

# НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



## **Цифровизация как необходимое условие развития системы ядерной энергетики: *история и перспективы***

*Субботин Станислав Анатольевич*

**Конференция МО ЯОР «Цифровая атомная энергетики:  
преимущества и безопасность»**

**12 октября 2018 года  
НВ АЭС**

# Мировая ядерная энергетика в 2016 году

## СОСТОЯНИЕ:

**449** действующих блоков АЭС (в 2015 г. – 441 блок) суммарной установленной мощностью 392 ГВт(э) (растет с 2011 г.)

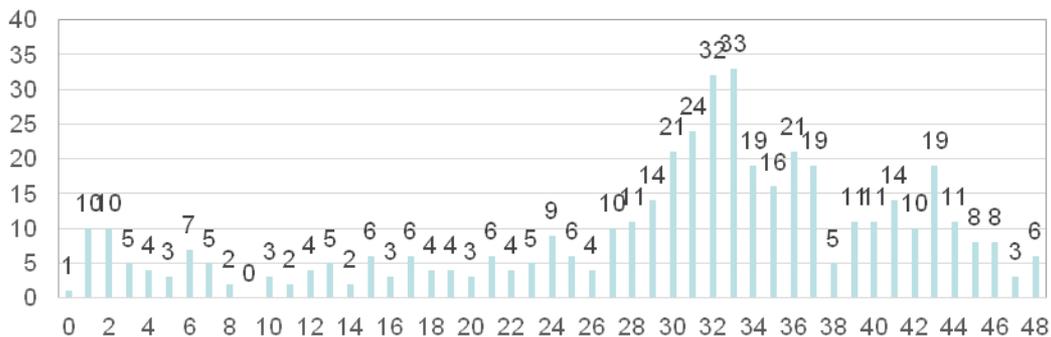
**60** блоков строятся в **15** странах.

## СОБЫТИЯ:

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

Начато строительство **3** ядерных энергоблоков: **2** – в Китае, **один** – в ОАЭ.

Окончательно остановлены **3** ядерных энергоблока: по **одному** – в России, США и Японии (в 2015 году – 7 в Германии, Великобритании и Японии).



# Мировая ядерная энергетика в 2017 году

## СОСТОЯНИЕ:

**448** действующих блоков АЭС (в 2016 г. – 450 блоков)  
суммарной установленной мощностью **391,7 ГВт(э)** (в 2016 г. – 392,0).

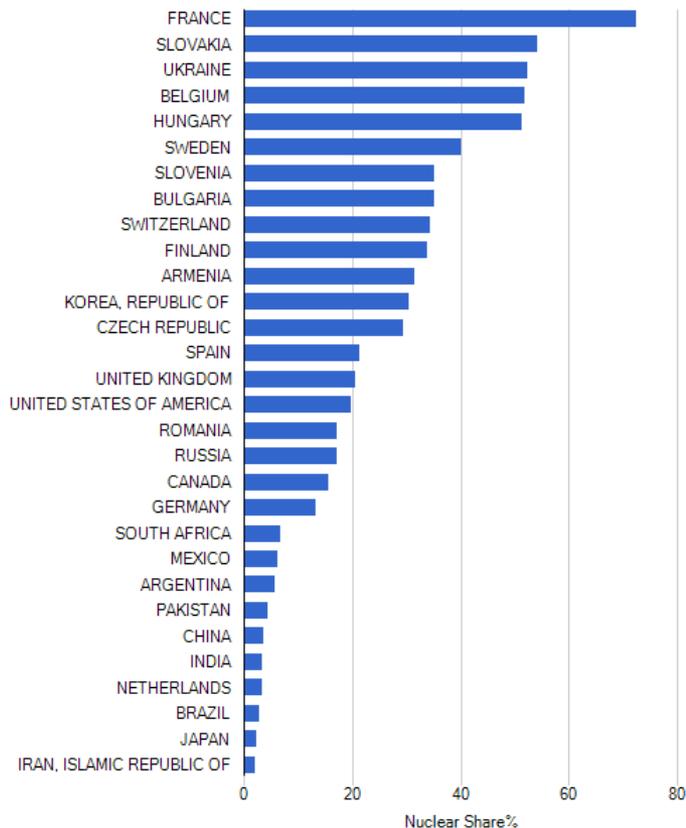
Строится **59** блоков (в 2016 г. – 61).

## СОБЫТИЯ:

**3** ядерных энергоблока  
подключены к сети:  
**2** – в Китае, **1** – в Пакистане.

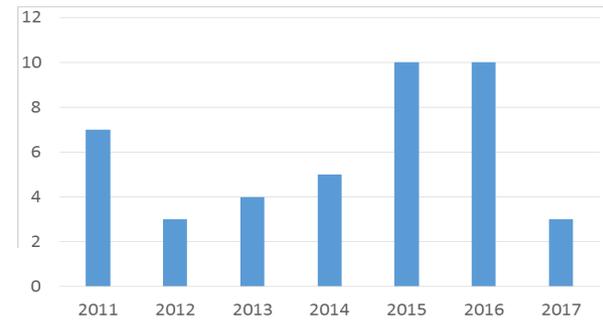
Начато строительство трех  
ядерных энергоблоков: в  
Южной Корее, Индии и  
Бангладеш.

Окончательно остановлены  
**4** ядерных энергоблока: в  
Южной Корее, Швеции,  
Испании и Японии (в 2016 г.  
– 2)

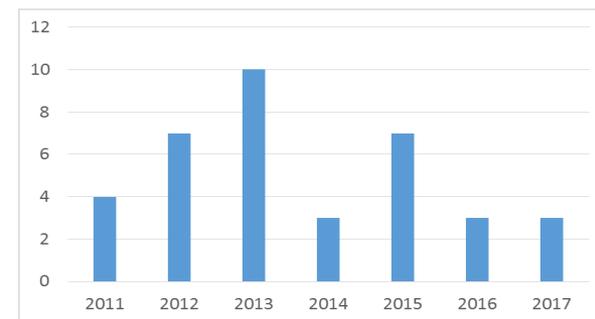


Ядерная доля в электрогенерации

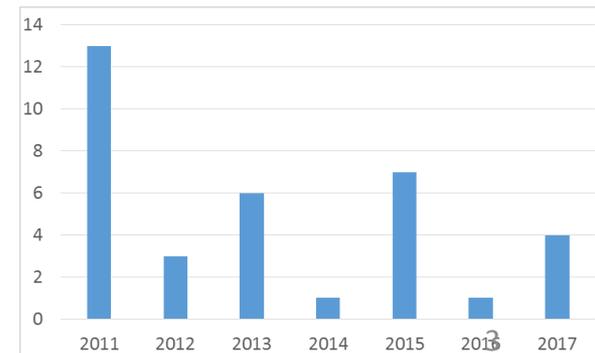
## Подключение к сети по годам



## Начало строительства по годам



## Окончательный останов по годам



# Условия развития ЯЭ

- То, что сейчас вкладывается в ЯЭ - это на самом деле кредит, выдаваемый под гарантии того, что ЯЭ обладает практически неисчерпаемым ресурсом и потенциалом стать основой устойчивого развития и решения проблем энергетической безопасности.
- Все это требует развития ЯЭ как масштабной системы, не конфликтующей с природной средой (отвечающей определенным принципам, требованиям, нормам, правилам) и способной вписаться в гигантскую систему институтов и традиций: экономических, правовых, нравственных.

