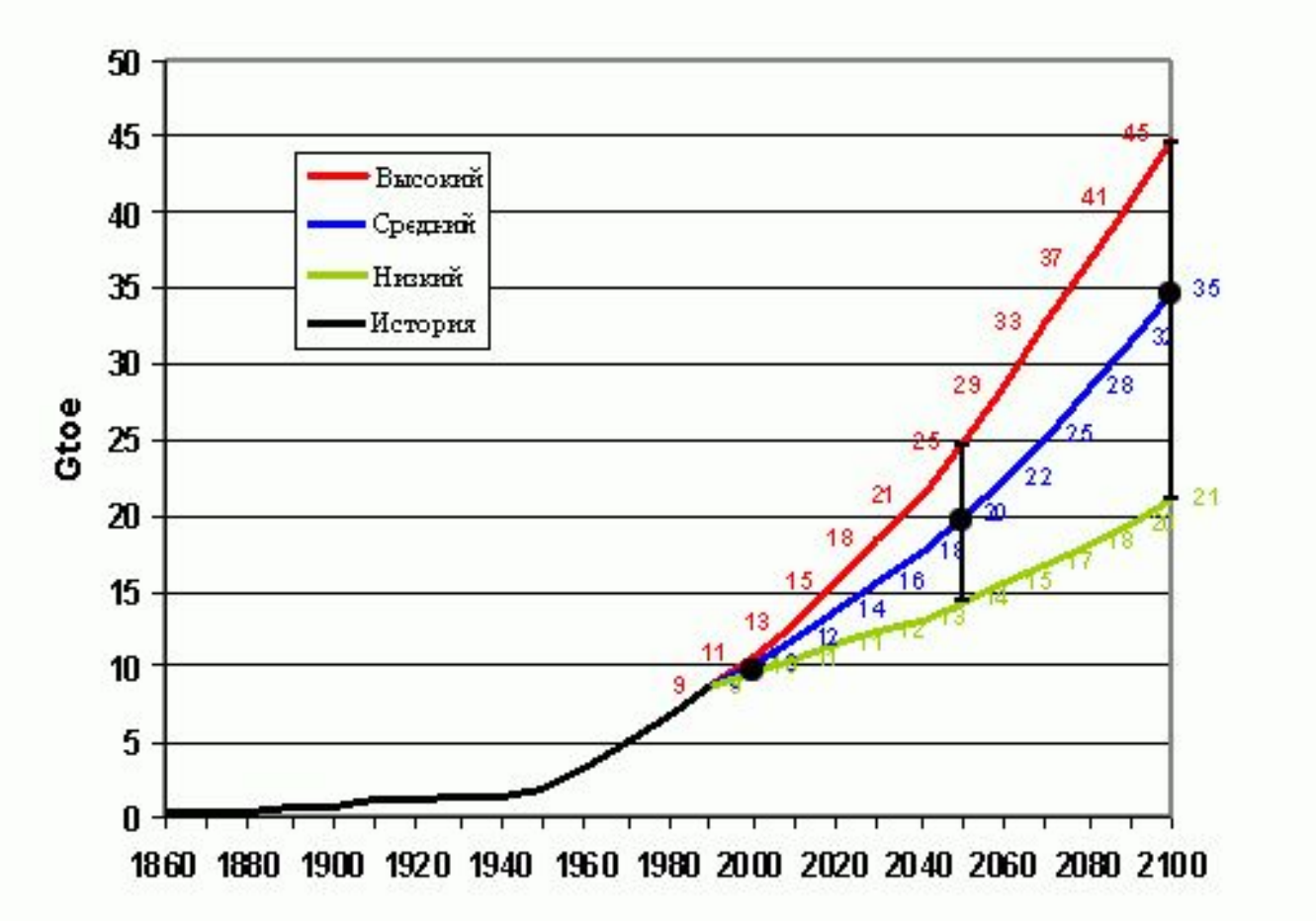
Промышленные действующие АЭС (июнь 2005)	442
Мощность, GW(e)	363
Число стран	30
Производство электричества (2003), TWh	2524(16%)
Оперативный опыт, реактор-год	12028
Строящиеся АЭС	27(18 в Азии)
мощность, GWe	22,7

Перспектива роста населения



Перспектива роста мировых энергетических потребностей

Гигатонны нефтяного эквивалента (Gtoe)



Источник: Международный институт прикладного системного анализа

Перспектива энергетики

- ¾ мирового населения будет потреблять около ¼ всей энергии.
- Средний уровень потребления энергии в развивающихся странах составляет 1/10 часть от потребления в промышленно развитых странах.
- Практически два миллиарда человек в развивающихся странах не имеют возможности пользоваться электричеством.

IIASA/WEC: Перспектива энергетики до 2050

В развивающихся странах потребности в энергии будут увеличиваться следующим образом:

- **рост от 3 до 5 раз – для первичной энергии**
- **рост от 5 до 7 - электричества**

В развивающихся странах увеличение потребностей в первичной энергии составит более чем 70% от общего объема роста в мире.

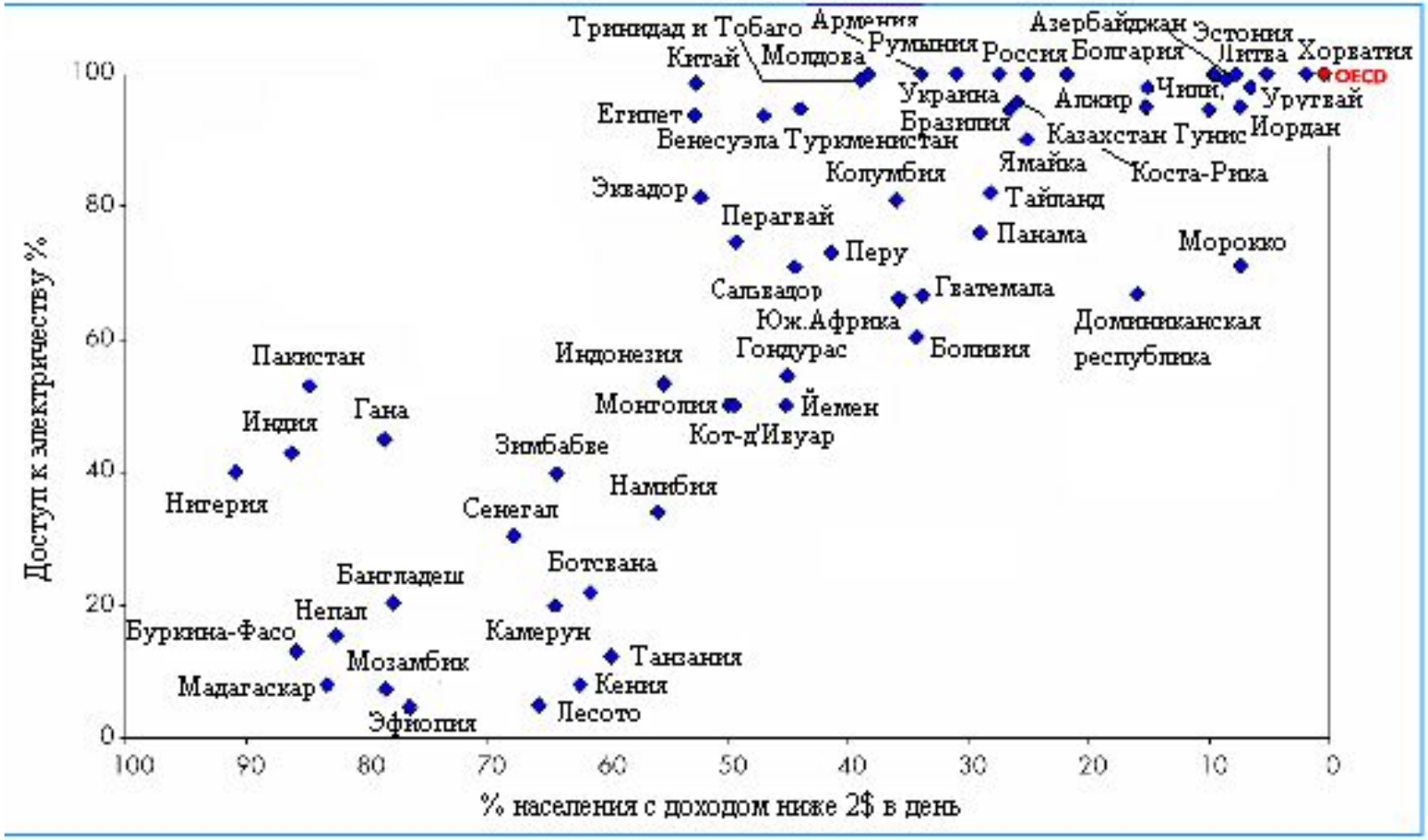
Electricity consumption per capite for selected countries and regions

