

**Научно-техническая конференция под эгидой Ядерного общества с
международным участием
(к 65-летию атомной энергетики и пуска первой в мире АЭС в год 30-летия
WANO и Ядерного общества)
*при поддержке Госкорпорации «Росатом» и в сотрудничестве с МАГАТЭ
«История, традиции, опыт, знания и кадры Атомной Энергетики
как ресурсы развития в 21 веке»***

Научная сессия «Наука для атомной энергетики»

Какая наука нужна ядерной энергетике ... ? ! :)))

Субботин С.А.

НИЦ «Курчатовский институт»

27 июня 2019 г. Обнинск

В.Брюсов

Однажды ошибаясь при выборе дороги,
Шли вдаль ученые, глядя на свой компас,
И был их труд велик, шаги их были строги,
Но уводил их прочь от цели каждый час

Проблема: актуальная задача, для решения которой не хватает ресурсов.

Парадокс: проблема понимания, требующая инновационного подхода в мышлении.

- Рассмотрение реальности в рамках недостаточно проработанной теории приводит к парадоксам. Выявление парадоксов и их преодоление позволяет развивать теорию ЯЭ и создавать целостное видение системы.
- Наличие парадоксов – это свидетельство сложности рассматриваемого процесса или системы, понимание которых выходит за рамки общепринятой логики и привычных моделей.

Наука в обществе знаний

- ...еще в XVIII в. «никто даже не пытался рассуждать о применении науки для разработки орудий производства, технологий и изделий, т.е. об использовании научных знаний в области техники и технологии.
- ...в 1830 году, когда немецкий химик Юстус фон Либих (1803—1873) изобрел сначала искусственные удобрения, а затем — способ сохранения животного белка»... начинается, согласно Дрюкеру, промышленная революция как процесс глобального преобразования общества и цивилизации на основе развития техники. При этом научные знания начинают выступать в новой, не свойственной им прежде роли — в роли фактора, активно воздействующего на жизнь человека и общества и динамизирующего ее.
- ...грубо говоря, от науки не требуется ни объяснения, ни понимания вещей — достаточно того, что она позволяет эффективно их изменять
 - *Юдин Б.Г. «Наука в обществе знаний»*

Место ЯЭ в общей картине хозяйственной деятельности



Энергетика:

С одной стороны – отрасль хозяйственной (экономической) деятельности.

С другой стороны - силовая часть системы управления механизмом получения и распределения природных благ;

«система трансформации всех потенциальных ресурсов в совокупный капитал социума» *В.В.Бушуев*

При современном научном подходе, сосредоточенном на получении выгод, когда за прогнозы и риски практически никто не отвечает, можно представить экономически эффективный и безопасный и экологически приемлемый способ получения энергии, но не возможно представить безопасного и экологически приемлемого способа использования энергии.



Три потока ресурсов(энергия, материалы, информация) обеспечения развития цивилизации

Энтропия это то количество энергии, которое не доступно при имеющемся уровне знаний.



ЯЭ это:

- новый источник энергии;
- перспективный поставщик нуклидов и технологий их рециклирования;
- генератор новых моделей и понятий, расширяющих возможности понимания;
- стимул актуализации интереса к этике, как необходимому условию дальнейшего устойчивого развития.

Занимаясь экономической деятельностью, мы не знаем ни потребностей других людей, ни источников получаемых нами благ. Практически все мы помогаем людям, с которыми не только не знакомы, но о существовании которых и не подозреваем. И сами мы живем, постоянно пользуясь 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 нравственных¹.

Фридрих Август фон Хайек

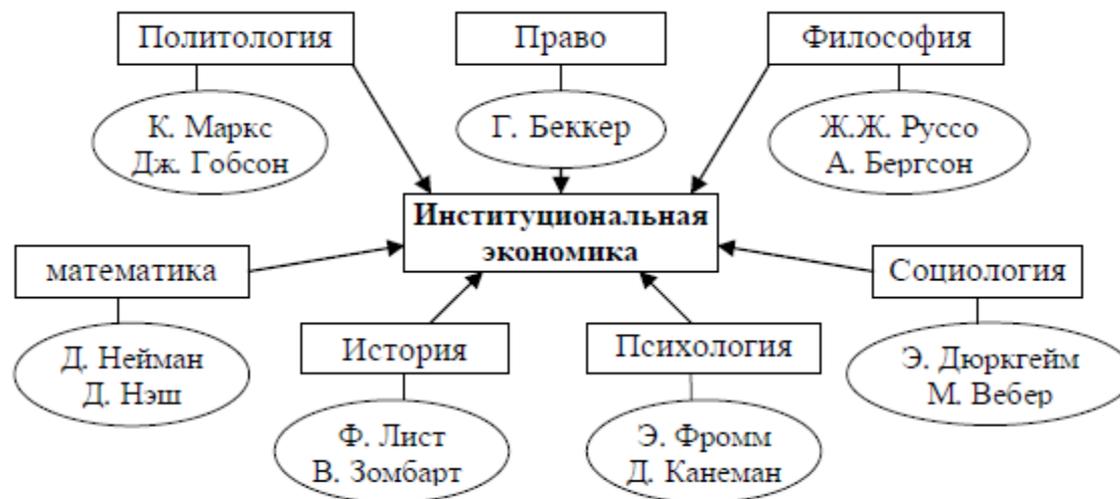


Рис.1.5. Междисциплинарный характер институциональной экономики.

Задачи науки

- Научная картина (модель) мира — система представлений о свойствах и закономерностях реальной действительности, построенная в результате обобщения и синтеза научных понятий и принципов.
- В процессе развития науки происходит постоянное обновление знаний, идей и концепций.
- Научная картина мира не догма и не абсолютная истина. Научные представления об окружающем мире позволяют с определённой степенью уверенности делать способствующие развитию человеческой цивилизации заключения и прогнозы о свойствах нашего мира.
- Несоответствие результатов проверки теории, гипотезе, концепции, выявление новых фактов — всё это заставляет пересматривать имеющиеся представления и создавать новые, более соответствующие реальности. В таком развитии — суть научного метода.