## Механизм развития ИЯЭС

- При постановке задачи следует исходить из базового экономического принципа устойчивого развития ИЯЭС (ИНПРО): Энергия и связанные с ней изделия и услуги от инновационных систем ядерной энергии должны быть доступны в плане наличия и приемлемы по цене, или другими словами **ИЯЭС должна быть технически реализуема с помощью экономических методов**, поскольку других способов ее масштабной реализации сейчас нет.
- При этом исходя из того, что фундаментальной предпосылкой классической экономики является то, что богатство и уровень жизни растут в результате преследования участниками рынка долговременной личной выгоды (А.Гринспен), **необходимо так рационально поставить задачу развития ИЯЭС как системы, чтобы ее структура, масштабы и цели могли стать интересны практически всем** тем заинтересованным производителям и потребителям услуг ЯЭ, которые сейчас видят друг в друге конкурентов или противников.

# Задача

*«Я могу ошибаться, а вы можете быть правы; сделаем усилие, и мы, возможно, приблизимся к истине» К.Поппер*

Описание, понимание, интерпретация  
постановки задачи (природа, человечество,  
энергетика, ядерная энергия):

- история ЯЭ и экономики
- проблемы дальнейшего развития
- приемлемые асимптотические структуры и масштабы ЯЭ

## Постановка задачи - 1

- Пока мы не знаем, что делать, но у нас есть надежда или просто предположение, что **цифровизация** (*создание инструментов, помогающих людям актуализировать для себя эту проблему, привлечь интерес к собственному будущему, но не на уровне предположений и мнений, а на самом передовом уровне, который доступен в области теорий выстраивания развития сложных систем*) нам **может помочь решить очень сложную задачу, связанную с развитием ЯЭ как системы**, и мы пока можем предложить только видение проблем, потенциалов, неизбежных (истинных?) моментов в будущем, то есть продемонстрировать **потенциалы, перспективы, проблемы** и возможную постановку задачи с предварительным анализом возможных асимптотических решений.

## Постановка задачи - 2

- То есть: многие согласны, что нужно создавать систему ЯЭ, у некоторых есть видение того, что должно быть в будущем, наша **задача заключается в поиске модели перехода** (*динамическая компьютерная модель системы ЯЭ, встроенной в системы: природную, социальную, экономическую, правовую, ...*) **из настоящего** (которое нужно понять) **в устойчивое и надежное будущее** (нужно создать компьютерный образ).

## Энергия и ресурсы

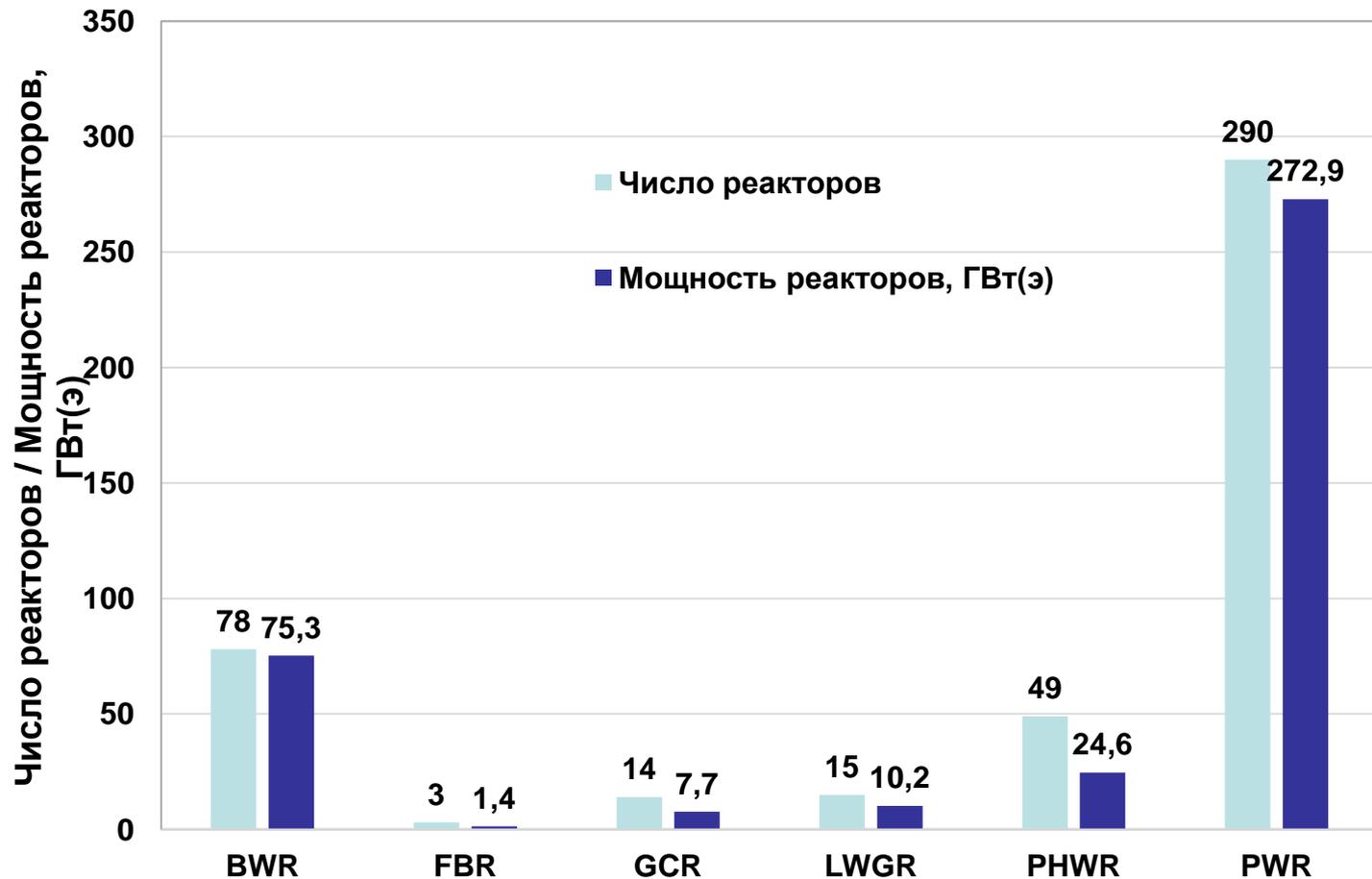
*«В мировом масштабе выживет та страна, которая в точности будет знать свои ресурсы, сумеет направить на их использование народные духовные силы» - В.И.Вернадский*