	kWh/cap-yr 2002
Ethiopia	27
Nigeria	72
Kenya	121
Ghana	300
Vietnam	383
India	421
Indonesia	428
African average	514
Egypt	1120
China	1208
Jordan	1443
Latin American average	1534
Turkey	1559
Thailand	1682

	kWh/cap-yr 2002
Islamic Republic of Iran	1801
Mexico	1832
Brazil	1843
Argentina	2082
World average	2373
Chile	2745
Poland	3217
Hungary	3545
South Africa	4542
Russia	5350
Italy	5447
Saudi Arabia	6103
United Kingdom	6158
Korea	6495
Brunei	7316
France	7366
Austria	7453
OESD average	8046
Japan	8220

	kWh/cap-yr 2002
Belgium	8314
Taiwan, China	8841
Bahrain	9649
Australia	10502
United Arab Emirates	11920
USA	13228
Kuwait	15102
Sweden	15665
Canada	16939
Iceland	27764

Связь между доходом и доступом к электричеству



Источник: Международное энергетическое агентство

МАГАТЭ

Изогнутая энергетическая лестница

Источник: Shell

МАГАТЭ

Положения незыблемые для прогнозов

- Рост населения и глобального энергопотребления в мире;
- Ужесточающая конкуренция за ограниченные и неравномерно размещенные ресурсы органического топлива;
- Нарастающая зависимость от нестабильности ситуации в районах стран-экспортеров нефти;
- Нарастающие экологические ограничения;
- Нарастающее различие в уровне энергопотребления богатейших и беднейших стран.
- В этих условиях роль ЯЭ возрастает как роль стабилизирующего фактора энергетического и социально – политического развития

Факторы испускания CO_2

Полная энергетическая цепочка

Количество топлива и его освобождение

Тонн в год для 1000 MW(e) станций

Ядерное топливо **27** **[160 t UO_2/год]**

27 Высокого уровня
310 Среднего уровня
460 Низкого уровня

Уголь **2,600,000** **[5 -1400составов/день]**

6,000,000 CO_2
44,000 SO_2
22,000 Nox
320,000 Ash [400t toxic heavy metal]

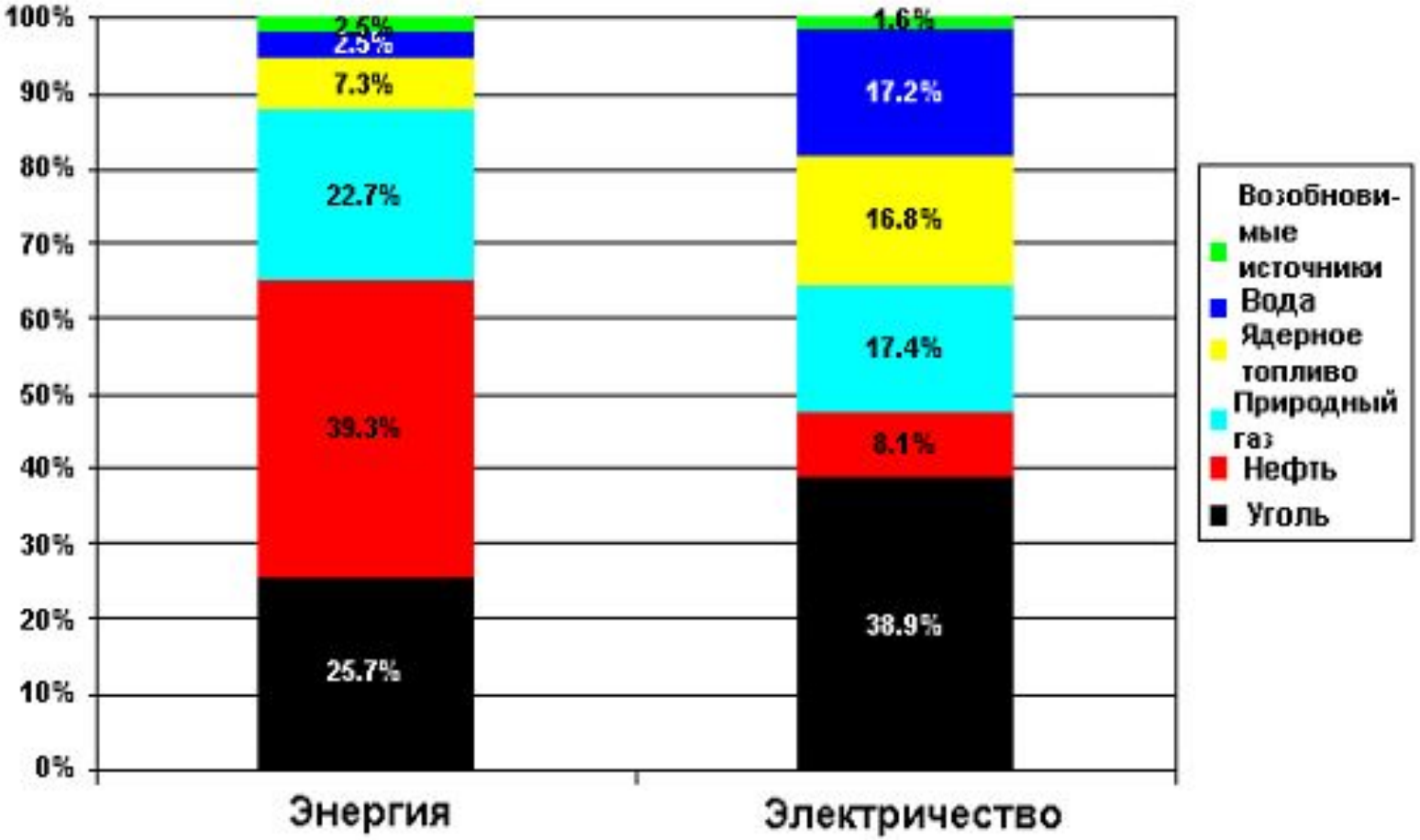
Нефть **2,000,000** **[10 супертанкеров/год]**