Научный метод

В структуру современного [научного метода](#), то есть способа построения новых знаний, входят:

- Наблюдение фактов и измерение, количественное или качественное описание наблюдений. В таких описаниях с необходимостью используются различные [абстракции](#).
- Анализ результатов наблюдения — их систематизация, вычленение значимого и второстепенного.
- Обобщение (синтез) и формулирование [гипотез](#), [теорий](#).
- Прогноз: формулирование следствий из предложенной гипотезы или принятой теории с помощью [дедукции](#), [индукции](#) или других [логических](#) методов.
- Проверка прогнозируемых следствий с помощью эксперимента (по терминологии [Карла Поппера](#) — критического эксперимента).

Направления в научных исследованиях

- Можно выделить три основных направления в научных исследованиях:
- Фундаментальные научные исследования — это глубокое и всестороннее исследование предмета с целью получения новых основополагающих знаний, а также с целью выяснения закономерностей изучаемых явлений, результаты которых не предполагаются для непосредственного промышленного использования. Термин фундаментальность (лат. fundare — «основывать») отражает направленность этих наук на исследование первопричинных, основных законов природы.
- Прикладные научные исследования — это такие исследования, которые используют достижения фундаментальной науки для решения практических задач. Результатом исследования является создание и совершенствование новых технологий.
- Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) — здесь соединяется наука с производством, тем самым обеспечивая как научные, так и технические и инженерные проработки данного проекта. Иногда полученные результаты могут привести к научно-технической революции.

А. Курпатов «Мышление» Капитал, 2019

- Нам необходимо научиться, с одной стороны, не принимать свое представление о реальности за саму реальность, а с другой – найти какой-то особый способ мыслить фактическую реальность, который учитывал бы тот факт, что одновременно с этим мышлением реальности мы сами в ней и находимся – принадлежим ей, являемся ее естественной и неотторжимой частью.
- Возможность адекватно реконструировать реальность – это и есть то, что мы ждем от методологии мышления.
- Сама по себе интеллектуальная функция всегда найдет, чем себя занять, причем до состояния полной аутизации и тотального, если такая возможность представится, отключения от фактической действительности. К решению задач ее нужно принуждать, потому что это работа, это сложно, а как показывают нейрофизиологические исследования, мозг предпринимает все возможные уловки – только бы найти задачу полегче [Т. Клингберг]. Весь объем создаваемых нами представлений о реальности специально нацелен на то, чтобы мы не видели перед собой никаких задач, чтобы все максимально текло по течению и ничем нас не озадачивало.
- Интеллектуальная функция всеми возможными способами борется с противоречиями – замазывает «слепые пятна», дорисовывает «недостающие детали», находит объяснение любым парадоксам и совершает самые изощренные глупости, только бы не озадачиться, не начать работать и не утруждать себя [Д. Канеман]. Поэтому для эффективной работы интеллектуальной функции мы должны постоянно и намеренно ставить ее перед парадоксами и противоречиями. Мы должны вынуждать себя думать, что мир вокруг нас вовсе не так понятен, как нам может показаться, мы должны обрекать себя на вопрошание.

Необходимость совместного развития различных энерготехнологий

Устойчивость развития энерготехнологий должна быть основана как минимум на следующих трех предпосылках:

- **темп потребления исчерпаемых ресурсов не должен превышать темпа освоения замещающих их ресурсов (в нашем случае темп истощения газа и нефти должен быть скоррелирован с освоением ядерной энергии и ядерно-водородной технологии);**
- **уровень использования возобновляемых ресурсов (например, гидро-, ветер, биомассы) должен не нарушать способности возобновления их и не приводить к утрате возможности использования их в будущем и к недопустимому нарушению природных циклов (деградация лесов и плодородия почв, усиление климатических изменений и природных катастроф требуют ограничения масштабов вторжения в природные, пока возобновляемые процессы);**
- **темп генерации, количество и качество отходов должны быть таковы, чтобы не нарушить способность природы ассимилировать их приемлемым образом (ограничение как локальных так и глобальных масштабов потребления органических ресурсов).**

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 обобществленными, и предпочтения по всей видимости сместятся с выгод на риски.

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.

Проблема развития 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.

Экономическая специфика различных этапов ЯТЦ

	Этапы	Микро экономика	Макро экономика	Институциональная экономика
Добыча	запасы	+		
	ресурсы		+	
	хвосты			+
Конверсия		+		
Обогащение	продукт	+		
	отвал			+
Изготовление	ОЯТЦ	+		
	ЗЯТЦ		+	
Облучение	ОЯТЦ	+		
	ЗЯТЦ		+	
Охлаждение		+		
Перевозка				+
Переработка		+		
Промежуточное хранение	ПД	+		
	МА			+
	Плутоний			+
	Уран 235		+	
	Уран 233		+	
Изоляция от окружающей среды	Не окончательная	+		
	Окончательная			+

Проблемы Ядерной Энергетики

- Контроль и управление нейтронным полем – практически решена;
- Контроль и управление генерацией энергии – практически решена;
- Контроль и управление отводом энергии – требует инновационных подходов;
- Преобразование энергии – требует инновационных подходов;
- **Контроль и управление нуклидными составами и нуклидными потоками – требует наибольших вложений ресурсов, времени и интеллекта, без решения этой проблемы ЯЭ не может стать основой устойчивого развития**

Базовые физические принципы устойчивого развития ЯЭ

- Риск пропорционален мощности ЯЭ, а не интегральной энерговыработке (замыкание ЯТЦ по всем опасным радионуклидам);
- Нейтронная эффективность ЯЭ должна возрастать (бридинг);
- 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);

Проблема взвешивания выгод и рисков

- Принятие решения в области ядерной энергетики осуществляется на основе взвешивания рисков и выгод.
- Для оценки выгод, особенно экономических, есть множество методик.
- Но в отрасли атомной энергетики нет фундаментальных научных работ, посвященных разработке вопросов системного исследования технико-технологических, организационно-экономических и других интегральных рисков и комплексных методов их взвешивания и способов их смягчения.
- В отрасли в большей степени проработаны ядерные и радиационные риски; в последнее время актуализированы финансово-экономические риски.
- Но системный подход к оценке и минимизации рисков «по всему времени и пространству» проектов не нашел отражения.