Картина Мира по К.Попперу:

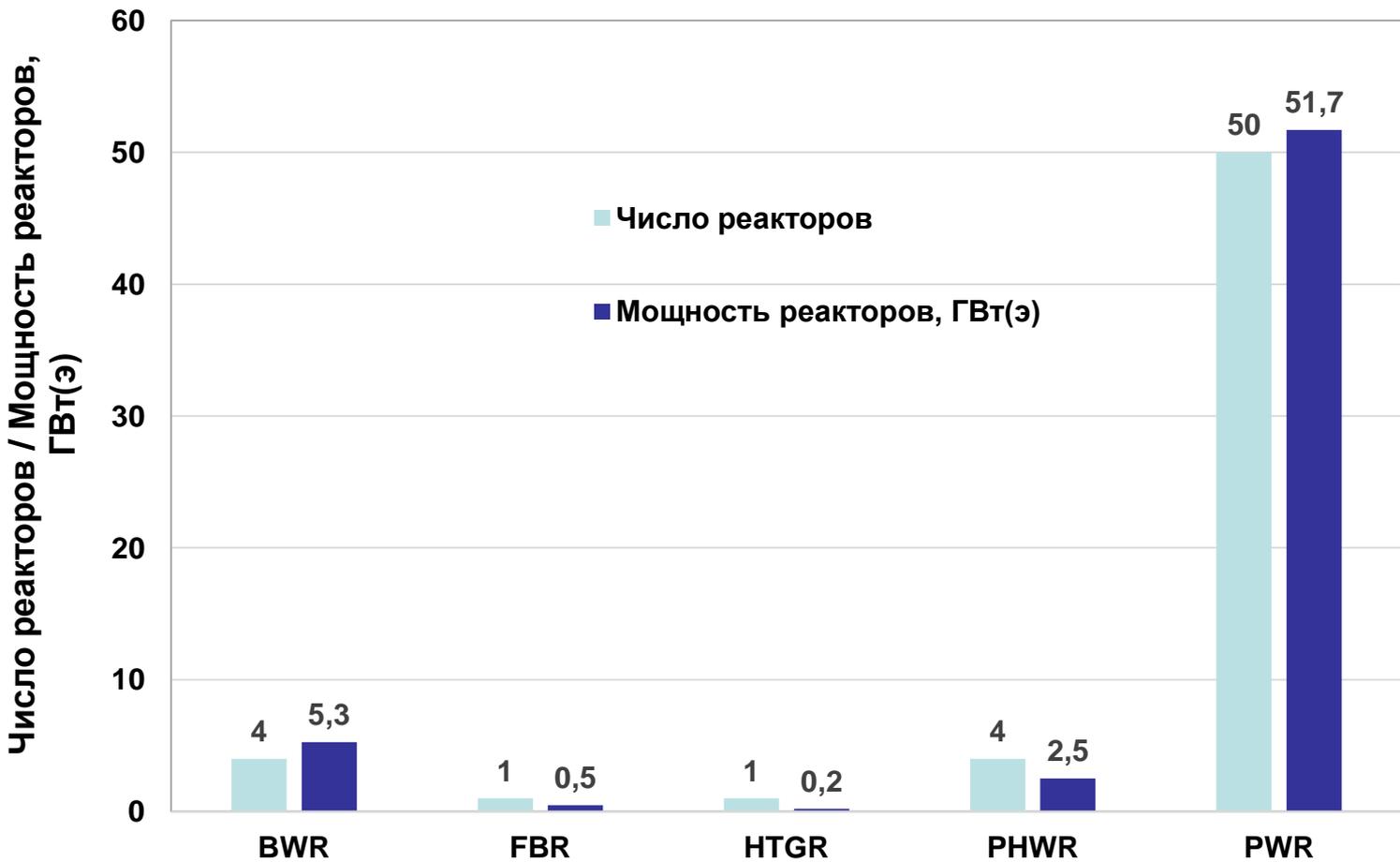
- Мир 1 – **реальность** (цифровизация для повышения эффективности работы техносферы)
- Мир 2 – **ментальность** (цифровизация для помощи построения ментальных образов и облегчения процессов образования, понимания, согласования действий);
- Мир 3 – культура, **наука** (цифровизация для создания динамического образа развивающейся системы ЯЭ для реализации хозяйственной деятельности по созданию системы ЯЭ, отвечающей принципам устойчивого развития)

# Причины превалирования легководных реакторов

- Это направление наилучшим образом смогло воспользоваться донорными технологиями (материалы, теории, ресурсы, навыки) и специальными наработками оборонных направлений (разделение изотопов, транспортные ЯЭУ)
- Дальнейшие перспективы развития ЛВР связаны с созданием многокомпонентной системы ЯЭ, требующей соответствующей теоретической базы.



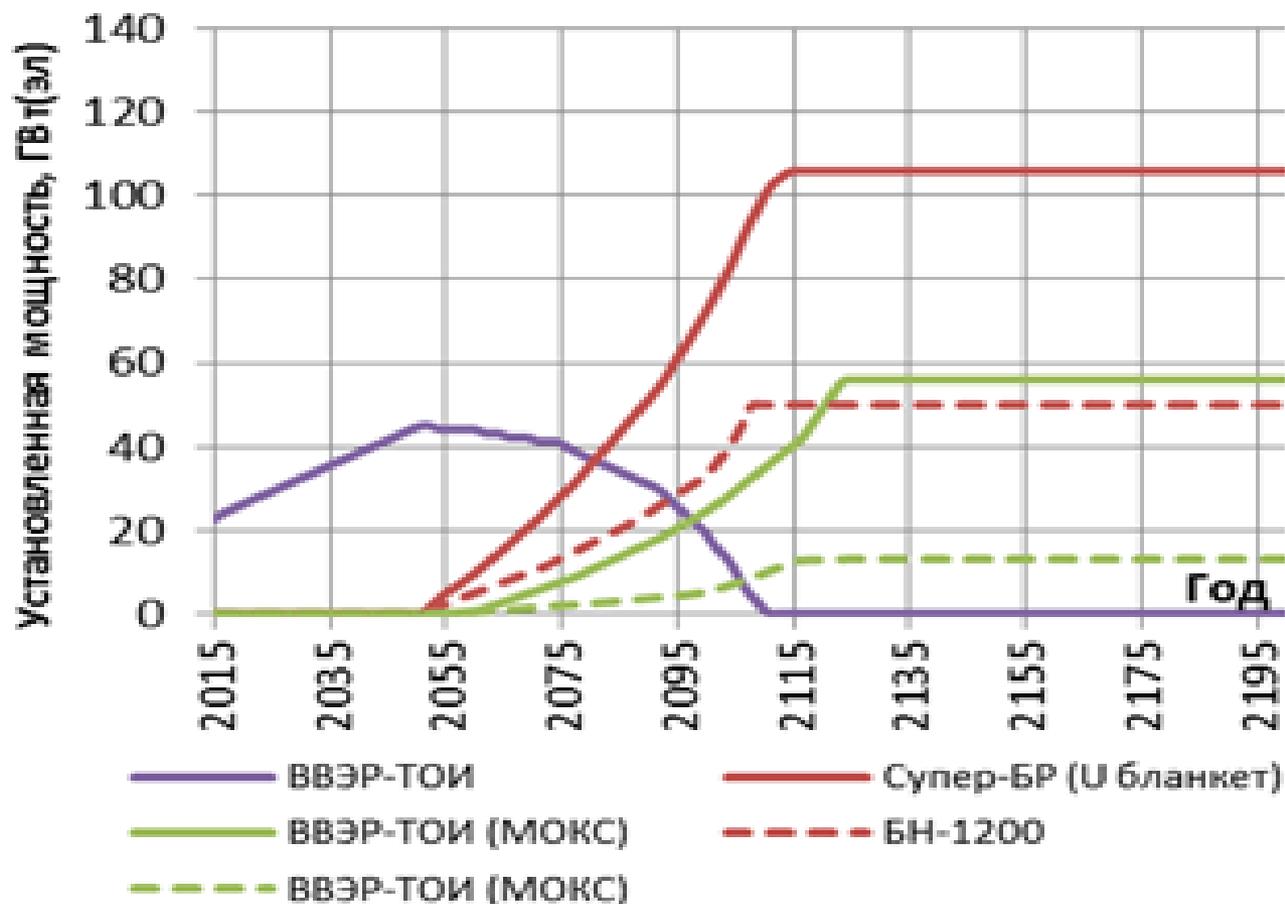
Количество и мощность работающих в мире реакторов различного типа (по данным IAEA/PRIS на 1 марта 2017 г.)



