

НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



Проблемы получения и обработки информации в области мирного использования ядерной энергии для организации процессов разработки директив для краткосрочных и долгосрочных действий

Субботин Станислав Анатольевич

ВНЕВЕДОМСТВЕННАЯ СЕССИЯ

по вопросам повышения эффективности информационно-аналитической работы в России в области использования ядерной энергии в современных условиях

Под эгидой отечественного Ядерного общества при поддержке НИЯУ

МИФИ и Экспертного совета ЦАИ

Москва, НИЯУ МИФИ

3 марта 2023 года

Задача

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

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

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

Сложности проблематизации

- Стив Джобс: Большинство не видит проблему во всем ее многообразии, поэтому их решения весьма прямолинейны.
- „Самое главное в образовании — это человек. Человек, который разжигает в вас любопытство, который кормит ваше любопытство; компьютеры не могут дать вам этого.“
- “Компьютер... — это эквивалент велосипеда для наших мозгов”
 - С. С. Уилсон. По эффективности перемещения, т. е. по энергозатратам на перемещение на определенную дистанцию в расчете на массу тела, человек на велосипеде намного опережает всех других животных и механизмы. Энергозатраты велосипедиста (примерно 0.15 кал на грамм на километр) примерно в пять раз ниже, чем у человека, идущего пешком (примерно 0.75 кал на грамм на километр).

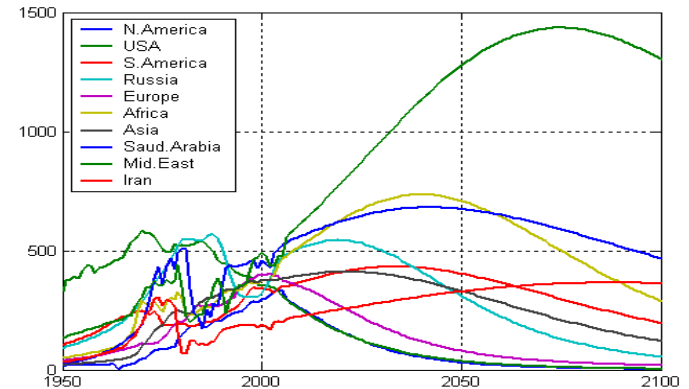
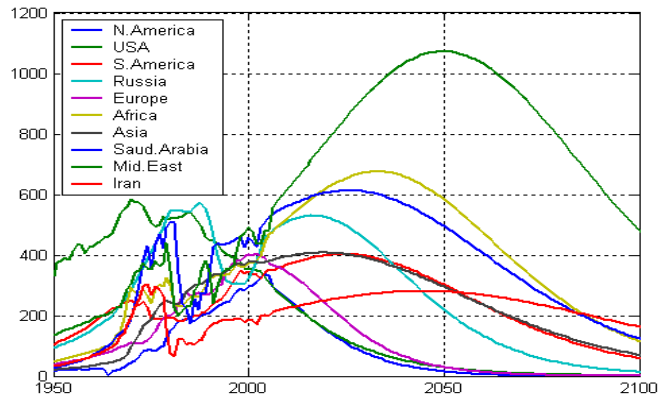
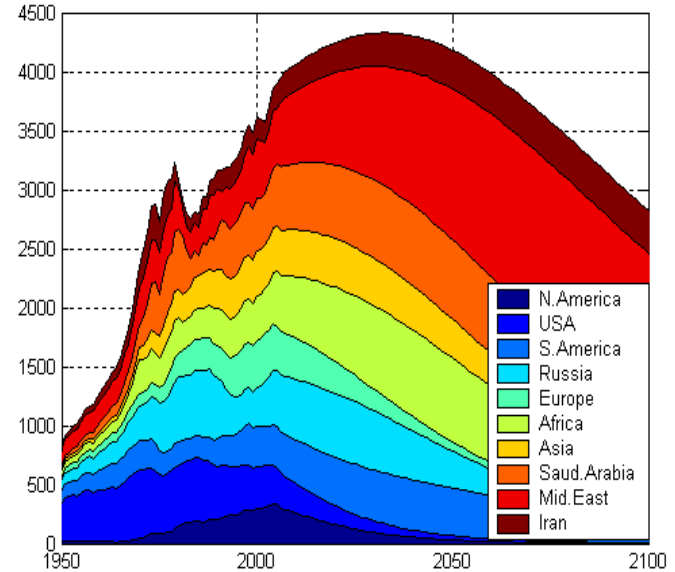
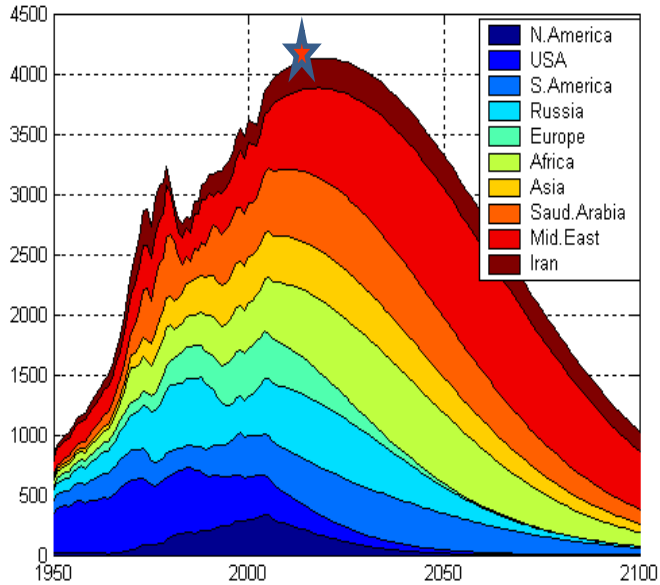
В чем проблема?