Программа 21

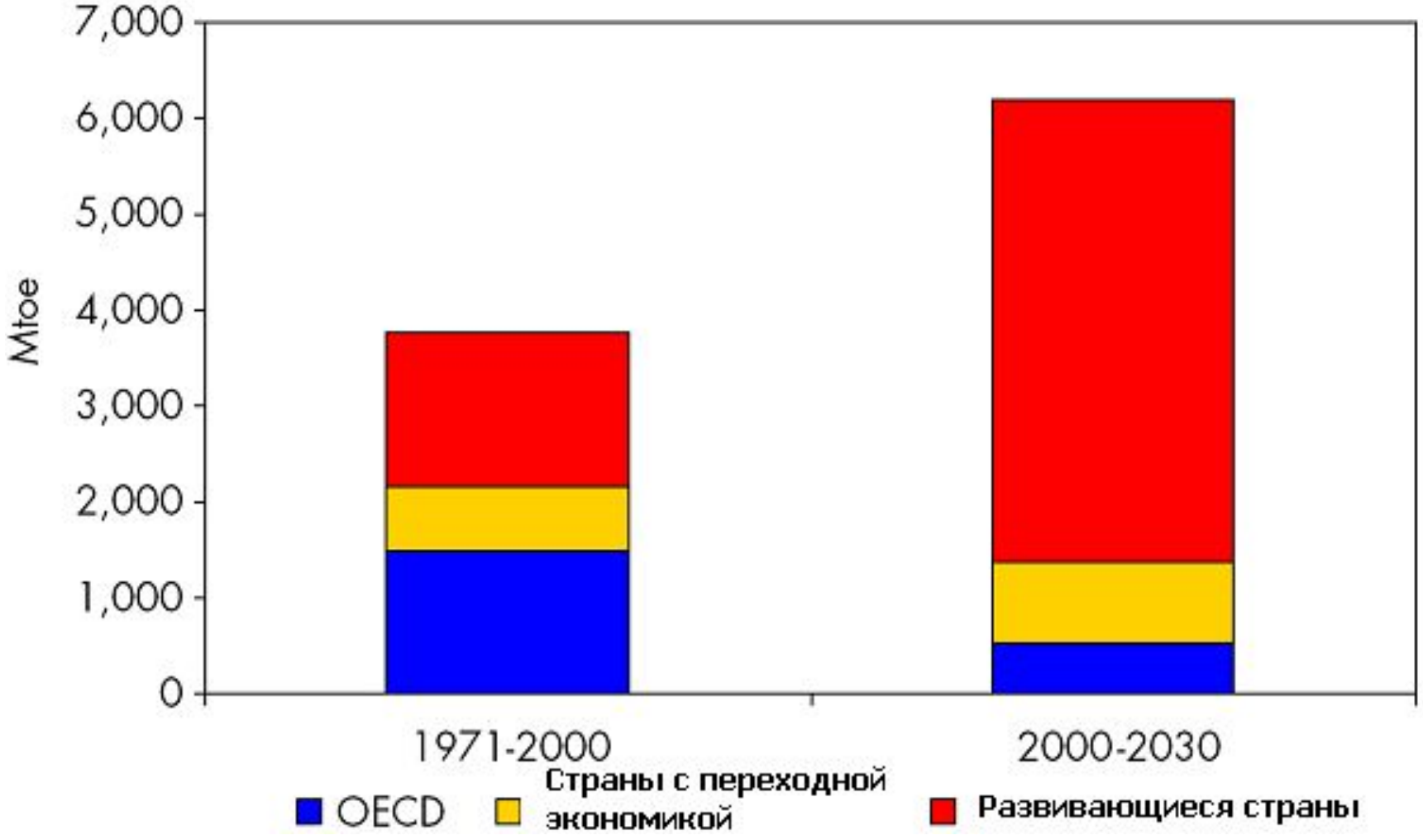
“Энергия является необходимым условием экономического и социального развития и обеспечивает качество жизни.

Однако, в настоящее время большая часть мировой энергии производится и потребляется таким образом, что если технология останется на прежнем уровне и общее количество потребления будет существенно увеличиваться,то так не сможет продолжаться длительное время.”