Количество и мощность строящихся в мире реакторов различного типа (по данным IAEA/PRIS на 1 марта 2017 г.)

# Влияние характеристик БР на масштабы развития двухкомпонентной ЯЭ

(программный комплекс *DESAE* – расчет материальных балансов и  
экономических показателей )



Особенности переходного периода развития ЯЭ:  
Эволюция АЭС от конкуренции и выживания отдельных установок к системе ЯЭ, отвечающей требованиям устойчивого развития

До тех пор пока система АЭ не появилась и не накоплен опыт ее эксплуатации, не стоит ожидать появления устойчивых требований или регламентов, и приходится **при принятии решений опираться на анализ, основанный на исследовании возможных сценариев развития как системы АЭ, так и изменения условий и целей ее развития, помогающий выработать рекомендации в плане:**

- Прогнозирования целей и задач на разные отрезки времени и разные возможные условия;
- Прогнозирования изменений условий, возникновения опасностей и угроз;
- Поиска путей решения выявленных и прогнозируемых проблем и использования для этого различных возможностей и ресурсов;

при этом имея в виду, что **опасности и угрозы реализуются сами, а над возможностями необходимо работать заблаговременно.**

# Прогнозирование на основе моделей как необходимое условие выявления проблем и парадоксов в процессе развития системы ЯЭ

- Расширение постановки задачи
- Рассмотрение данной задачи как части более сложной системы
- Углубление моделей и расширение образа объекта
- Увеличение временных рамок рассмотрения
- Поиск необходимых для решения ресурсов: знания, время, специалисты, финансы...
- Выявление противоречивости постановки задачи

## Схема

### Постановки «экономической» задачи создания ИЯЭС с ЗЯТЦ

- Сколько нужно средств и каких для входа в «бизнес», связанный с ИЯЭС с ЗЯТЦ (финансы, технологии, НИР, правовое обеспечение собственности, ответственности за обращение с ОЯТ и РАО; обеспеченность ресурсами нейтронов, урана, тория; наличие рынков радионуклидов, способов изоляции РАО от среды обитания...).
- Для входа в бизнес важно **понимание** того, что это такое...
- **Понимание** – это мышление, использующее **понятия**...
- **Выработка понятий** требует организации соответствующего процесса познания...
- **Познание** – процесс, сопровождающий деятельность и общение людей и выполняющий функции обеспечения всего этого идеальным(и) образ(ом/ами)...



## Место энергетики в мировом хозяйстве

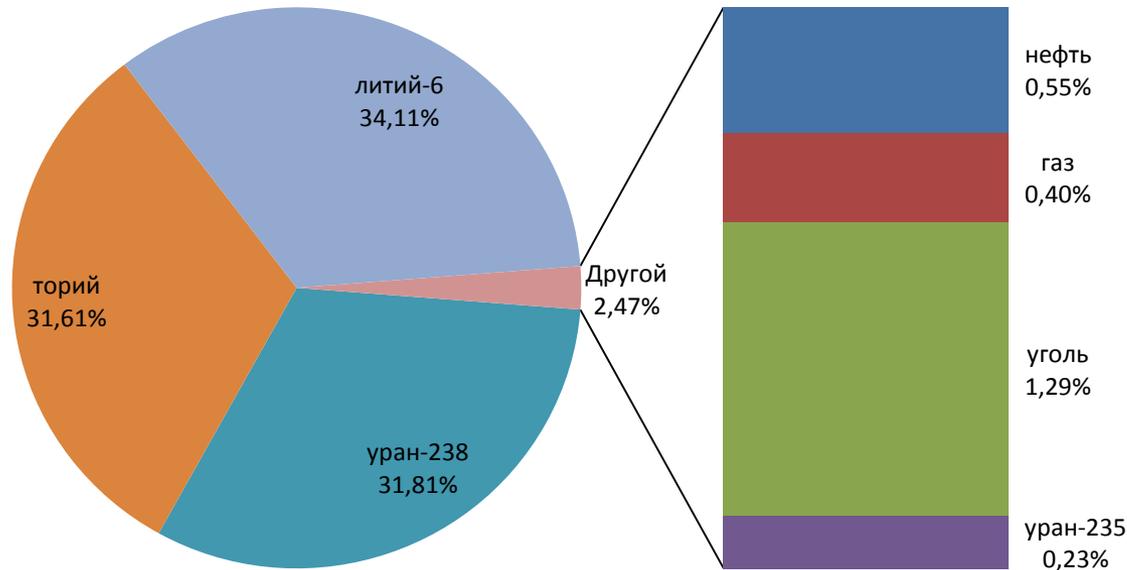


**«Энергетика... это не отрасль экономики, а система трансформации всех потенциальных ресурсов в совокупный капитал социума» В.В.Бушуев**