- Все меняется, возникли условия (наступили времена), при которых стало вдруг видно то, что многое ранее очевидное становится непонятным, сложным, исчезает целостность представлений...
- И все это не смотря на то, что наука постоянно развивается (обслуживает хозяйственную деятельность, работает за деньги?), количество информации и ее доступность принципиально увеличиваются...
- Увеличение инвестиций, усложнение технологий, увеличение масштабов хозяйственной деятельности, не смотря на опережающее развитие управляющих систем и искусственного интеллекта, приводит к социальным, политическим, экономическим, энергетическим кризисам..., деградации возможностей понимания и предсказания последствий всего этого на природные процессы...

Добыча нефти (2005: уже добыто 152 млрд.. т ;доказанные резервы 179 млрд.. т)

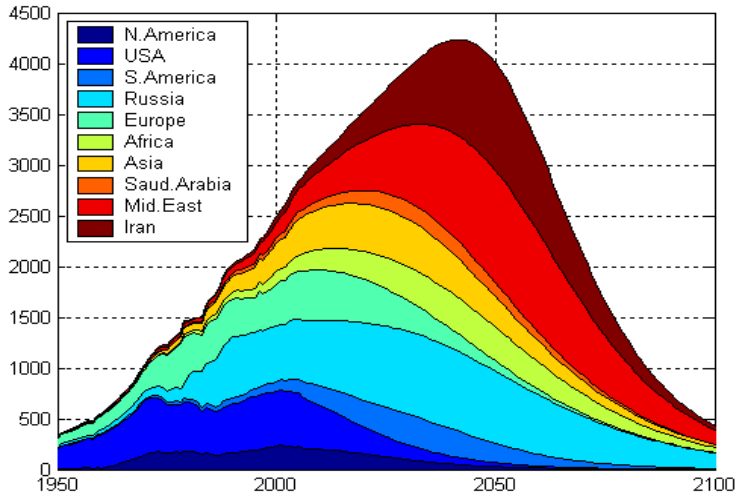
450 bill. t

800 bill. t

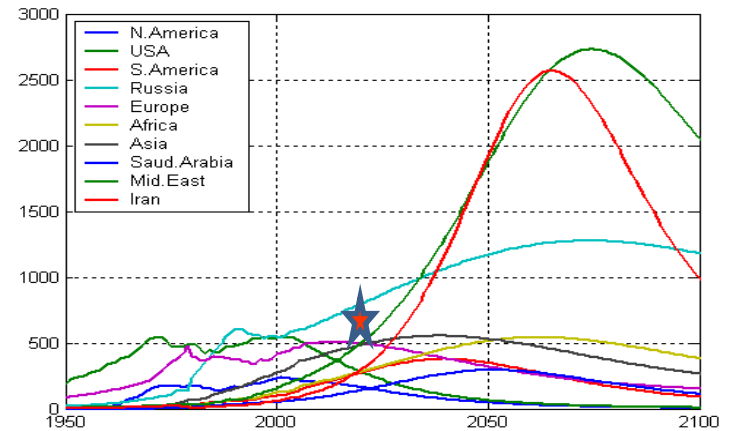
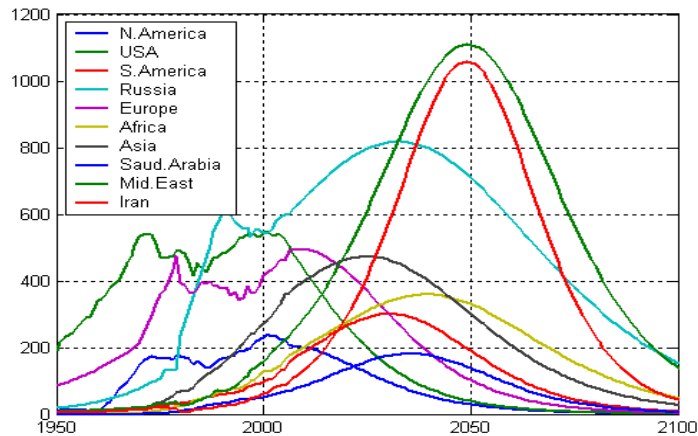
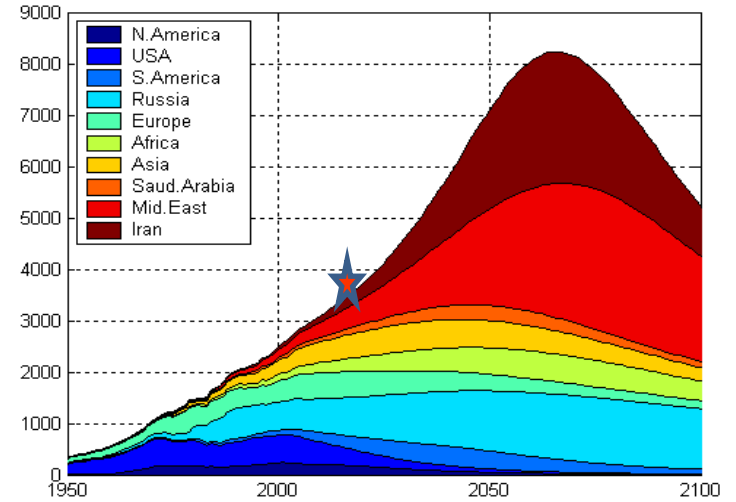


Добыча газа (2005: уже добыто 86 трлн. куб. м ; доказанные резервы 180 трлн.. куб. м)