Особенности использования потенциалов ЯЭ

- Возможности использования потенциальных возможности ЯЭ в плане решения проблем устойчивого развития и решения проблем энергетической безопасности в значительной степени **зависят от успехов и неудач других энерготехнологий**.
- От этого зависят возможные масштабы использования ЯЭ и темпы ее развития. Специалисты из области ЯЭ в рамках своих традиционных компетенций не могут воздействовать на это, опираясь только на уровне технических мер и решений.
- В ядерной отрасли должны появиться соответствующие компетенции, необходимые для позиционирования потенциальных возможностей этой технологии в общественном сознании, экономических и правовых пространствах на соответствующих уровнях.
- Ядерные технологии в большей степени привносят с собой новые возможности в плане организации хозяйственной деятельности, чем просто расширение энергетической базы.

Проблемы перехода ко второму этапу развития ЯЭ

- Чем отличается специалист от ученого и преуспевающий ученый от преуспевающего специалиста?
- Как это получилось, что практически везде в управлении появился очень эффективный менеджмент в плане применения различных эффективных методик, но успехов, например, в развитии ЯЭ, особенно в направлении ее устойчивого развития не появляется, а продолжается ее «развитие» по недопустимому пути уничтожения нейтронного потенциала? – Неужели опять «не ведают, что творят», или если и ведают некоторые, но пока «подлость приносит прибыль, а благородство нет» (по Дж.М.Кейнсу), то оправдано все, что приносит прибыль сейчас, а завтра хоть потоп (по Каррейлю?)..., но это очень не для ЯЭ.

Проблемы перехода ко второму этапу развития ЯЭ

- Ядерная отрасль уже настолько масштабна, что в ней могут преуспеть люди с разными интересами и с разным образованием и разных специальностей. Но это не значит, что от этого преуспеет и отрасль.
- **Для ее преуспевания нужна теория развития отрасли, ее можно и нужно развивать с разных направлений, это задача не одного гения или великого ученого или конструктора или даже организации научного руководителя...**
- Базовый принцип служит основой любой теории, сейчас есть множество мнений о том каким должен быть базовый принцип, и в ИНПРО их сформулировано несколько (комплекс/система) по разным направлениям (безопасность, устойчивость развития, экологическая приемлемость, нераспространение, инфраструктурные моменты...) и это отражает начало развития теории ЯЭ, когда каждое из направлений важных для ее развития дошло до своих базовых принципов, далее исходя из принципа организации мегатеории или лигатеории за счет взаимного стремления объединить усилия через метод концептуальной трансдукции, необходимо попытаться выработать более всеобщий общий (генеральный) принцип, объединяющий все направления и всех специалистов.

Проблемы перехода ко второму этапу развития ЯЭ

- Это принцип должен обладать как минимум таким свойством, что то, что лежит в его основе должно касаться всех причем принципиально (жизненно-важно).
- Пока можно предположить, что таким принципиальным моментом (его неприлично называть базовым принципом) является **использование урана 235 и как источника нейтронов, и как источника энергии**. Без него все остальные хлопоты бессмысленны, не будет урана 235, причем дешевого, доступного, не будет нужды и в эффективных специалистах, кроме тех, кто будет заниматься выводом предприятий ЯЭ из эксплуатации.
- Предлагается и другой базовый принцип – нужно научиться **эффективно использовать для получения энергии уран 238 и торий 232**. Для этого предлагается использовать БР и ЗЯТЦ. Но это для ЯЭ должен сделать кто-то «посторонний», поскольку специалисты в области ЯЭ, особенно которые хотят быть эффективными и преуспевающими в ближайшем будущем, понимают, что признаки преуспевания, а именно высокая заработная плата и звания и должности минуют их, если они серьезно будут следовать этому базовому принципу и признают, что использовать уран 235 кроме как в качестве источника нейтронов - это очень большой грех с точки зрения базового принципа развития ЯЭ. В этом парадоксе должно быть решение, и оно обычно состоит в поисках более высокого базового принципа, т.е. теории более высокого уровня.

Проблемы перехода ко второму этапу развития ЯЭ

- Можно предложить в качестве базового принципа – использование ЯЭ для повышения эффективности фотосинтеза, - но с сельского хозяйства трудно взять помощь и ресурсы для развития ЯЭ.
- Можно рассматривать ЯЭ как необходимую часть энергетики вообще, но с этим еще большие трудности, поскольку если с источником ядерной энергии еще можно долго работать не постигая его сущности – она вне нашего пространства и времени, то с энергетикой вообще еще нужно разобраться - что это такое - энергия, чем мы пользуемся на самом деле, когда пользуемся энергией и почему мы забрели с помощью научного подхода в пространство нересурсообеспеченного богатства, выбраться из которого без ЯЭ мы не можем (естественно это гипотеза, но пока лучшей нет).