***Энергетика***

***- силовая часть системы управления механизмом получения и распределения природных благ***

## Мировое распределение энергетических ресурсов, %



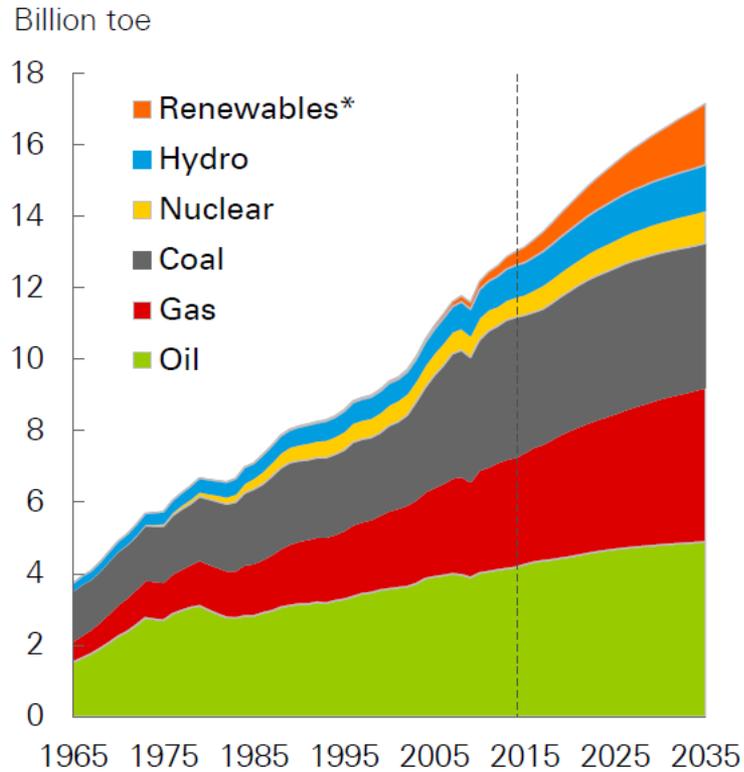
Исходные предположения:

согласно оценкам «Красной книги» [2] предполагается, что мировые ресурсы тория составляют 7 млн. т; тритий производится только из лития-6, мировые ресурсы лития приняты по данным U.S. Geological Survey [4].

Мировые энергетические ресурсы, млрд. т.н.э.

нефть	газ	уголь	уран-235	уран-238	торий	литий-6	итого
236	169	552	98	13577	13489	14555	42676