300 trill. cub. m

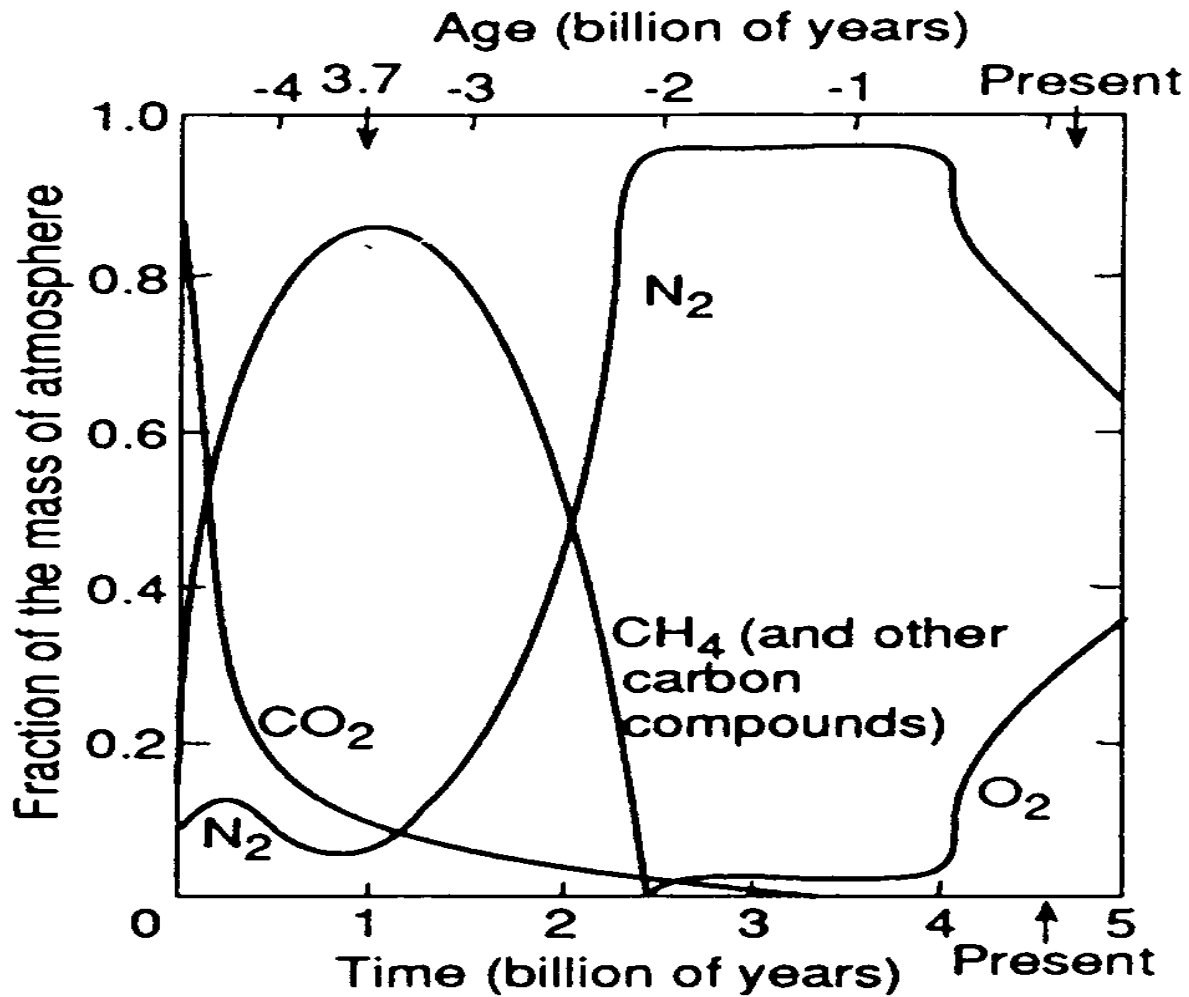


800 trill. cub. m



Предыстория создания современной энергетики

(Изменение содержания газов в атмосфере земли в течение последних 4.5 млрд. лет)

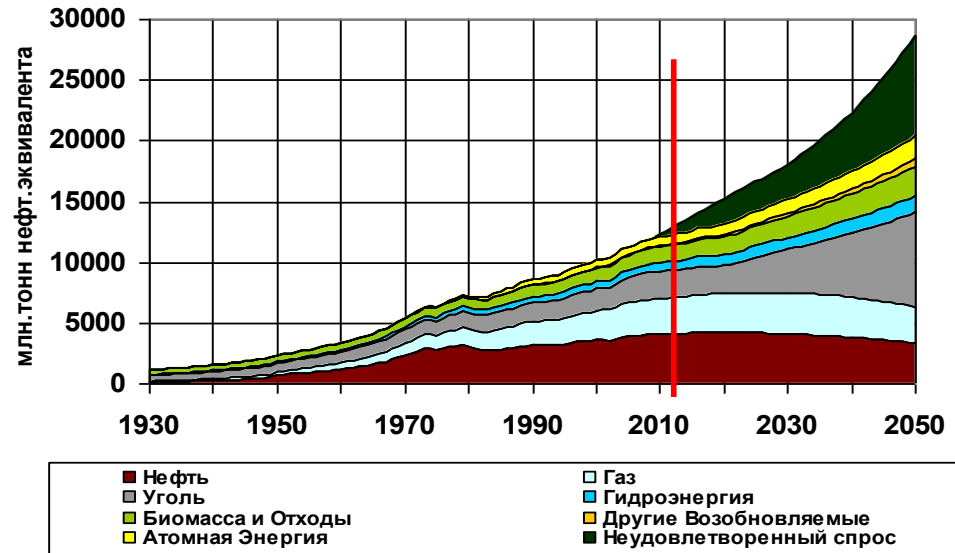


Прогноз ситуации

«Мир приближается к состоянию, когда дефицит ресурсов (в первую очередь энергетических) будет оказывать доминантное воздействие на все сферы жизни людей. Сколь далеко это время, можно гадать, но, наверное, только реальная практика заставит людей искать варианты решения своих проблем коллективно, понимая, что отдельно им справиться с проблемой будет невозможно.»