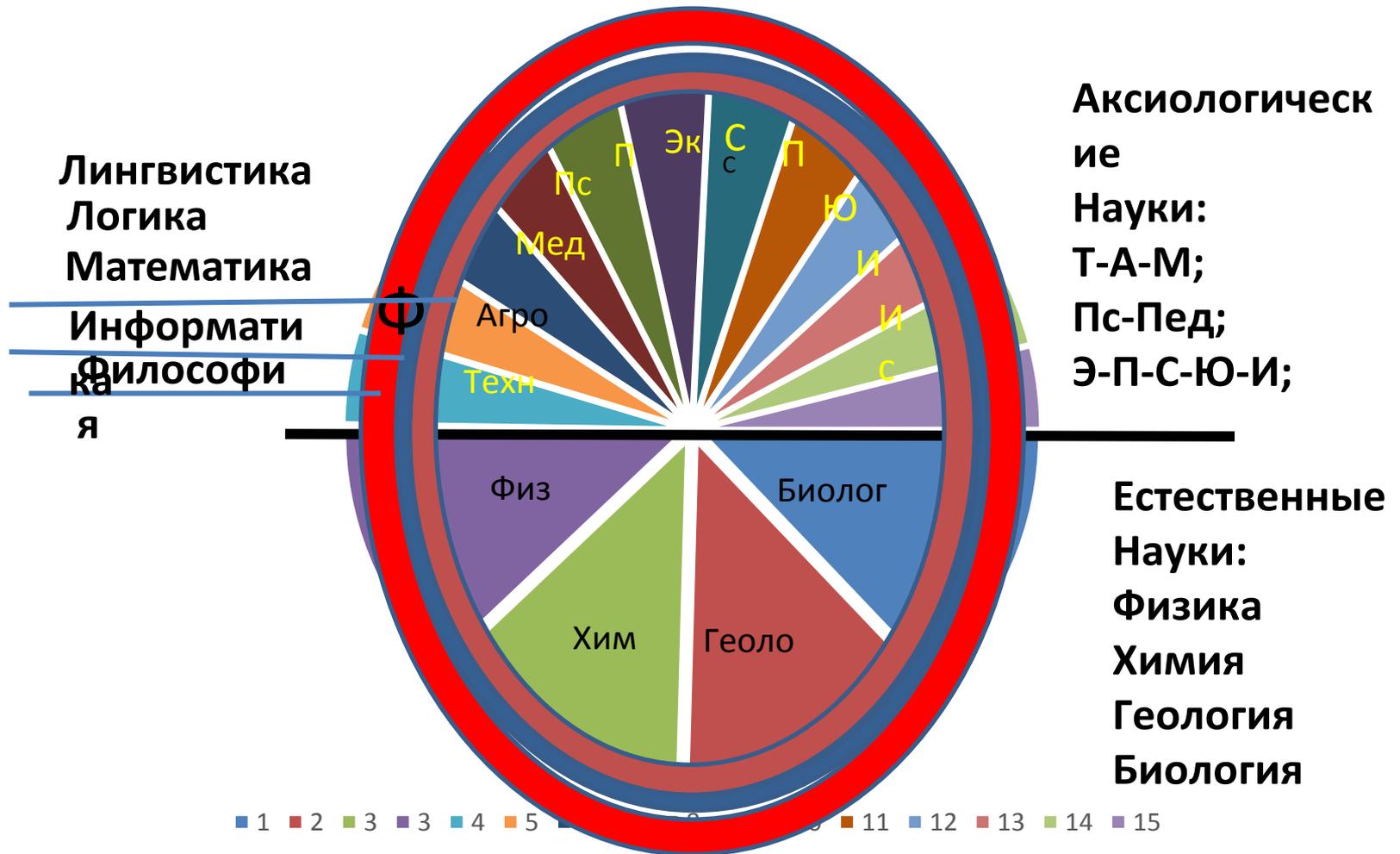
Проблемы перехода ко второму этапу развития ЯЭ

- То есть, чем бы специалист не занимался в области ядерной энергетики или энергетики вообще, его параллельной задачей является стремление к образованности в области энергетики вообще, участие в трансдукционном процессе (по Канке В.А.), вкладывая свой опыт и те факты, которыми данный специалист владеет, в построение общей теории энергетики. Быстрее всего, как пример, этот процесс может быть организован в области ЯЭ.

-

Современная наука

В.А. Канке, профессор ИАТЭ НИЯУ МИФИ, доктор философских наук



Инtrateоретическая трансдукция

В.А. Канке, профессор ИАТЭ НИЯУ МИФИ, доктор философских наук

Концепты:

Методы

Дедукция:

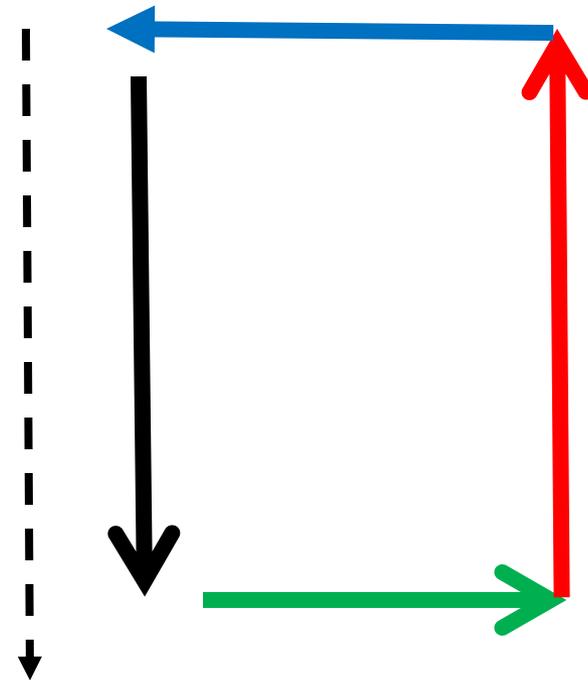
Принципы-законы- переменные;;

Аддукция : Факты;

Индукция:

Средние значения – регрессионные –;
законы – экстремали (оптимумы);

Абдукция: Обновленные принципы.