Сравнительная диаграмма для энергии и электричества 2003

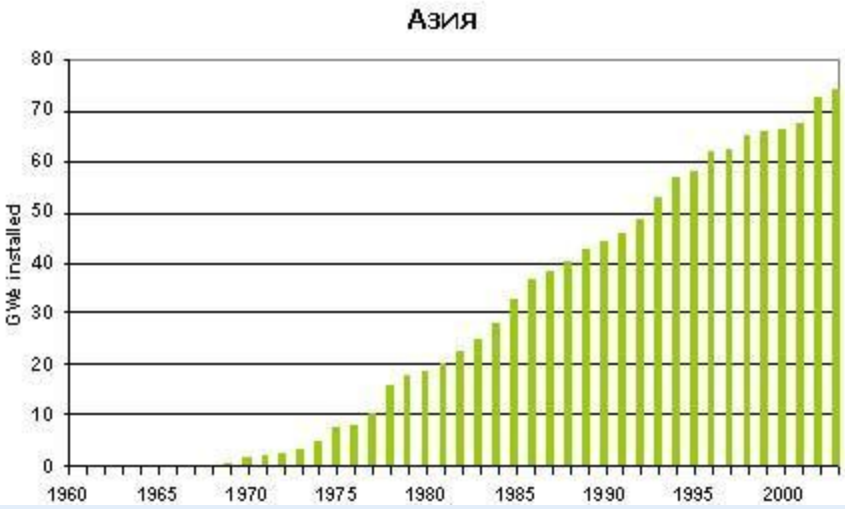


Увеличение потребления мировой первичной энергии



Источник: Международное энергетическое агентство

Энергетическая мощность действующих атомных электростанций в мире



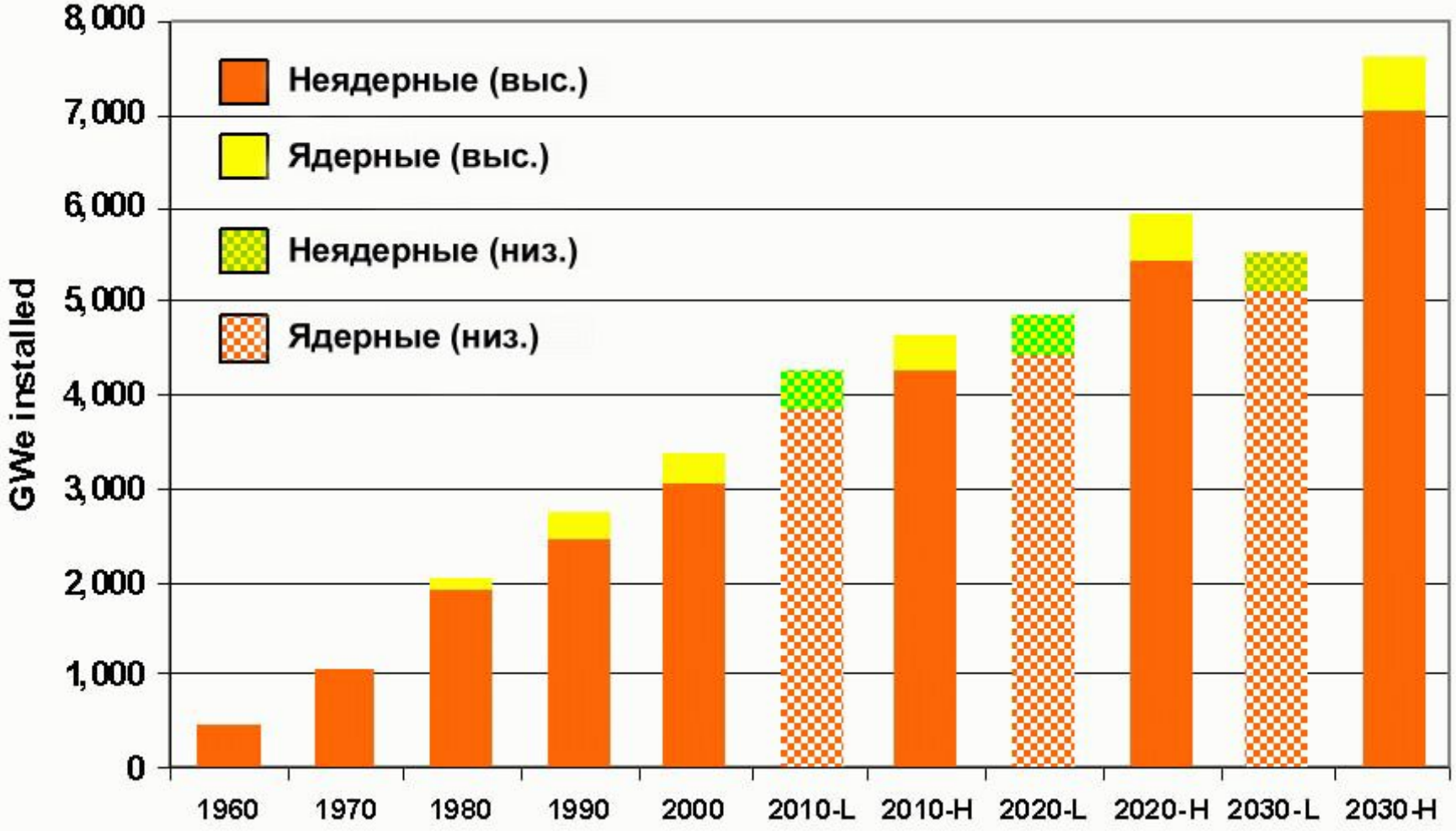
МАГАТЭ

Выработка АЭС электричества на душу населения (2005)

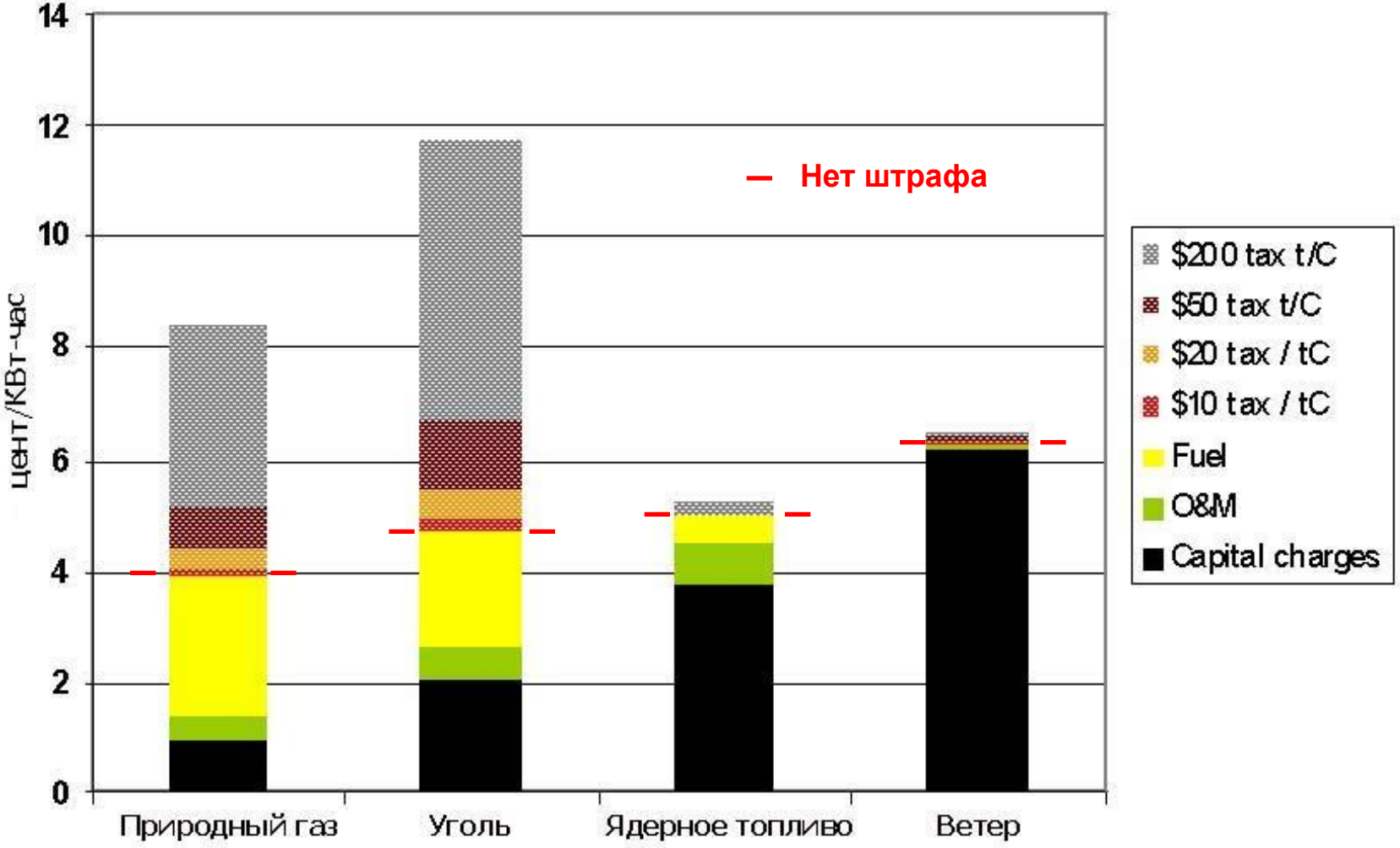
Per-capita electricity consumption and projected nuclear power growth in selected countries and in Africa

Country	Years	Annual electricity consumption, kWh/capita	Installed or projected nuclear power capacity, GW(e)	Projected growth in nuclear power capacity
China	2002	1,208	5.3	6-7 times
	2020		32-40	
India	2002	421	2.6	11 times
	2022		29	
Pakistan	2002	384	0.42	10 times
	2030		4.2	
Russia	2002	5,320	21	2 times (100%)
	2020		40--45	
ROK	2005		16.8	57%
	2015		26.4	
USA	2002	13,228	99	11%
	2020		~110(?)	
Africa	2002	514	1.8	0-128%
	2020		1.8-4.1	

Рост ядерной энергетики и неядерных источников энергии, 1960 -2030



Стоимость электричества с учетом штрафа на углеродное топливо



Современные проблемы ЯЭ

Роль международного научно-технологического сотрудничества:

- **Международные организации МАГАТЭ (IAEA), NEA (OECD), IEA (OFCD), WANO, WNA, WNU,ЕС и др.**
- **Международные проекты:**
- **INPRO (ИНПРО), GIF – IV (Поколение – IV), Микельанжело – ЕС и др.**