ЭНЕРГЕТИКА В ЭКОНОМИКЕ 21 ВЕКА. Велихов Е.П., Гагаринский А.Ю., Субботин С.А., Цибульский В.Ф. ИздАт., 2010 год

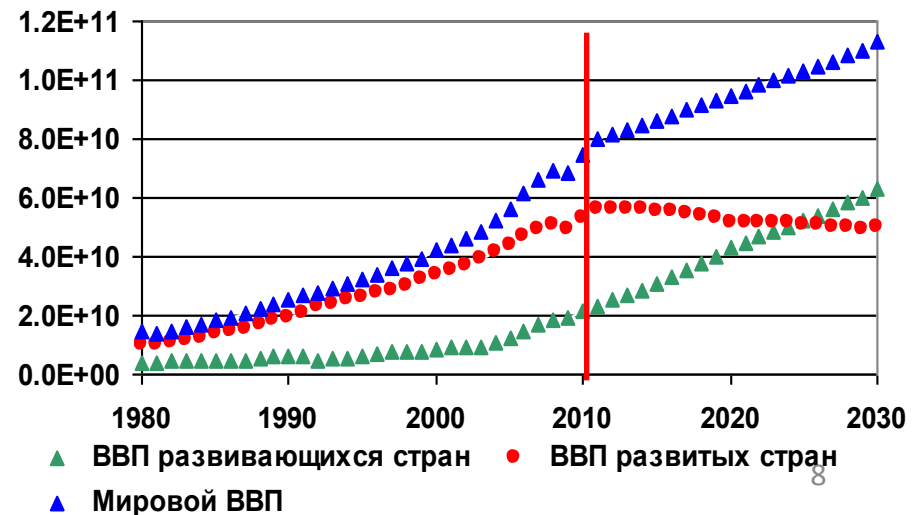
Баланс первичных энергоисточников в мире