Этапы, концепты и методы интратрансдукции

В.А. Канке. профессор ИАТЭ НИЯУ МИФИ. доктор философских наук

	Этапы	Концепты (переходы)	Методы
1	Предсказание	Принципы – законы - переменные	дедукция
2	Фактуализация	Факты (данные)	аддукция
3	Обработка данных	Средние значения, регрессионные законы, оптимумы (экстремали)	индукция
4	Обновление дедуктивных принципов	Индуктивные принципы – обновленные дедуктивные принципы	абдукция

Отношения между родственными теориями

В.А. Канке, профессор ИАТЭ НИЯУ МИФИ, доктор философских наук

Первый цикл управления теориями:

$$T_1 - T_1(p_1) - T_2 - T_1\{T_2\};$$

Второй цикл управления теориями:

$$T_2 - T_2(p_2) - T_3 - T_2\{T_3\};$$

Лигатеория:

$$T_3 - T_2\{T_3\} - T_1\{T_3\};$$

Четыре метода интертеоретической трансдукции:

- 1) проблематизация – 2) открытие – 3) интерпретация (старой теории на основе новой) – 4) построение (лигатеорий)

Накопление ОЯТ АЭС в мире и России

В мире работают 453 блока общей мощностью 397 ГВт, строится 60 блоков

(в том числе на замену выработавшим ресурс)

Выгружается ~10500 т ОЯТ ТМ/год

На переработку поступает ~1400 т ОЯТ ТМ/год от ~120 блоков

Мощность перерабатывающих заводов 4500 т ТМ в год

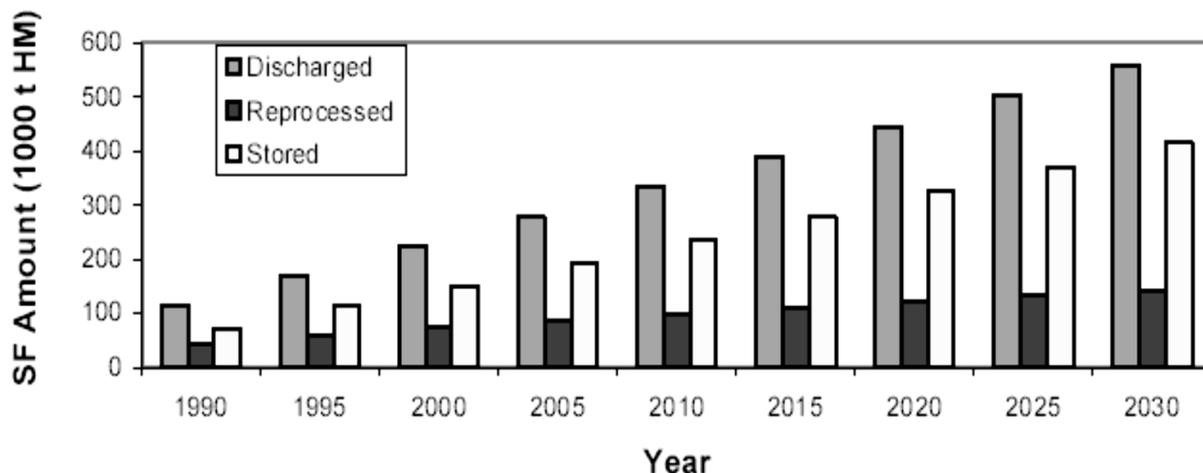
(Франция, Великобритания, Япония и Россия, опытные заводы в Китае и Индии).

Остальные страны занимают выжидательную позицию.

Накоплено в мире более 350 тыс. т ОЯТ, в России – 22 тыс. т

Ежегодно количество ОЯТ увеличивается на ~ 9 тыс. т., в России - 700 т.

Относительно малая доля переработки ОЯТ АЭС свидетельствует, прежде всего, о ее низкой экономической привлекательности.



Вместе с тем, энергетический потенциал выгруженного топлива АЭС составляет в настоящее время около 35% от исходного при выгорании около 50ГВт*сут/т ТМ. При этом выгорание самого урана-235 составляет около 75-78% от исходного, но накапливается некоторое количество плутония, часть которого одновременно выгорает в ходе кампании.

Фактически мы перерабатываем отходы ядерной энергетики (вторичное сырье), выделяя утилизируемую часть и компактируя ВАО в виде матриц для захоронения.

Ресурсы нуклидной экономики

Состав выгоревшего топлива

(стандартный PWR, выгорание 33ГВт сут/т, 10 лет выдержки)

1 тонна ОЯТ:

955 кг - U

8,5 кг - Pu

МА:

0,5 кг - Np

0,6 кг - Am

0,02 кг - Cm

Долгоживущие ПД:

0,2 кг – ¹²⁹I

0,8 кг – ⁹⁹Tc

0,7 кг – ⁹³Zr

0,3 кг – ¹³⁵Cs

Короткоживущие ПД:

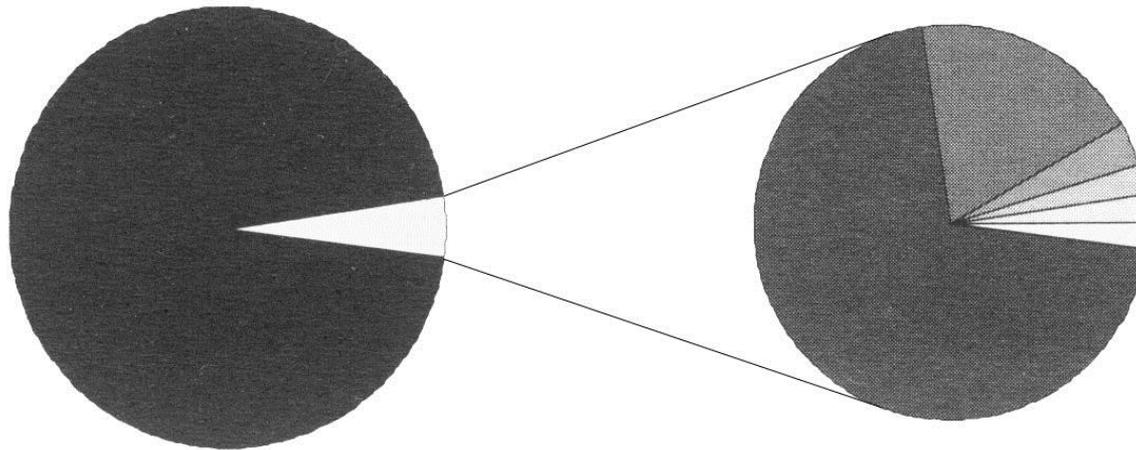
1 кг – ¹³⁷Cs

0,7 кг – ⁹⁰Sr

Стабильные ПД

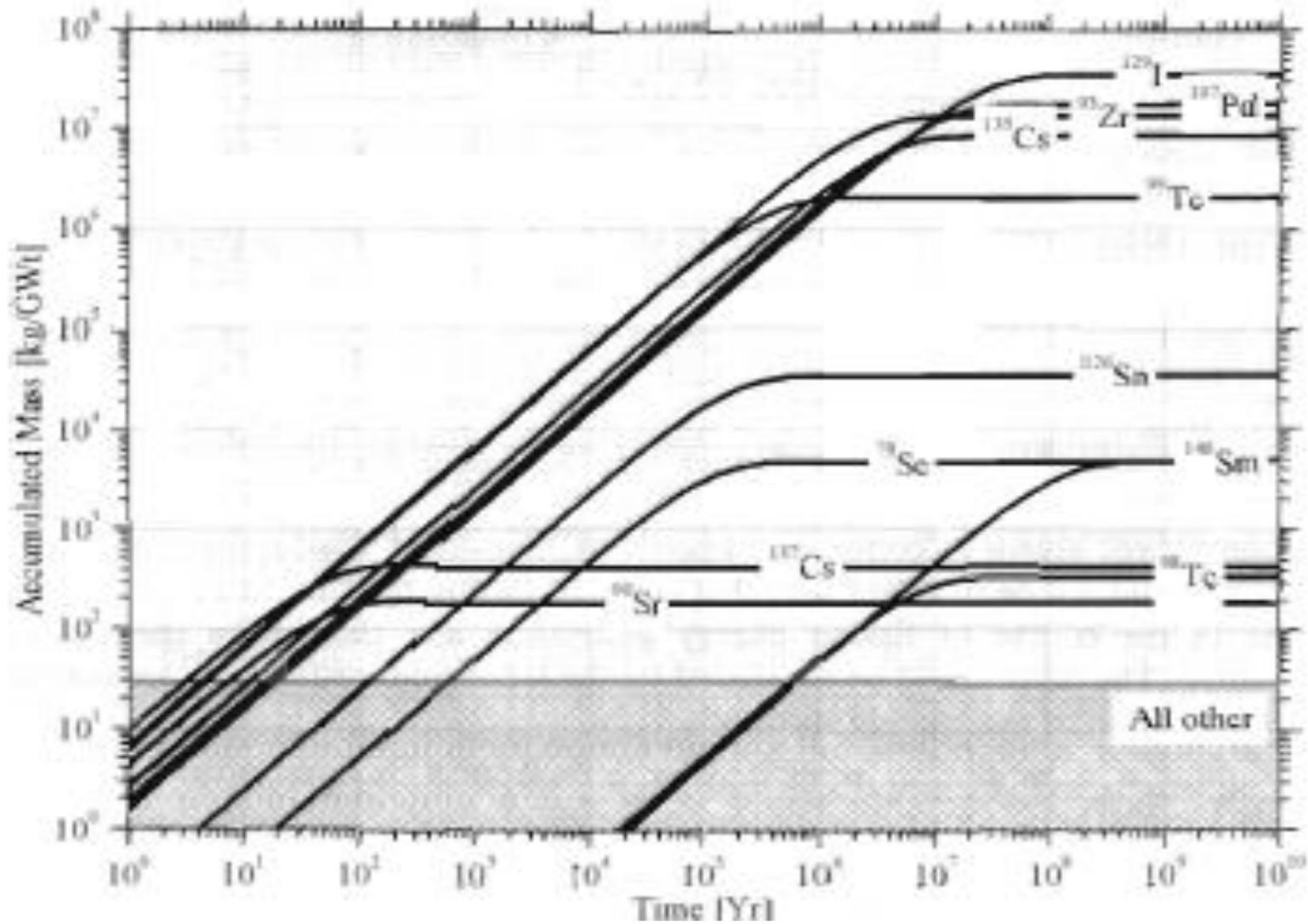
10,1 кг – лантаниды

21,8 кг - другие



■ Uranium	(95.5 %)
■ Stable fission products	(3.2 %)
■ Plutonium	(0.8 %)
■ Short-lived Cs and Sr	(0.2 %)
■ Minor Actinides	(0.1 %)
□ Long-lived I and Tc	(0.1 %)
□ Other long-lived fission products	(0.1 %)

Накопление продуктов деления (M.Saito...)



Реакторы деления как атомные фабрики.

Экономическая значимость изотопов, генерируемых ядерными реакторами деления и ускорителями, во многом уже превышает экономическую значимость электроэнергии, вырабатываемой этими же реакторами!

В обозримом будущем реакторы деления вместо того, чтобы рассматриваться главным образом как источники электроэнергии, генерирующие изотопы в качестве побочного продукта, будут все больше и больше работать в качестве производителей атомов, генерирующих электроэнергию в качестве побочного продукта.

Реакции деления имеют ту особенность, что, начиная с одного тяжелого изотопа (U-235, Pu-239 или Th-232), они генерируют широкий спектр различных изотопов, охватывающих почти все элементы Периодической таблицы.

Можно, "настраивая" спектр нейтронов и состав топлива в реакторе, в значительной степени влиять на распределение продуктов деления.

"The Isotope Economy" by Dr. Jonathan Tennenbaum

[Oct. 6, 2006 issue](#) of Executive Intelligence Review

Ядерные отходы как ценная "руда" для добычи драгоценных металлов

...наш мир был сформирован последствиями того, что первоначально казалось "бесконечно малыми" нюансами в поведении химических элементов.

...ядерные реакторы деления производят большое количество промышленно важных ценных металлов, таких как палладий, родий и рутений. Извлечение этих металлов из так называемых "ядерных отходов" для экономического использования в качестве катализаторов в специальных сплавах и коррозионно-стойких материалах уже доказало свою осуществимость.