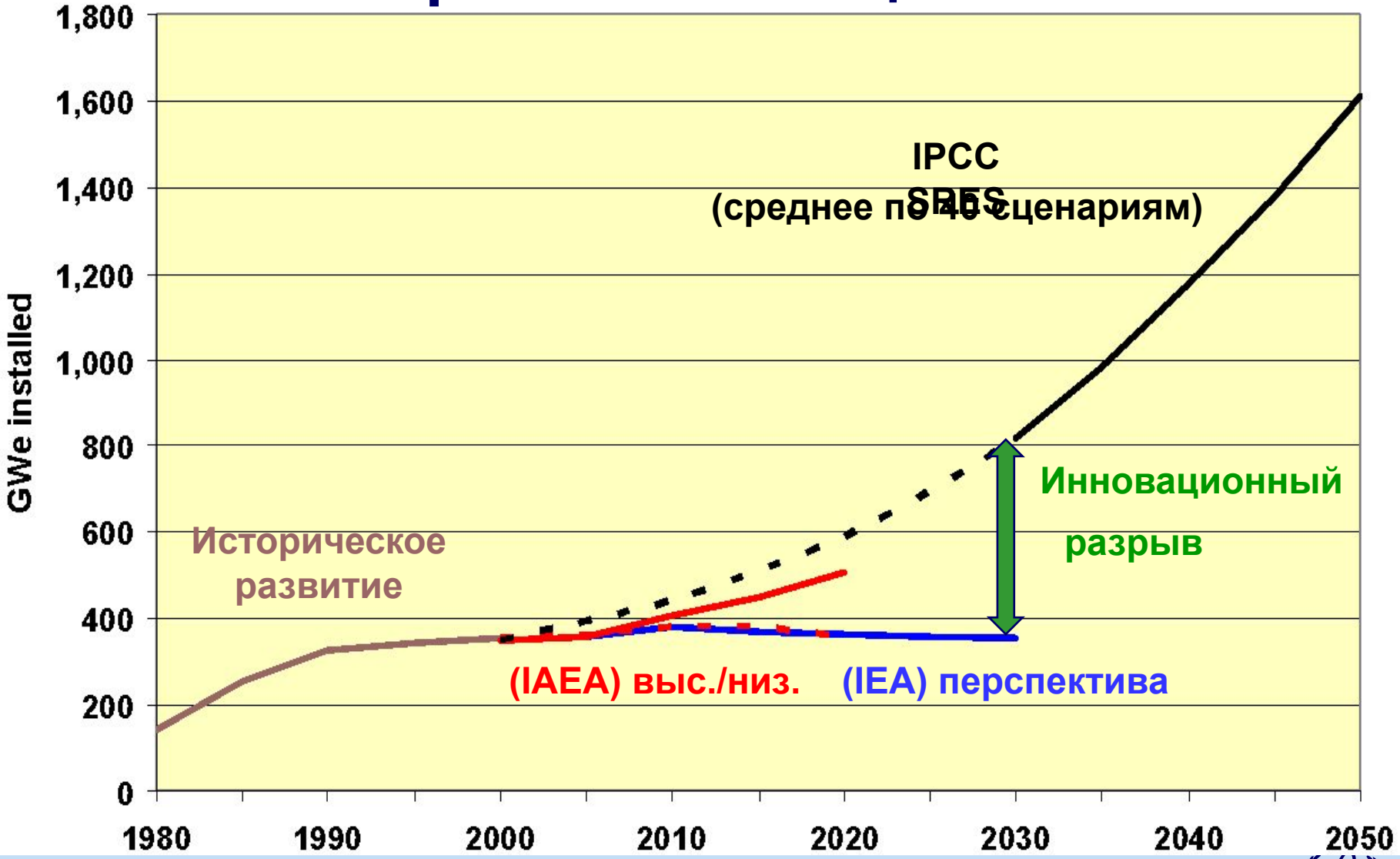
Международные проекты INPRO и GIF-4

Члены ИНПРО	Члены как ИНПРО, так и ГИФ	Члены ГИФ
Аргентина **Болгария** **Бразилия** **Германия** **Индия** **Индонезия** **Испания** **Канада** **Китай** **Нидерланды** **Пакистан** **Республика Корея** **Российская Федерация** **Турция** **Франция** **Чешская Республика** **Швейцария** **Южная Африка** **Организация – член:** **Европейская комиссия**	**Аргентина** **Бразилия** **Канада** **Республика Корея** **Франция** **Швейцария** **Южная Африка** **Организация-член:** **Европейская комиссия**	**Аргентина** **Бразилия** **Канада** **Республика Корея** **Соединенное Королевство** **Соединенные Штаты** **Франция** **Швейцария** **Южная Африка** **Япония** **Организации-члены:** **ФОРАТОМ** **Европейская комиссия**