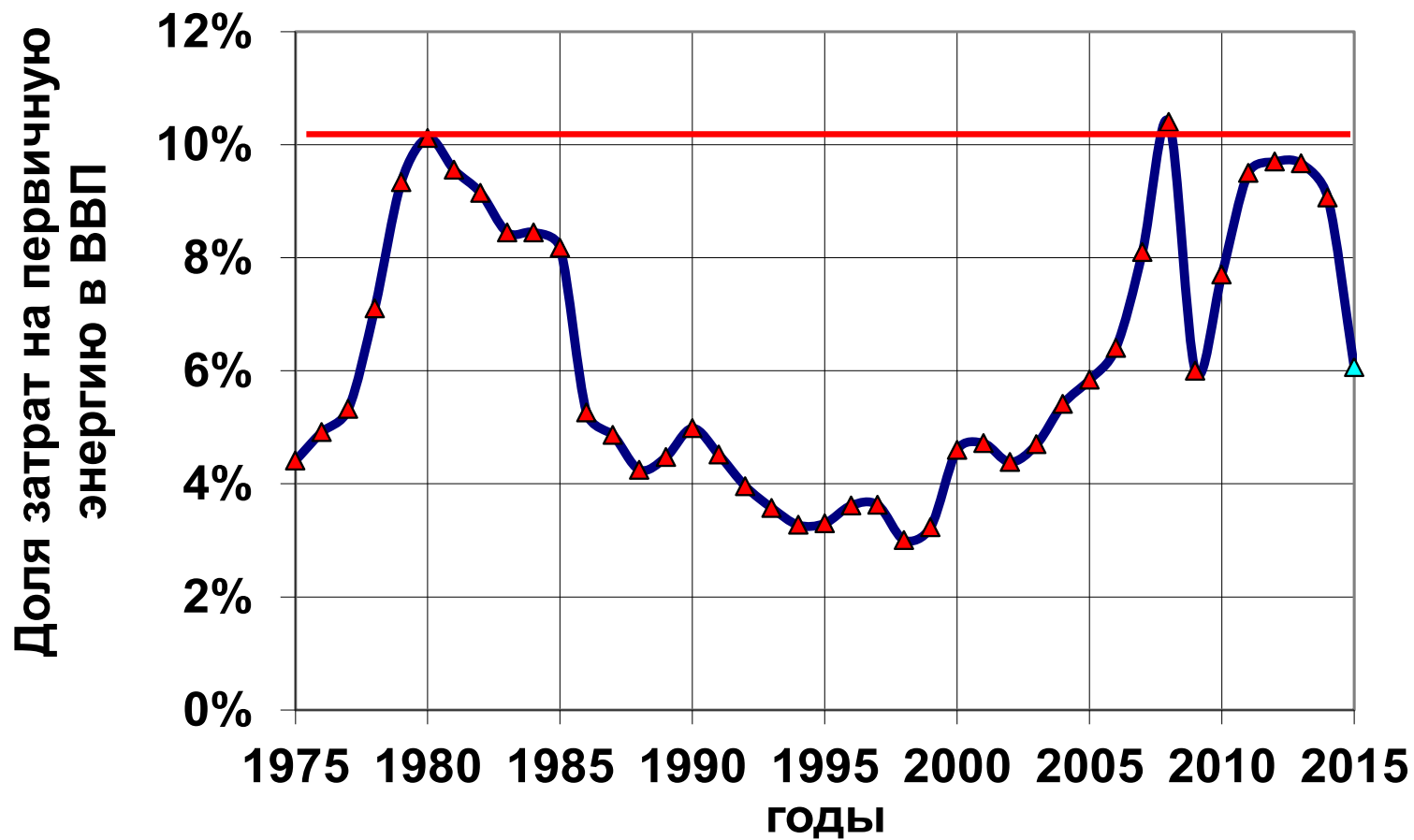
Доля первичных энергоисточников в ВВП



ВВП развитых и развивающихся стран



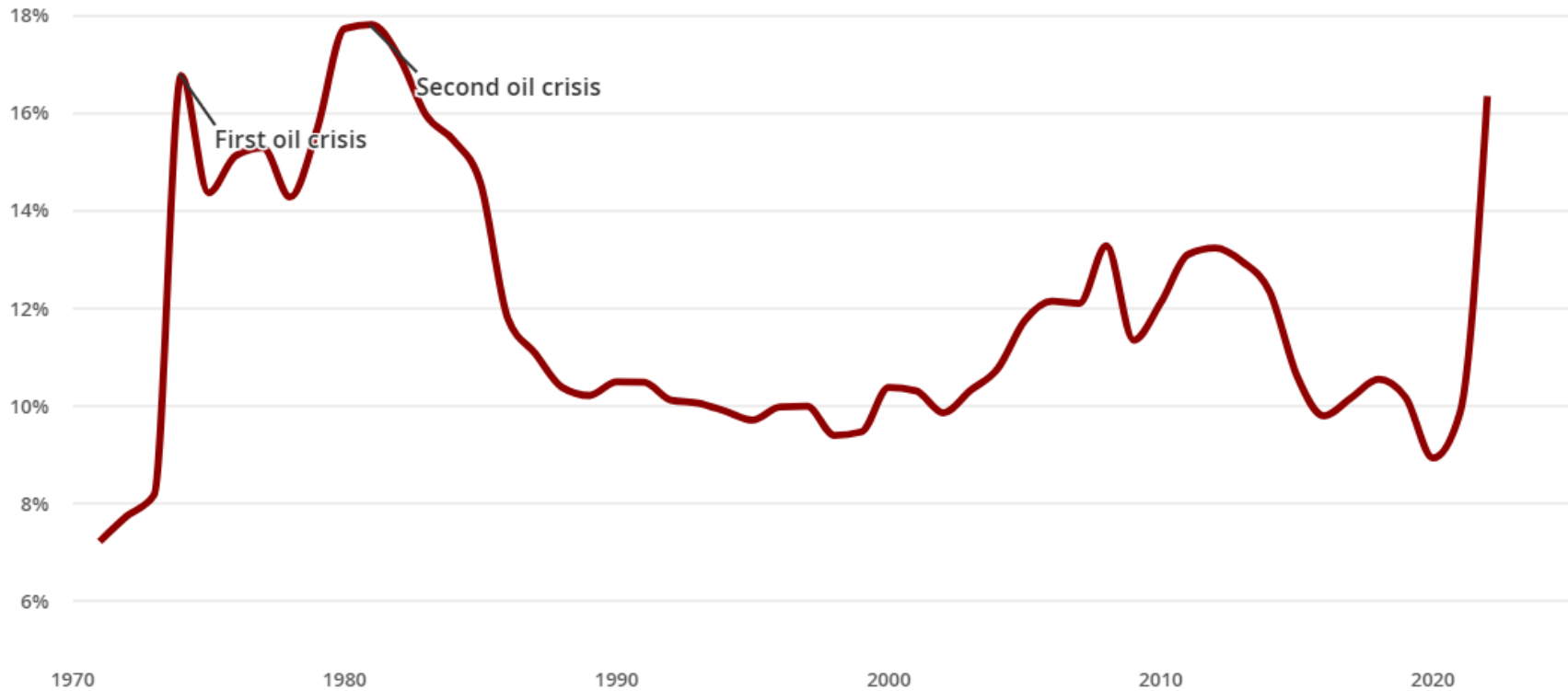
Область неустойчивой экономики



Estimated share of GDP spent on energy end-use