Количество этих металлов, синтезируемых ежегодно в качестве продуктов реакции в действующих в настоящее время в мире ядерных энергетических реакторах, если бы они должны были извлекаться из отработавшего топлива в ходе переработки, уже составило бы значительные проценты от общего годового количества, извлекаемого из земли горнодобывающей промышленностью.

...относительные концентрации многих редких металлов, содержащихся в отработавшем топливе ядерных реакторов, в десятки тысяч и миллионы раз превышают их среднее содержание в земной коре, японские исследователи объявили такое отработавшее топливо одной из самых ценных "руд", известных сегодня.

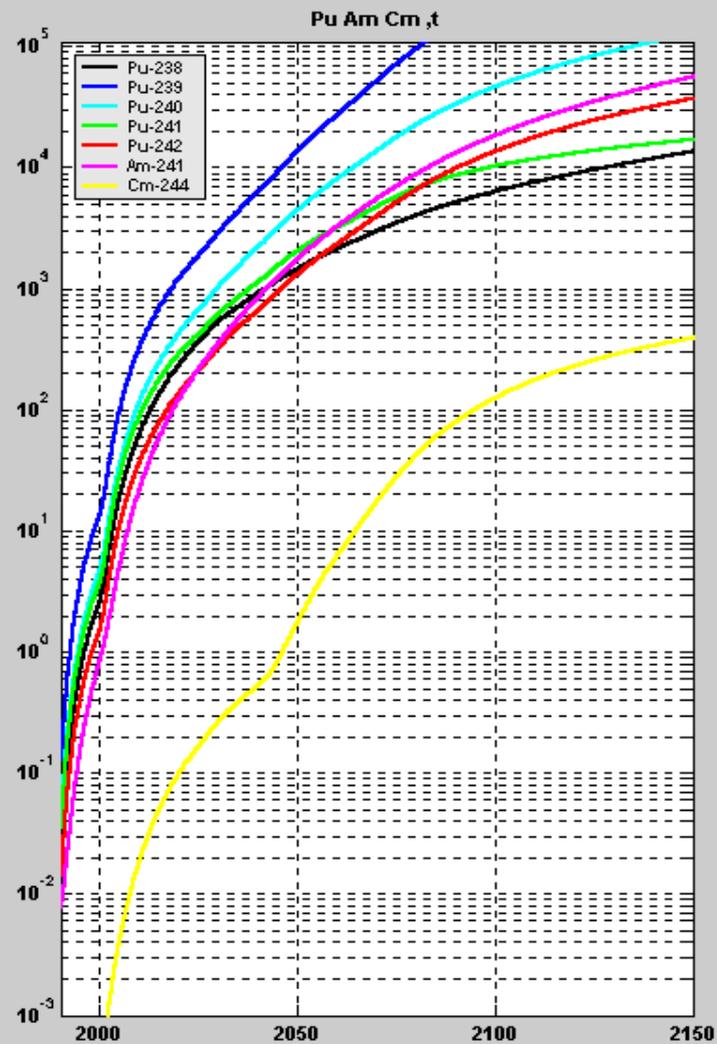
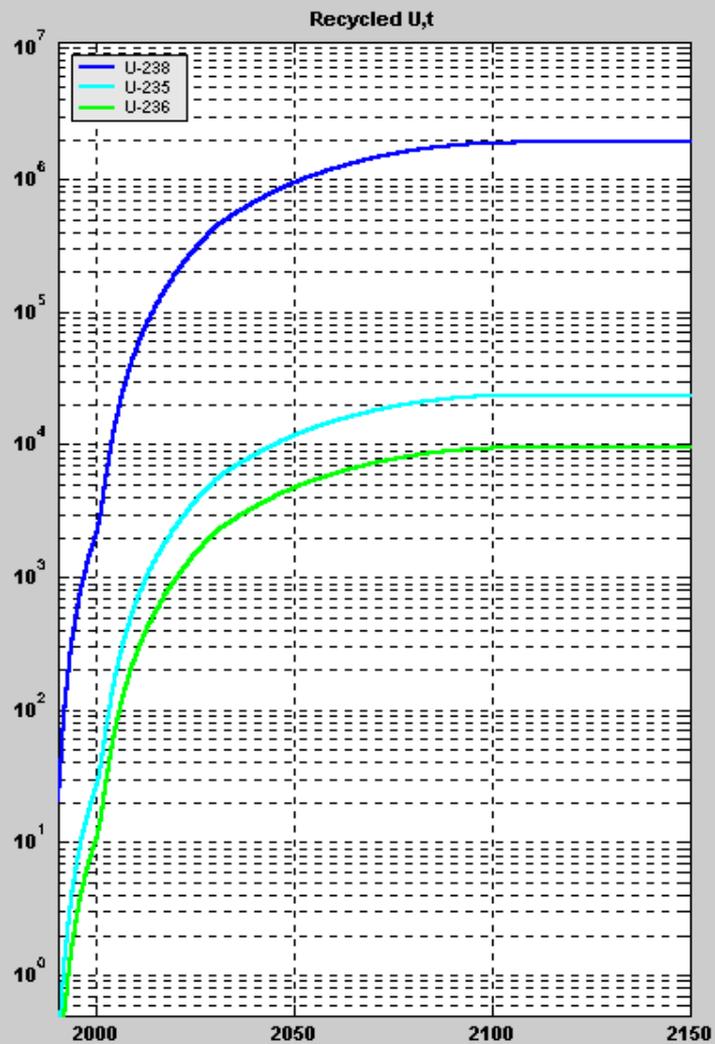
"The Isotope Economy" by Dr. Jonathan Tennenbaum

Oct. 6, 2006 issue of Executive Intelligence Review

Нам нужны революционные достижения в технологии добычи и переработки сырья и утилизации отходов, компенсирующие тенденцию к предельному росту стоимости сырья, при этом радикально улучшая ассортимент и качество конечной продукции.