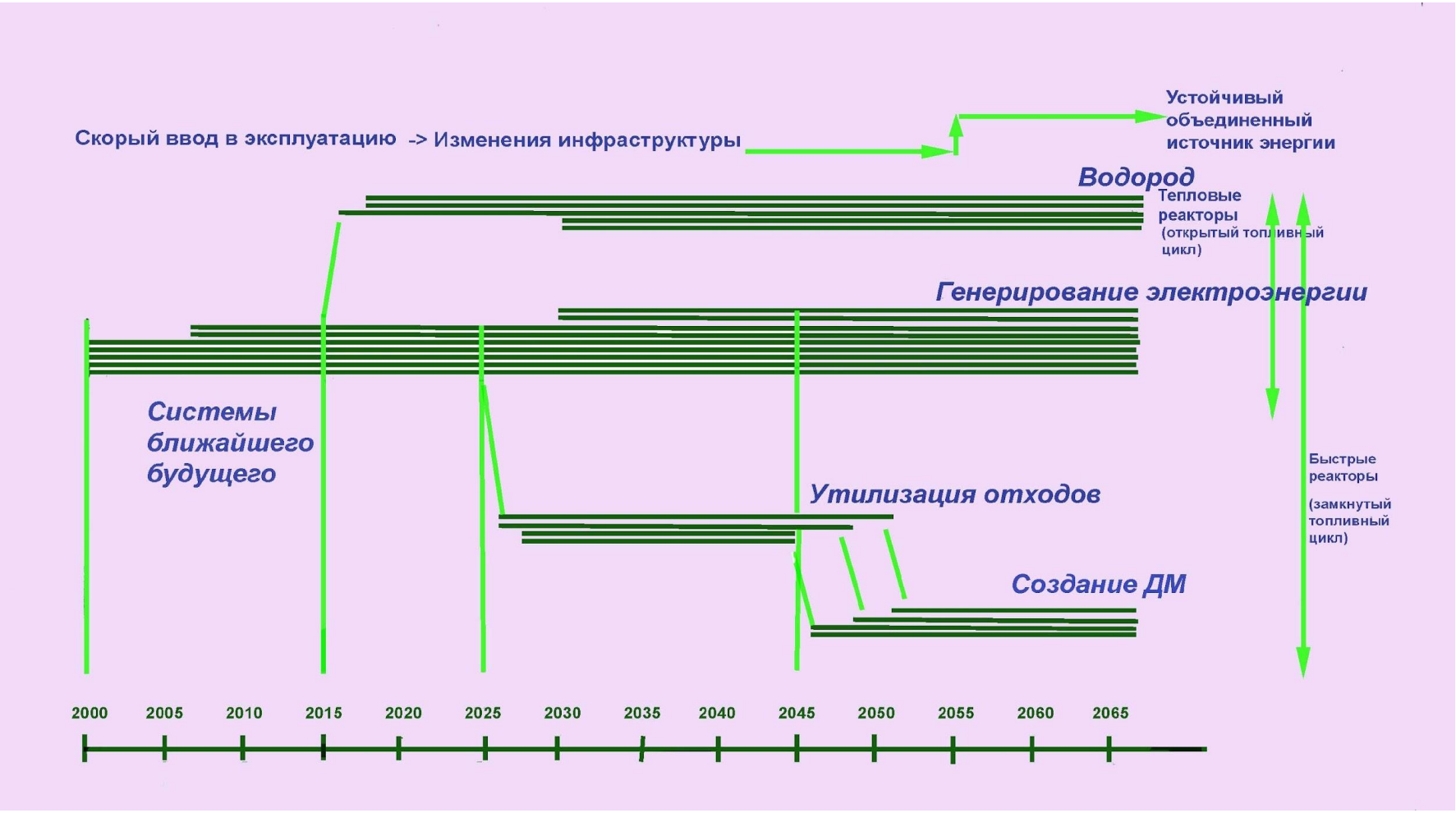
GEN - IV

- газоохлаждаемый реактор на быстрых нейтронах (GFR) - гелиевоохлаждаемый реактор на быстрых нейтронах;
- высокотемпературный реактор (VHTR) – реактор с графитовым замедлителем и гелиевым охлаждением;
- сверхкритический водоохлаждаемый реактор (SCWR);
- реактор на быстрых нейтронах, охлаждаемый жидким натрием (SFR);
- реактор на быстрых нейтронах, охлаждаемый свинцовым сплавом (LFR), - реактор на быстрых нейтронах, охлаждаемый свинцом в виде свинцово-висмутового эвтектического жидкого металлического сплава;

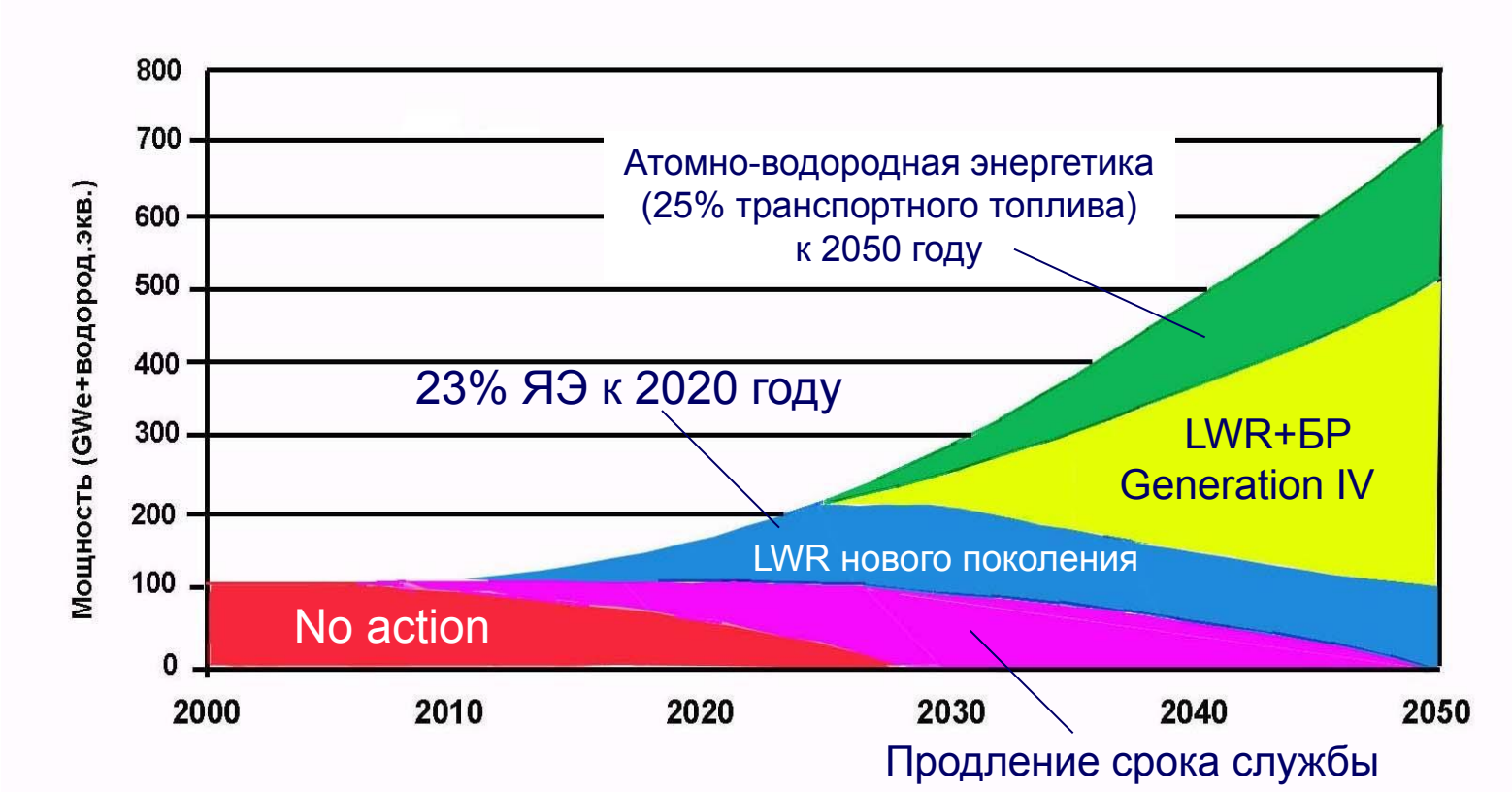
Проблема развития ядерной энергетики: роль инновации



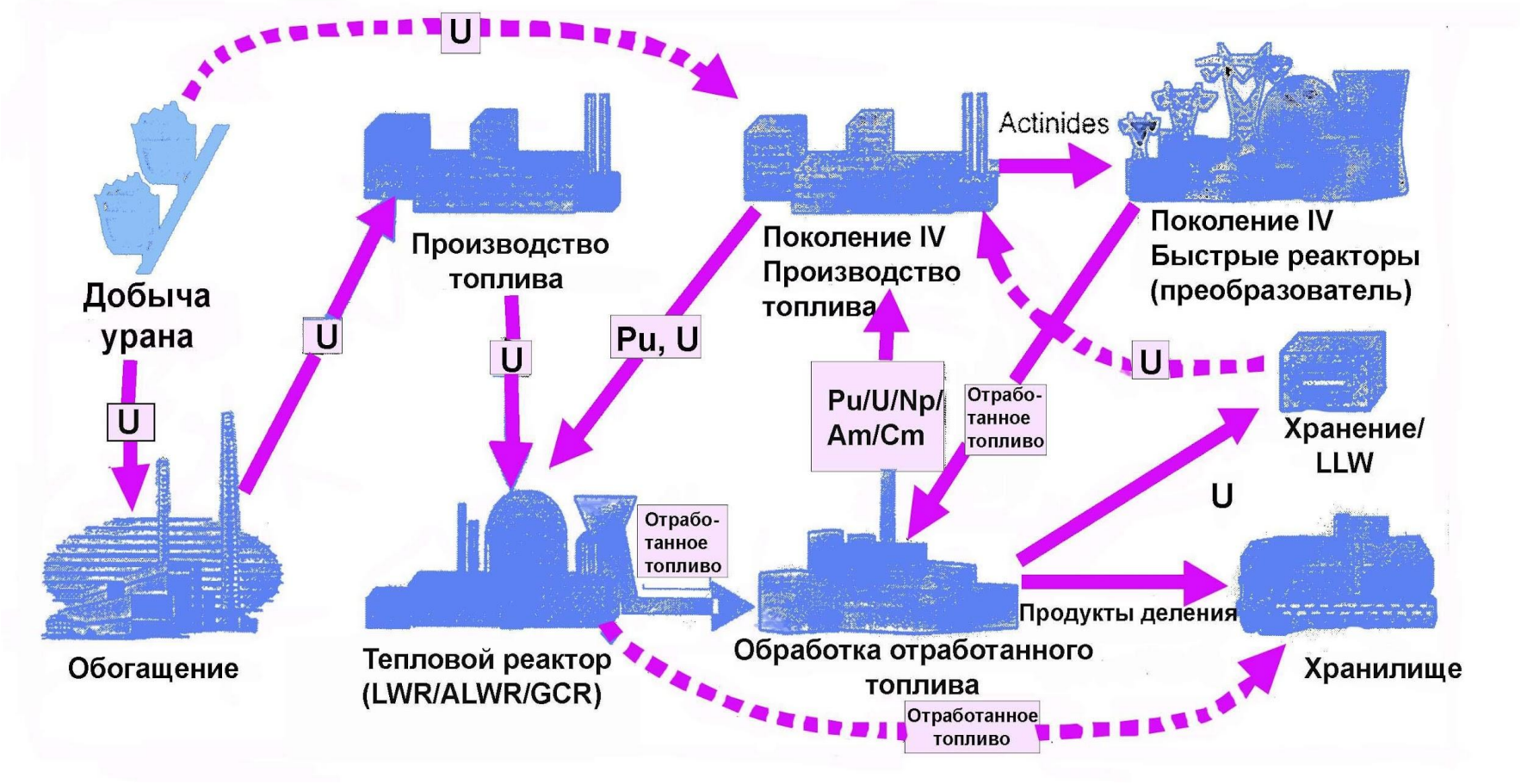
IV поколение: Сочетание ядерных систем, которые (вместе взятые) удовлетворяют растущим потребностям в энергоснабжении