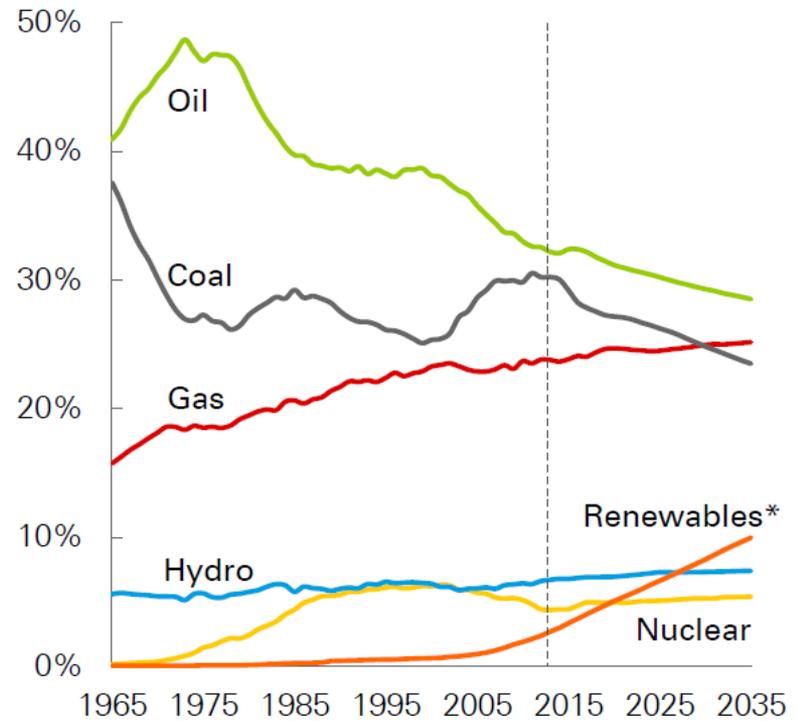
## Primary energy consumption by fuel



\*Renewables includes wind, solar, geothermal, biomass, and biofuels

2017 Energy Outlook

## Shares of primary energy



14

© BP p.l.c. 2017

# Схема перехода от конкуренции энерготехнологий к их взамогласованному сосуществованию

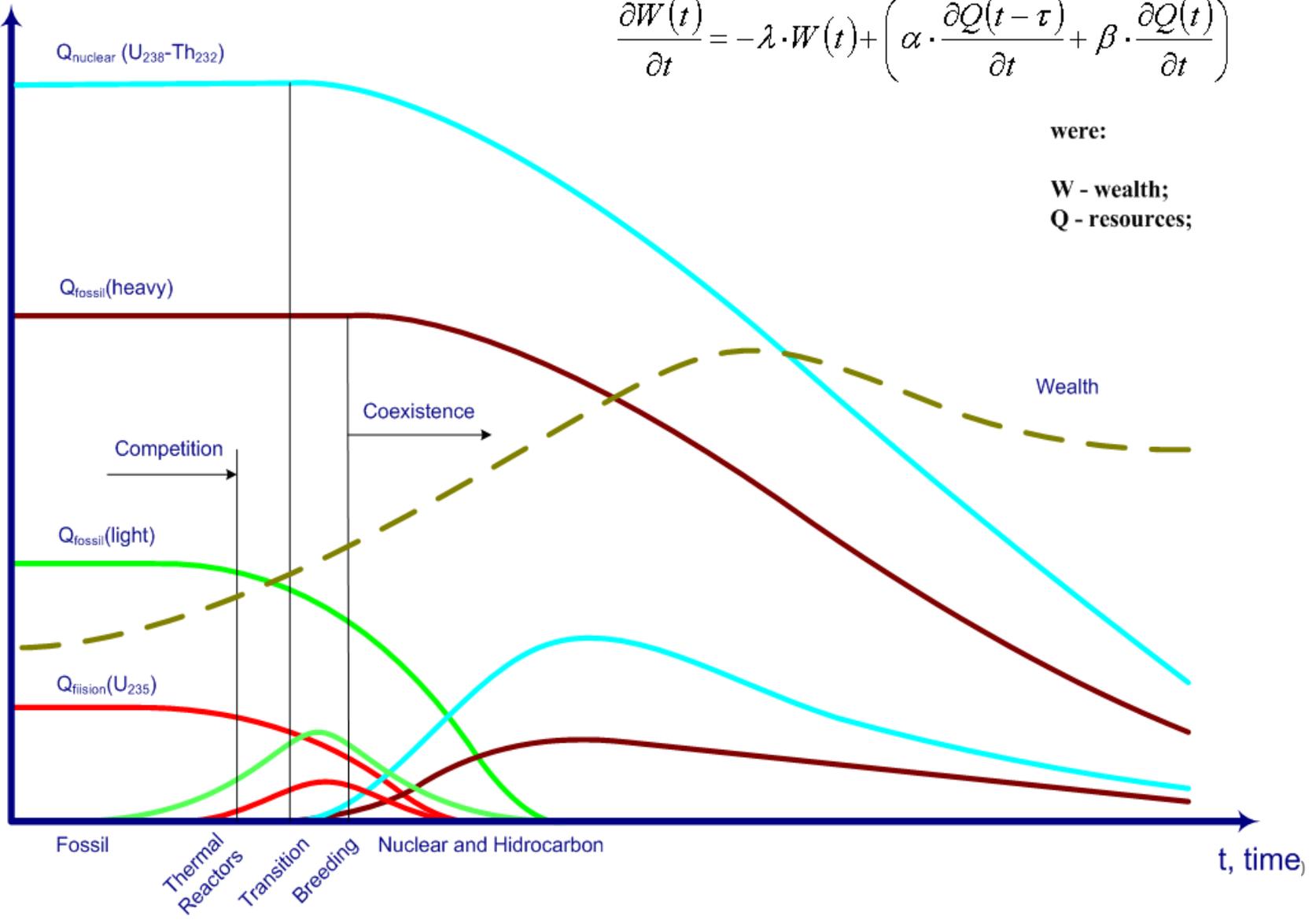
Resources,  
Rate of consumption

$$\frac{\partial W(t)}{\partial t} = -\lambda \cdot W(t) + \left( \alpha \cdot \frac{\partial Q(t-\tau)}{\partial t} + \beta \cdot \frac{\partial Q(t)}{\partial t} \right)$$

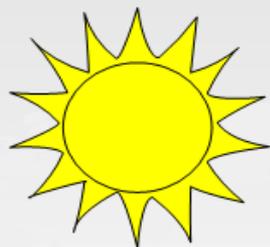
were:

W - wealth;

Q - resources;



# Потенциальные возможности ЯЭ, как основы устойчивого развития



**$10^5$  млрд т.н.э./год**

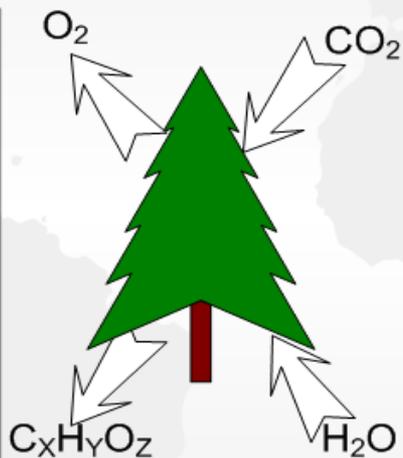
**Возобновляемые**

2 млрд т.н.э./год



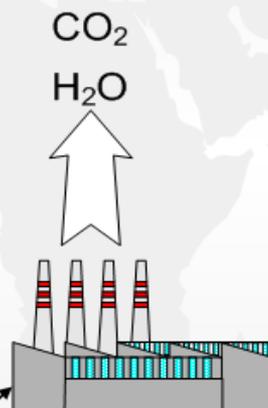
**Фотосинтез**

100 млрд т.н.э./год



**Органическая энергетика**

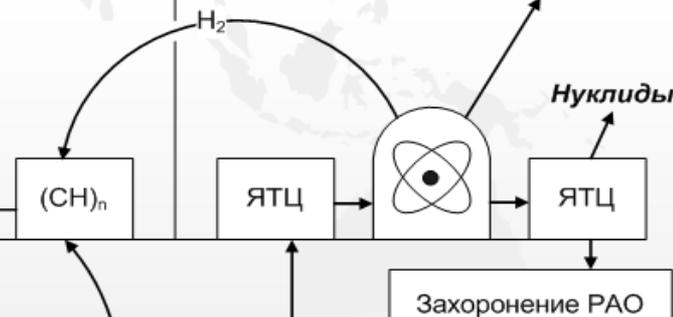
10 млрд т.н.э./год



**Ядерная энергетика**

10 млрд т.н.э./год

10 млрд т.н.э./год  
Эл. энергия



0.01%

Легкие углеводороды: 500 млрд т.н.э.

Тяжелые углеводороды > 5000 млрд т.н.э.

$U_{235}$  – 60 млрд т.н.э.  
 $U_{238} + Th_{232} > 20000$  млрд т.н.э.

Извлекаем: > 10 – 14 распадов на атом  
Захороняем: < 0.2 распада на извлеченный атом

Потенциальные возможности различных типов реакторов и сочетающих их систем решать различные задачи устойчивого развития системы ЯЭ

	ТР	БР	ЖСР	ТР+БР	ТР+БР+ЖСР
Различные сферы использования (регионы, технологии)	+	-	-	+	+
Эффективность использования ресурса (урана <sup>235</sup> , урана <sup>238</sup> , тория)	-	+/-	+	+/-	+
Утилизация минорных актинидов (Pa, Np, Am, Cm, ...)	-	-	+	-	+
Утилизация плутония и минорных актинидов на завершающей стадии развития ЯЭС	-	-	+	-	+

# Различные проекции двухкомпонентности инновационной системы ЯЭ

- Реакторы на тепловых и быстрых нейтронах
- ИНПРО и Gen IV
- ЯТЦ как системообразующий фактор и ЯЭУ
- Источники нейтронов (уран 235, плутоний и уран 233 на складе, ТИН, ускорительные системы)
- Деление тяжелых и синтез легких ядер
- **Материальная инфраструктура ИЯЭС и ее идеальный образ и интеллектуальное наполнение и сопровождение на основе различных типов моделей**  
*(сценарное моделирование для детализации постановки задачи и принятия решений, проектные, эксплуатационные, анализ последствий реализации принятых решений)*

## ИНПРО TECDOC 1434: Экономические аспекты

**Economic Basic Principle BP1: *Energy and related products and services from innovative nuclear energy systems shall be affordable and available.***

**Базовый принцип: Энергия и связанные с ней изделия и услуги от ИЯЭС должны быть доступны в плане наличия (технически реализуемы) и приемлемы по цене (экономически доступны и реализуемы с помощью экономических механизмов)**

- *Требования пользователя:*
  - *Все затраты по жизненному циклу, входящие в данную систему, должны быть учтены, и стоимость произведенной ядерной энергии должна быть конкурентоспособной относительно стоимости энергии альтернативных источников;*
  - *Общий объем инвестиций, требующийся для проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию инновационной ядерной энергетической системы включая процентную ставку за период строительства, должен быть таким, чтобы необходимые фонды инвестирования могли быть созданы;*
  - *Риск инвестиций в ИЯЭС должен быть приемлемым для инвесторов с учетом риска инвестирования в другие энергетические проекты;*
  - *Инновационные энергетические системы должны предоставлять возможность эффективного производства энергии на разных рыночных пространствах.*

## Особенности системного подхода

- Экономическая эффективность при системном подходе рассматривается как характеристика, присущая только всей системе ЯЭ
- Рынок в ЯТЦ - это рынок проблем и интересов, выгод и рисков, не сводимых однозначно к денежному выражению, как по причине индивидуального отношения к рискам разных инвесторов и заинтересованных лиц и структур, так и вследствие того, что жизненный цикл ядерного топлива растягивается на времена большие жизненного цикла актуальных интересов одного поколения, а риски и выгоды принципиально разнесены как по времени, так и по пространству и по группам интересов.