“The Isotope Economy” by Dr. Jonathan Tennenbaum
Oct. 6, 2006 issue of Executive Intelligence Review

Изменение количества актинидов в системе ЯЭ



Изменение экономической парадигмы

- Парадигма - это совокупность мыслей, восприятий и ценностей, которые создают определенное видение реальности, оказывающееся основой самоорганизации общества.
- В 1920-х годах физики, во главе с Гейзенбергом и Бором пришли к пониманию того, что мир - это не скопление отдельных объектов, а сеть отношений между различными частями единого целого.
- Экономика является живой системой, состоящей из человеческих существ и социальных институтов и находящихся в постоянном взаимодействии с окружающими экосистемами.
- Экономика - это всего лишь один из аспектов всей экологической и социальной структуры. Экономисты склонны разделять эту структуру на фрагменты, игнорируя социальную и экологическую взаимосвязь. Все товары и труд сводятся лишь к их стоимостному выражению, а социальные и экологические издержки, порождаемые всеобщей экономической деятельностью, игнорируются. Это "внешние" параметры, которые не входят в состав теоретических моделей экономистов. Гильдия экономистов, обращается с воздухом, водой и другими ресурсами экосистемы, как с даровым объектом потребления. Такой же подход практикуется и в тонкой сфере социальных связей, на которую пагубно влияет продолжающаяся экономическая экспансия. Частные доходы все в большей степени получают за общественный счет ценой ухудшения окружающей среды и общего качества жизни.

ЯЭ способна привести новые представления в практику понимания хозяйственных систем:

- Естественный распад радионуклидов (Помогает понять физическую суть процессов дисконтирования, определяемую темпом деградации и старения богатства и необходимостью его воспроизводства за счет соответствующей обеспеченности ресурсами в течение длительного времени.).
- Критическая масса (Целое больше суммы составляющих и обладает принципиально новыми по сравнению с составными частями возможностями, судьба частей зависит от целостности системы и ее свойств.).
- Энергия деления ядра (Энергия, получаемая в отдельно взятом реакторе, как части системы зависит не только от характеристик реактора, но и от организации всей системы. Поведение системы и ее эффективность определяется не только сегодняшним состоянием и динамическими характеристиками, но и предыдущей историей и некоторыми интегральными характеристиками по всему сроку службы).
- Остаточное энерговыделение за счет естественного распада радионуклидов (Последствия могут быть не устранимыми и не выключаемыми и их необходимо прогнозировать заранее. То есть, при разработке стратегии устойчивого развития очень важно знать на много больше, чем можно использовать в данной обстановке).
- Абсолютная опасность (Человечество получило возможность самоуничтожения, особенно своей цивилизованной части за счет различных инноваций, последствия которых мы не можем проследить в обозримое время).
- Абсолютная ответственность (Важна не конкуренция, а способность каждого наилучшим образом выполнять то, на что он способен в рамках единого системного подхода. Это требует соответствующих экономических моделей, способных продемонстрировать то, что этика не противоречит прагматическому подходу).

Необходимые институты

- 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» для системы – основа установления отношений
- Баланс нейтронов в системе
- Нуклидная экономика
- Преодоление правового парадокса

Принципы достижения устойчивости в экосистемах
(необходимые для выживания и приспособления в
условиях возмущений и меняющихся условий):

- Взаимозависимость
- Циклический поток нуклидов
- Сотрудничество и партнерство
- Гибкость
- разнообразие

Современная экономика поощряет конкуренцию,
экспансию и господство

Экология по сути направлена на установление
сотрудничества и партнерства

(Фритъоф Капра «Паутина жизни. Новое научное понимание живых систем»)

Принципы достижения устойчивости в экосистемах

- Все экологические пределы колебаний ограничиваются пределами допустимого. Существует опасность разрушения системы, если колебания выходят за эти пределы и система не сможет их компенсировать.
- Управление системой означает поиск оптимальных запасов до предельных значений для системных переменных, максимизация отдельных переменных неизменно ведет к разрушению системы в целом

Принципы достижения устойчивости в социальных системах:

- Свобода перемещения информации и идей по всей сети
- Многообразии интерпретаций и способов познания
- Открытость и многосторонний анализ многообразия ошибок

Сложность заключается не только в понимании и осознании принципов, но и в нашей приверженности жить в соответствии с ними

Отличия в условиях эксплуатации отдельных объектов и объектов работающих в системе

- **Отдельный объект** (конкуренция): условия эксплуатации выбираются как можно ближе к пределам эксплуатации, что требует наличия надежных и чрезмерно дорогих систем обеспечения безопасности.
- **Объект в системе** (согласование действий в условиях «диссипативного» развития динамической системы): нормальные условия эксплуатации каждого объекта значительно отстоят от пределов эксплуатации каждого объекта. Согласованное действие системы, как и в случае разделения труда в развивающемся обществе, позволяет в неопределенных заранее условиях максимизировать «пропускание» через себя максимального потока энергии и нуклидов.

Различные проекции понимания двухкомпонентности инновационной системы ЯЭ

- Реакторы на тепловых и быстрых нейтронах
- ИНПРО (ЯЭ как система) и Gen IV (отдельные реакторные направления)
- ЯТЦ (как системообразующий фактор) и множество ЯЭУ
- Источники нейтронов (уран235, плутоний и уран 233 на складе; и «внешние»: 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, проектирования, эксплуатации, анализа последствий реализации принятых решений)**

Заключение

Можно предположить:

- что все необходимые решения для построения системы ЯЭ уже есть на уровне работающих установок, проектов различного уровня готовности, предложений, изобретения, идей...
- В мире есть достаточное количество ресурсов для создания полномасштабной ЯЭ, отвечающей принципам устойчивого развития.

Почему не складывается система ЯЭ и почему не хватает средств даже на НИР? - Нет теории развития ЯЭ, эксперименты в традиционном плане очень дороги и требуют очень много времени.

Возможен выход: в ЯЭ накоплен огромный опыт, который требует научного осмысления и который должен быть использован для организации процесса интратеоретической трансдукции...

**Благодарю Вас
за внимание!**