Стратегия развития ЯЭ (GEN-IV) в 21-м веке



Будущий ЯТЦ ядерной энергетики 21 века (GEN - IV)



Анализ современного состояния Российской атомной энергетики

Атомная энергетика России на сегодняшний день представлена десятью атомными станциями, на которых эксплуатируются 30 энергоблоков установленной мощностью 22 ГВт из них:

14 реакторов с водой под давлением

8ВВЭР-1000

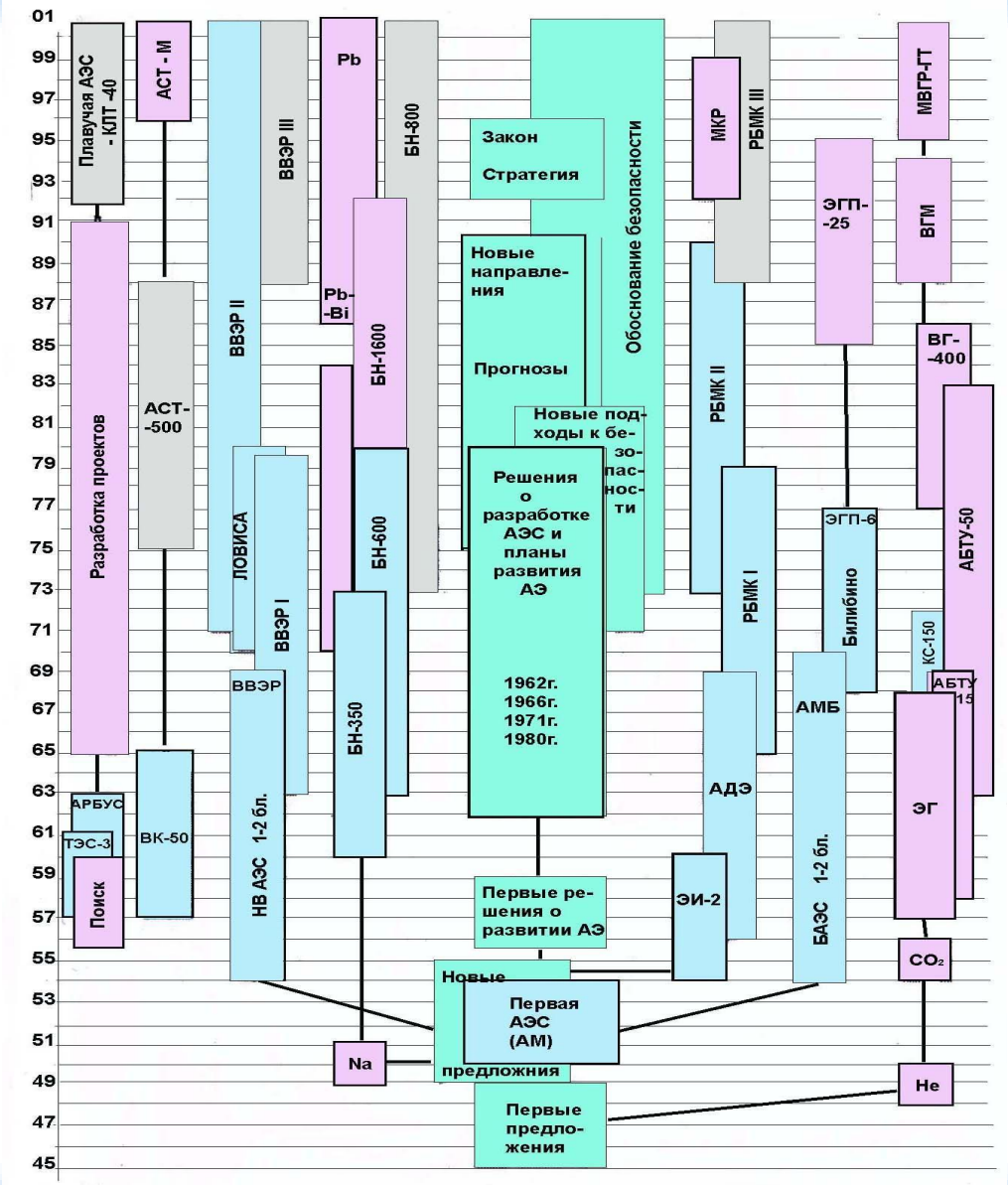
6ВВЭР-440

15 канальных кипящих реакторов

11РБМК-1000

4ЭГП-6

Дерево развития атомной энергетики СССР



МАГАТЭ

Внутренние трудности ядерной отрасли

- Вывод из эксплуатации 5.6 ГВт АЭС в 2015-2020 гг.;
- Закрытие трех промышленных реакторов в Железногорске и Северске;
- Сокращение запасов дешевого уранового сырья, накопленного в прошлые годы;
- Переход на рыночные отношения в электроэнергетике;
- Несовершенная инвестиционная и тарифная политика.

Ухудшение ситуации на международном рынке

- Вывод за рубежом из эксплуатации энергоблоков АЭС с ВВЭР и РБМК;
- Вступление стран Восточной Европы – владельцев АЭС с реакторами типа ВВЭР в Евросоюз;
- Прекращение поставок ядерного топлива, полученного из высокообогащенного урана, в США после 2013 г.;
- Ввод завода с центрифужной технологией в США после 2006 г.;
- Создание транснациональных корпораций в ядерной сфере;
- Реализация новых конкурентных проектов АЭС, разрабатываемых США и другими странами

При максимально возможном использовании собственных средств РосАтома (концернов) через 70 лет после ввода первой АЭС (>2025г.) вклад АЭС в энергетической баланс страны будет менее 5%, несмотря на огромный технологический и кадровый потенциал «ядерной» державы.