# Что такое экономика для ЯЭ

Лайонэл Роббинс:

- «Все мы говорим, определяя экономику, об одном и том же, но до сих пор не решили, о чем именно».
- «Экономика – наука, изучающая человеческое поведение как отношение между целями и ограниченными средствами, имеющими альтернативное применение»

**Экономика – это наука, изучающая то, каким образом общество с ограниченными ресурсами решает: что, где, когда и для кого производить.**

**Необходимо заботиться о том, чтобы в экономических моделях учитывались специфические выгоды и риски, связанные с развитием ЯЭ, поскольку масштабная ЯЭ становится системообразующей и для хозяйственного механизма и, соответственно, для экономики**

## Некоторые важные особенности ЯЭ в свете грядущей (ядерной) экономики:

- В стоимость исчерпаемого ресурса (урана 235) необходимо включать затраты на разработку компенсирующего ресурса;
- Конкуренция сильно упрощает проблему, основная трудность связана с гармонизацией всевозможных технологий во времени и в соответствующих структурах;
- Необходимо учитывать естественное падение эффективности органических энерготехнологий как за счет перехода ко все менее качественным и более труднодоступным ресурсам, так и за счет необходимости компенсировать экологические последствия;
- Необходимость разработки и учета новых ограничений, требований, запретов и табу
- Появление новых ценностей или смещение акцентов с материальных ценностей (что неизбежно) к духовным (этика ответственности);
- В экономике ЯЭ должна появиться цена нейтрона и, соответственно, цена источников нейтронов.
- Уран 235, в качестве энергоресурса, не решает проблемы ограниченности ресурсов, его необходимо рассматривать как источник нейтронов, и система ЯЭ должна обладать способностью его воспроизводить в форме плутония или /и урана 233.

# Необходимые институции

- Уран – 235, как источник нейтронов, а не только энергоресурс
- Различные типы собственности и их особенности и отличия: Уран 235 и плутония и уран 233, уран 238 и торий 232, америций, нептуний, кюрий, ПД
- Уран 235 как кредит на создание ЯЭ (посевной материал)
- Стоимость плутония на складе, транзакционные издержки, связанные с плутонием, ограничение использования плутония в ТР
- Требования к запасам урана 235 и плутония на складах
- Наличие долговременной стратегии, как необходимое условие принятия эффективных решений в плане устойчивого развития
- КВ системы больше 1 (плодородие)
- Двухкомпонентность системы ЯЭ – материальная и интеллектуальная составляющие
- «Заповеди» (базовые принципы) для системы – основа установления отношений
- Баланс нейтронов в системе
- Нуклидная экономика
- Преодоление правового и образовательного парадоксов

# Отличие потенциалов нейтронного баланса при использовании делящихся нуклидов (в ЯЭУ) и сырьевых нуклидов (в ИЯЭС)

- Потенциал нейтронного баланса в реакторе при делении делящихся нуклидов (уран-235 и 233, плутоний 239, 241) определяется величиной  **$(\nu-1-\alpha)$**  - **дифференциальная характеристика**. В реактор загружается ядерное топливо с  $K_{\text{беск}}$  больше 1. Избыток нейтронов в реакторе позволяет расходовать их для облегчения решения проблем удобства эксплуатации, безопасности и экономической эффективности.
- Потенциал нейтронного баланса в системе АЭ при использовании всего урана-238 или тория-232 определяется величиной  **$(\nu-1-\alpha-1)$**  - **интегральная характеристика по времени**, принципиально большем того временного интервала, на котором прогнозируются с приемлемой точностью экономические и политические риски. В систему ЯЭ загружается топливо с  $K_{\text{беск}}$  много меньше 1. При решении проблемы воспроизводства ядерного горючего задача реализации нужного нейтронного баланса в системе сильно усложняется - становятся не эффективными все те меры (поглощение в специальных поглотителях, блокирование взаимодействия нейтронов с ураном-238 и торием-232), которые были приемлемы для получения энергии из беспорогово делящихся нуклидов. Значительно повышается роль «внешних» источников нейтронов (электроядерные, термоядерные)

# Экономическая специфика АЭ

*«Мы сами посредством так или иначе организованной денежной системы решаем, каким образом непредсказуемые экономические прибыли или потери будут распределены в обществе.»*

*Феликс Мартин «MONEY Неофициальная биография денег»*

- В ЯЭ затруднен расчет эффективности, поскольку на момент получения прибыли сделаны не все затраты, связанные с внешним топливным циклом (хранение ОЯТ, транспортировка, переработка ОЯТ, захоронение отходов, вывод из эксплуатации).
- Времена задержки производства необходимых затрат не приемлемы для современного либерального экономического механизма – слишком велик риск финансовых потерь за это время, непривычно велики как кредитные, так и юридические риски.

# Приоритет выигрышей в ближней перспективе

В области использования ядерных технологий жизненный цикл функционирования объектов, технологий таков, что необходимо оценивать как выигрыши, так и риски на весьма длительных временных интервалах, заметно превышающих времена ответственного принятия решений.

На основе имеющихся моделей и баз данных, которые позволяют оценивать как выгоды, так и риски сейчас принимаются решения, которые в принципиально большей степени ориентированы на возможные выигрыши.

Этот приоритет обусловлен и тем, что:

- выигрыши приносят пользу в первую очередь тем, кто принимает решения (пусть в дальнейшем и оказавшимся ошибочными), а последствия пренебрежения рисками ложатся на плечи принципиально большего круга лиц, государства, общества в целом или всего человечества;
- риски более отдалены во времени по сравнению с временами ожидаемых выигрышей, а это ведет к большей неопределенности как в моделях, так и в переменных, которые используются для оценки рисков, по сравнению моделями и переменными для оценки выгод;
- специалисты обладают своеобразным ясным видением того, в чем они специалисты, но они не обладают достаточной полнотой знаний в области всевозможных рисков, поскольку оценки рисков требуют более широкого набора теорий, гипотез, принципов, баз данных, чем это доступно отдельному специалисту или даже фирме и корпорации.

Приоритет рисков в отдаленной перспективе

- Но, если нам сейчас необходимо принять решения о том отдаленном будущем, в котором наших реальных интересов в плане получения материальных ценностей в силу очевидных причин быть не может, то ситуация и акценты могут серьезно поменяться, поскольку последствия принимаемых решений могут быть катастрофическими, а выигрыши не значительными и обобщественными, и предпочтения по всей видимости сместятся с выгод на риски.