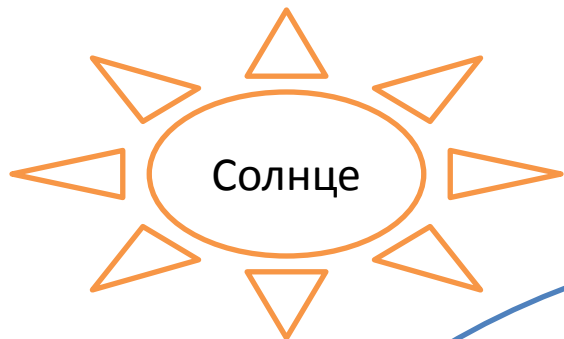
% of GDP

1/3 < >



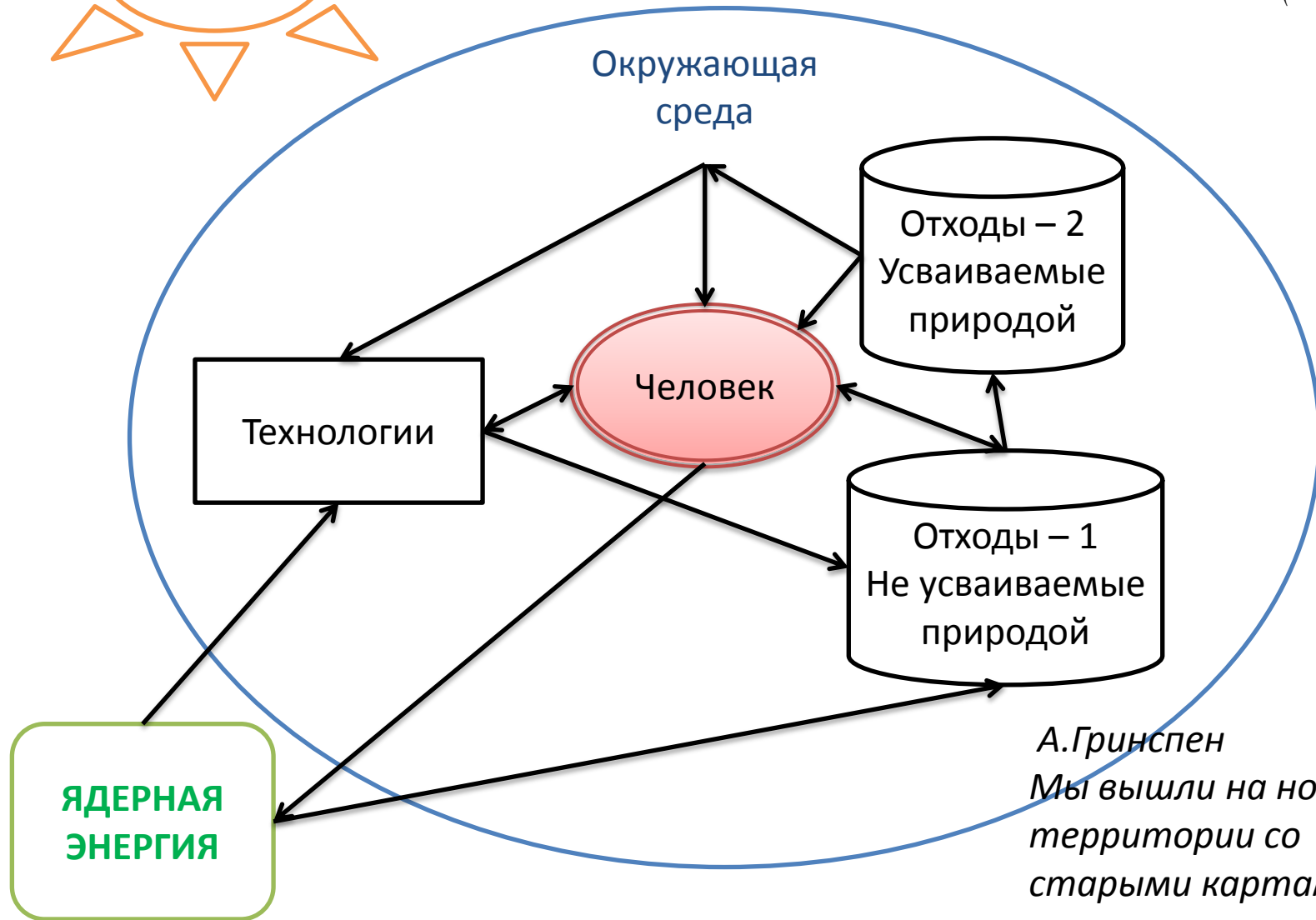
Source: [OECD Economic Outlook, November 2022](#)



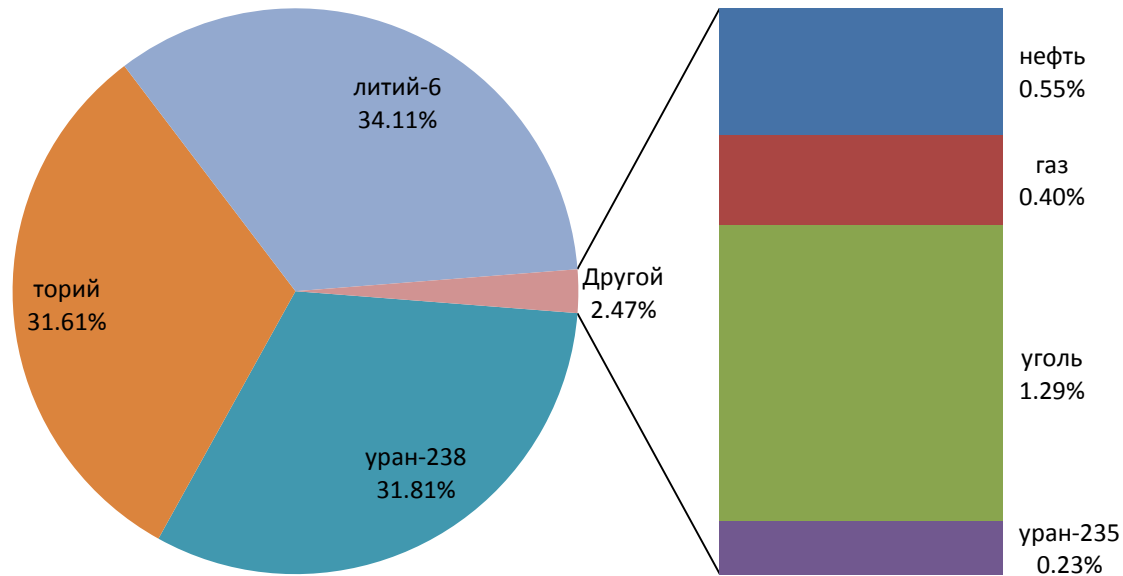


Э.Кант:

- что я могу знать? (метафизика);
- что я должен делать? (мораль);
- на что я смею надеяться? (религия);
- что такое человек? (антропология)



Мировое распределение энергетических ресурсов, %

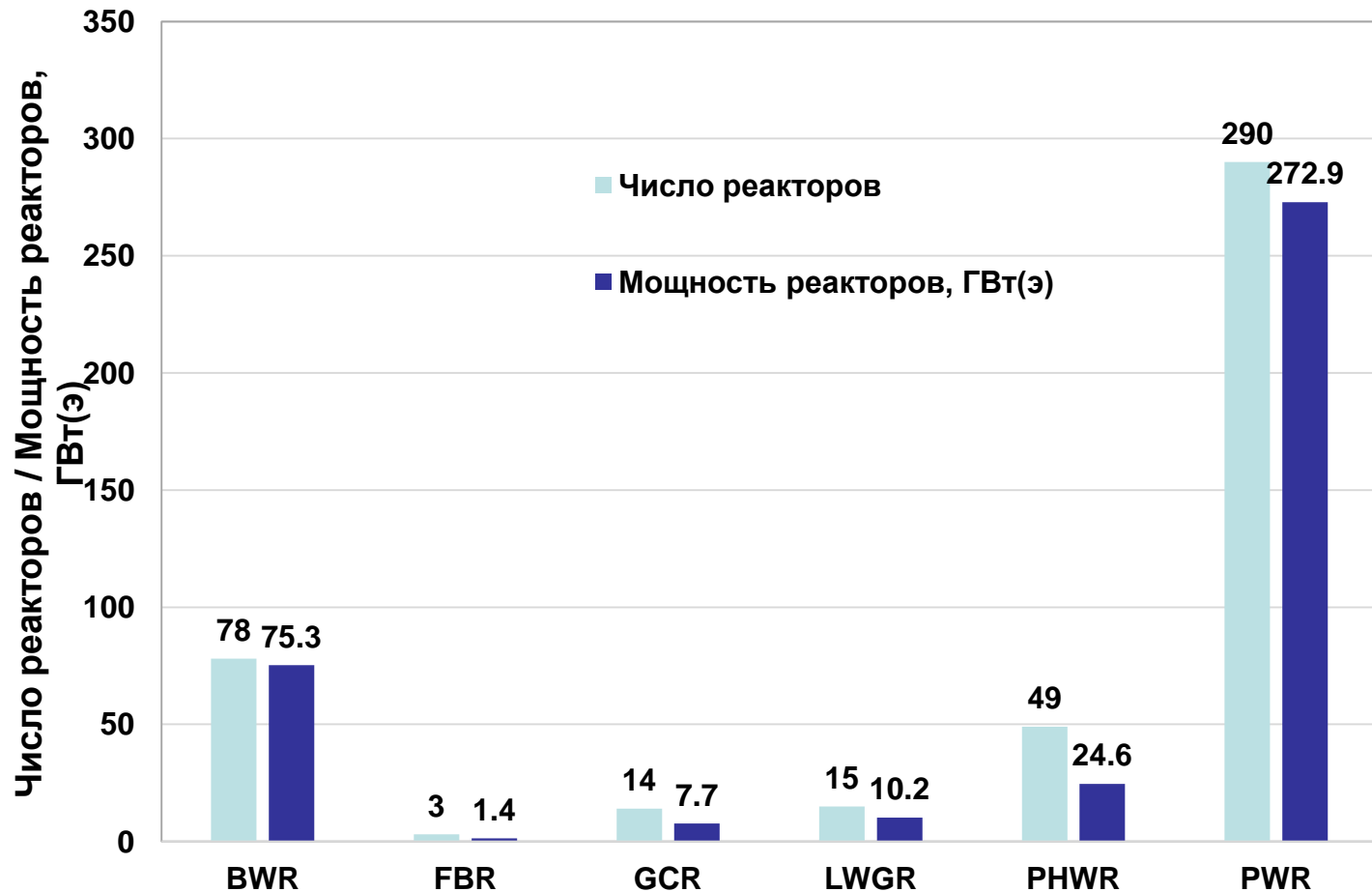


Исходные предположения:

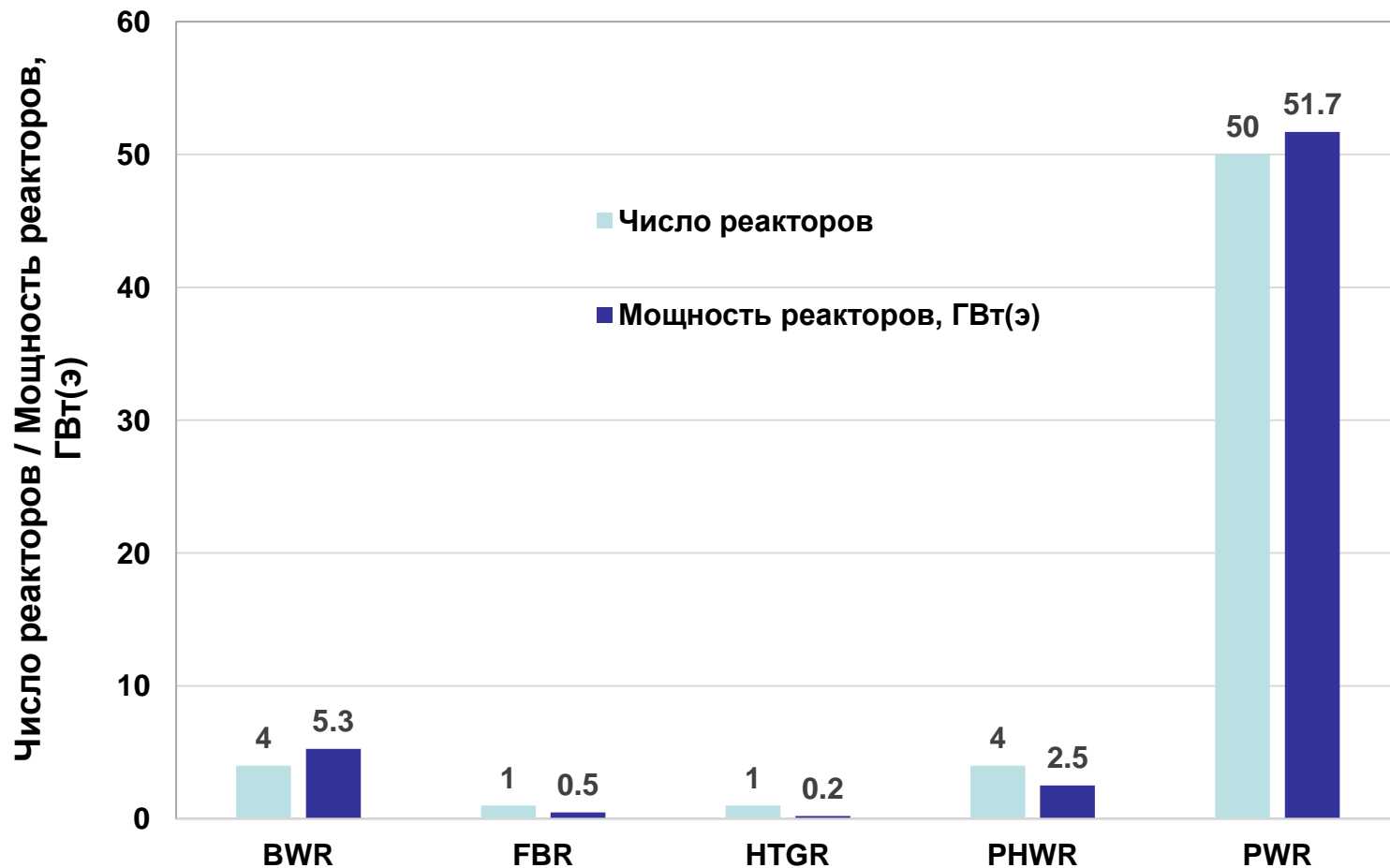
согласно оценкам «Красной книги» [2] предполагается, что мировые ресурсы тория составляют 7 млн. т; тритий производится только из лития-6, мировые ресурсы лития приняты по данным U.S. Geological Survey [4].

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 |



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.)

Занимаясь экономической деятельностью, мы не знаем ни потребностей других людей, ни источников получаемых нами благ.

Практически все мы помогаем людям не только с которыми не знакомы, но о существовании которых и не подозреваем. И сами мы постоянно пользуемся услугами людей, о которых нам ничего не известно.

Все это становится возможным благодаря тому, что, подчиняясь определенным правилам поведения, мы вписываемся в гигантскую систему институтов и традиций: экономических, правовых и нравственных.

Фридрих Август фон Хайек.



Рис.1.5. Междисциплинарный характер институциональной экономики.

Условия реализации

- Для реализации всего этого нужны не только культура достижения договоренностей, но и инструменты прогнозирования сценариев развития событий, как без ядерных технологий, так и с ним – как базы для взвешивания рисков и выгод при создании соответствующих институтов для обеспечения механизмов договоренностей между поколениями и народами...
- При наличие инструментов исследования различных сценариев развития событий, включающих и природные отклики на наши управляющие воздействия, необходимо понять то, как мы готовы учитывать интересы будущих поколений? Что принудит нас к тому, что мы серьезно, а не только на словах, будем относиться к своему будущему, но не только к индивидуальному, а к общечеловеческому...

Условия реализации

То, как мы мыслим и в каком виде представляем будущую структуру ЯЭ и те технологии и институты, которые можно положить в основу ее создания как системы, являются необходимым и может быть единственным не просто ориентирами, а своего рода навигаторами ее продвижения в реальном турбулентном мире, подвергнутом различным не прогнозируемым эффектам. В частности через понимание проблем дальнейшего развития ЯЭ:

- наступает понимание важности проблем ресурсной обеспеченности всего хозяйственного механизма;
- намечаются пути серьезного долговременного подхода к обеспечению развития механизмов воспроизводства ресурсной базы энерготехнологий и
- реализации фундаментальных принципов создания хозяйственных механизмов, технологий, институтов, обеспечивающих вырастание природоподобных эффективных циклов постоянно увеличивающихся по количеству и разнообразию нуклидов, вовлекаемых в хозяйственную деятельность...

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*) **может помочь решить очень сложную задачу, связанную с развитием ЯЭ как системы.**
- Мы 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

- Многие согласны, что нужно создавать систему ЯЭ, у некоторых есть видение того, что должно быть в будущем.
- **Основная 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)

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

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.

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.»**

Процесс развития ЯЭ

- Начало развития ЯЭ связано с использованием научных разработок, сделанных ранее для других энергетических технологий и достижений оборонных ядерных технологий.
- По сути развитие ЯЭ до сих пор и в среднесрочной перспективе является экспериментом. Экспериментом нужно управлять, необходимо постоянно совершенствовать методы получения результатов и их анализа и интерпретации.
- Результатом научных исследований должна стать методология и теория развития ЯЭ, позволяющие организовывать стратегические исследования и создавать инструмент принятия как тактических, так и стратегических решений на основе взвешивания выгод и рисков.

**Благодарю Вас
за внимание!**