Перспективные проекты в атомной энергетике

Технология	Назначение	Период ввода
ВВЭР-1000, ВВЭР-1500	Обеспечение воспроизводства и развития мощностей в европейской части России	До 2070 года
АТЭЦ (ВК-300, ВБЭР-300 и др.)	Комбинирование производства электроэнергии и тепла для регионов России	После 2010 года
БН, БРЕСТ, СВБР и др.	Переход на качественно новый уровень воспроизводства (реновации) и развития мощностей АЭС по безопасности и экологии, топливоиспользованию и обращению с ОЯТ и РАО	

Заключение

- **1. Атомная энергетика России за прошедшие 50 лет развивалась как неотъемлемая часть ТЭК России и продемонстрировала:**
- **Возможность обеспечения безопасности и конкурентоспособности;**
- **Возможность создания полностью замкнутого ЯТЦ;**
- **Потенциальную возможность обеспечения потребности в энергии;**
- **Отсутствие эмиссии парниковых газов и вредных выбросов, малые объёмы отходов по сравнению с ТЭС;**

- **2.Перспективы масштабного развития ядерной энергетики в XXI веке связаны с внедрением инновационных технологий - быстрых реакторов и замкнутого ядерного топливного цикла, обеспечивающих:**
- **Гарантированную безопасность на всех стадиях ЯТЦ и экономическую эффективность;**
- **Снятие ограничений по топливным ресурсам в двухкомпонентной структуре тепловых и быстрых реакторов;**
- **Существенное расширение сфер применения(теплоснабжение, высокопотенциальное тепло, водород);**
- **Существенное сокращение удельных объёмов РАО и ОЯТ, радиационно-эквивалентное обращений с отходами;**
- **Ограничение возможности распространения ядерного оружия.**

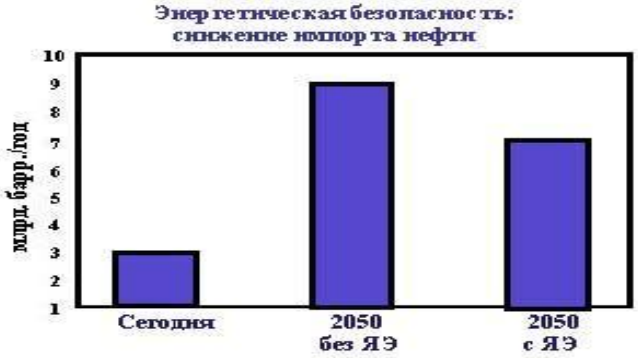
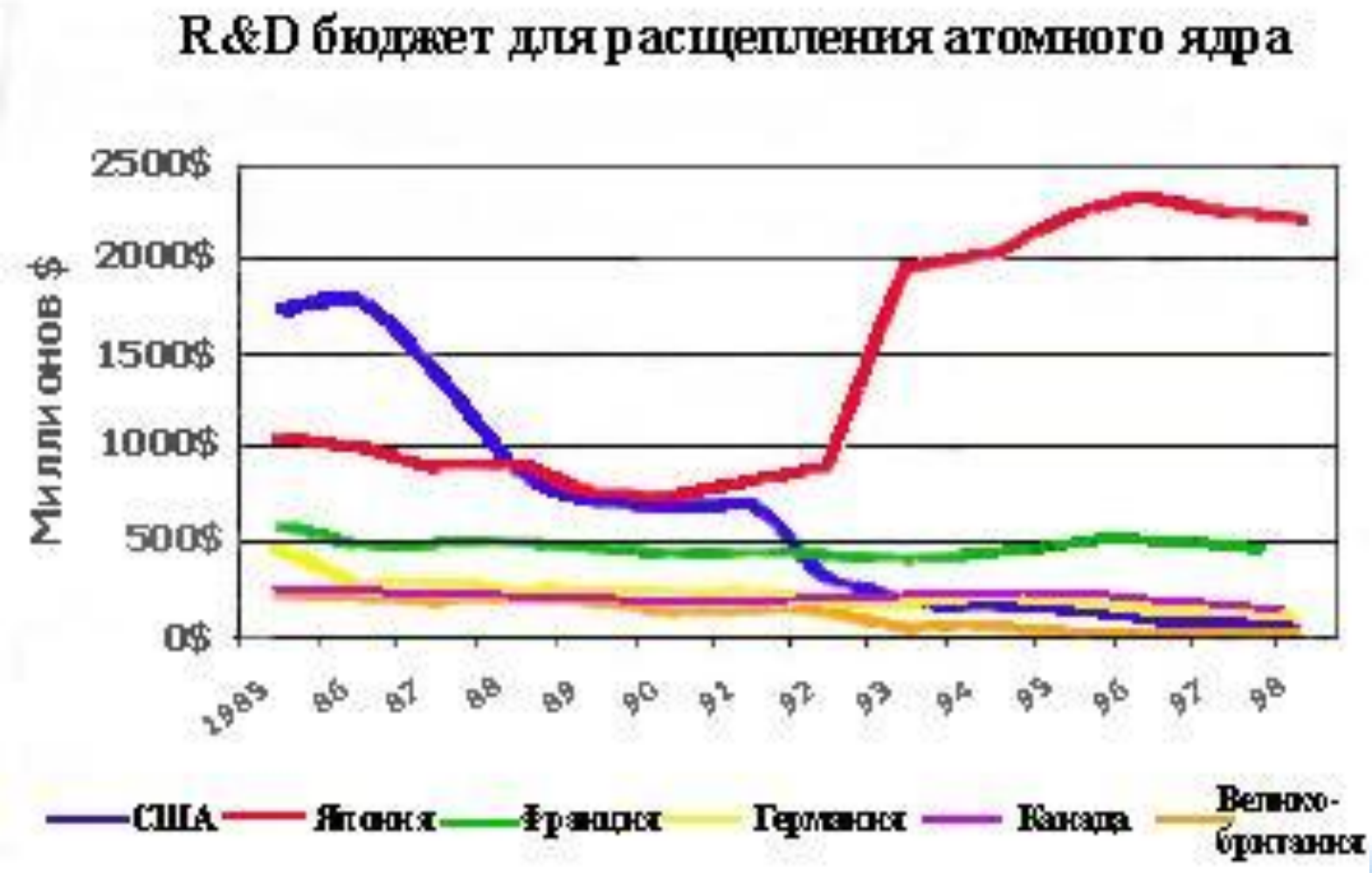
Рост мирового спроса на электроэнергию

		Доля рынка (%)		
	Всего 10^3 Тераватт час/год	Ископа-емое топливо	Гидро + нетрадицион-ные источники энергии	Атомная энергия
1990	12	59	21	20
2020	19,5	54	23	23
2050	31	30	35	35

*Сценарий Б из WEC/IIASA Глобальные перспективы энергетики, стр. 88, издательство «Кембридж Юниверсити Пресс»(1988)

Значительные выгоды возникают и постепенно накапливаются с возрастанием использования атомной энергии

- *К 2050 году в США не будет выбрасываться в атмосферу 3 миллиарда тонн/год CO^2 (6 млрд. тонн/год во всем мире)*
- *К 2050 году использование нефти в США понизится на 2 миллиарда баррелей/год (3 млрд. Баррелей/год во всем мире)*
- *Омоложенная ядерная инфраструктура*
  - *Лаборатории*
  - *Университеты*
  - *Промышленность*
  - *Государственные учреждения*
- *Существенные коммерческие возможности во всем мире*
- *Атомная энергия вносит значительный вклад в мировое процветание и качество окружающей среды*



Политика правительства и инвестиции в ядерную энергетику, приведшая США к потере лидерства в области ядерных технологий