# Приоритет рисков в отдаленной перспективе

- Сейчас это общественное явление присутствует в виде довольно неопределенных требований устойчивого развития, соображений и мнений по безопасности и экологической приемлемости, нераспространению ядерных материалов и специальных чувствительных знаний и технологий, которые в области ЯЭ принципиально сдерживают ее развитие, поскольку они буквально воспринимаются как божественные заповеди, записанные на скрижалях, а не как неудачный опыт устаревших и давно уже на самом деле неэффективных технологий.
- В силу эффективности ядерных технологий это пока допустимо, но при этом эффективность ядерных технологий индексируется, оценивается и понимается в рамках моделей, понятий, индикаторов, разработанных без всякого учета тех принципиально новых возможностей, что приносят с собой ядерные технологии.

## Задачи оценки рисков в отдаленной перспективе

- Необходимо разрабатывать модели оценки выигрышей и рисков для подготовки обоснованных решений в будущем, поскольку без них не появляется научного видения будущего, необходимого для подготовки принятия решений по отложенным на будущее проблемам как касательно ресурсной обеспеченности ЯЭ, так и по обращению с ОЯТ и РАО.
- Эти модели должны выдавать информацию, доступную для понимания и обсуждения широкими кругами специалистов и общественности для своего рода взвешивания выгод и рисков как бы демократическим путем (отстраненно, в силу того, что ни выгоды ни риски самих «экспертов» или «выборщиков» лично в материальном плане не коснутся).

# Опасности отсутствия внимания к моделированию последствий принимаемых решений

*«Тактика без стратегии – лишь суета перед поражением»  
Сунь-Цзы (великий китайский мыслитель)*

Поскольку используемые модели для стратегического планирования не достаточно проработаны, то все то, что предлагается сейчас специалистами, ориентированными на получении эффективных решений в области их профессионального видения и понимая, весьма опасно в плане стратегии развития ЯЭ даже в случае если они искренне верят в эффективность и приемлемость того, что они сейчас предлагают внедрять для решения будущих проблем.

# Проблемы безопасности с учетом трендов в грядущей ядерной экономике

- Понижение единичной мощности (в 10 раз меньшая единичная мощность в сто раз меньшая опасность, расширение рынков использования и конкурентоспособности)
- Увеличение запасов (Удаление ) условий эксплуатации от эксплуатационных пределов
- Снижение глубины выгорания топлива (для улучшения нейтронного баланса, рецикла конструкционных материалов)

## Перспективы технического, экономического и социального развития ядерной энергетики и АС

- *«В этом мире существует лишь две трагедии: первая – когда не добиваешься того, чего хочешь, вторая – когда добиваешься»*  
*Оскар Уайльд*
- ЯЭ – единственно доступный нам дешевый и практически не исчерпаемый источник энергии, использование которого возможно без масштабного вторжения в природные процессы, понимание которых к нам придет значительно позже того времени, которое предоставлено нам на принятие решений и реализацию мер уже сейчас.
- ЯЭ это единственная технология, которая может помочь расплатиться нам за кредиты в виде качественных и дешевых исчерпаемых ресурсов, которые мы буквально за столетие сожгли имея возможность не спрашивать разрешения на это у будущих поколений, которые на них имеют не меньшие права, чем мы, ныне живущие.

Базовые физические принципы устойчивого развития ЯЭ, удовлетворение которым требует замыкания ЯТЦ  
(программный комплекс *ISTAR* – расчет нуклидных количеств и нейтронного потенциала системы ЯЭ)

- Риск пропорционален мощности ЯЭ, а не интегральной энерговыработке (замыкание ЯТЦ по всем опасным радионуклидам);
- **Нейтронная эффективность ЯЭ должна возрастать (бридинг и внешние источники нейтронов);**
- Минимизация времени жизни (количества) опасных радионуклидов в системе (разные типы реакторов в системе ЯЭ);
- Эффективное использование радионуклидов, включая использование всего добываемого топлива (замыкание ЯТЦ по актинидам);

## Этические аспекты развития ЯЭ

- «Кто двигается вперед в знании, но отстает в нравственности, тот более идет назад, чем вперед»  
Аристотель
- Этика – философское учение, призванное **помочь стать человеку настолько моральным, чтобы человек становился ответственным и сам находил правильные решения с учетом своих долговременных целей.**
- «Важно понять, что природа энергии современной физике неизвестна» Р.Фейнман, 1964 г.
- Императив ответственности гласит: **поступай так, чтобы обеспечить благоприятное будущее тому интегральному целому, к которому ты принадлежишь**

# Проблема цифровизации сложных систем

- Мы всего лишь в начале эпохи использования ядерной энергии. Если исходить из того, что мы можем эффективно потребить и уран 238 и торий 232, то эта эпоха может продлиться не менее нескольких тысяч лет.
- Можно предположить, сколько еще предстоит пройти в плане создания теории развития ЯЭ. Экономика используется для управления социумом уже тысячи лет и экономическая наука развивается уже несколько сот лет, не смотря на это, постоянно все с большей частотой происходят экономические кризисы.
- Нам не стоит уповать на эволюционные процессы, на метод проб и ошибок, и надеяться на то, что главное хорошая практика на основе детальной проработки текущих тактических шагов. Известна максима великого китайского военного мыслителя Сунь-Цзы о том, что тактика без стратегии – лишь суета перед поражением.
- Использование компьютеров позволило использовать принципиально более сложные финансовые процессы в экономике, это дало импульс экономическому развитию, но и выявило различные противоречия и проблемы, за счет организации структур большей сложности, которые уже не постигаются умом человеческим и требуют принятия мер по обеспечению безопасности экономических и финансовых процессов на новом уровне развития мировой хозяйственной системы.

## Пример системных сложностей при цифровизации технологий

На вопрос королевы Великобритании Елизаветы II, в 2008 году заданный аристократам экономической мысли, получающим огромные зарплаты и вооруженным изощренными теориями и компьютерными моделями, о том почему никто из них не смог предсказать системный финансовый кризис 2008 года, через год они ответили, назвав главную причину происшедшей финансовой катастрофы (Чернобыльская авария не была признана глобальной катастрофой): никто из крупных игроков не сумел взглянуть на ситуацию достаточно широко. *«Money» Феликс Мартин*

Ответ Британской академии:

- «Подводя итоги можно сказать, что при всем множестве причин, объясняющих неспособность предсказать наступление кризиса, главная из них сводится к тому, что **самые блестящие умы как в нашей стране, так и за рубежом не смогли правильно оценить риски, грозившие системе в целом**».
- **«Каждый из участников процесса занимался своим делом, не выходя за рамки допустимого, но никто не дал себе труда посмотреть на всю картину целиком; индивидуальные риски не производили впечатление чрезмерных, но угроза всей системе как таковой оказалась огромной.»**

**Благодарю Вас  
за внимание!**

