

VII Мелентьевские чтения «Прогнозирование развития мировой и российской энергетики: подходы, проблемы, решения»



**Место структурного прогнозирования
в исследованиях энергетики будущего**

В. В. Бушуев

*Генеральный директор Институт энергетической стратегии
Заведующий лабораторией системных исследований в энергетике ОИВТ РАН*

Н. К. Куричев

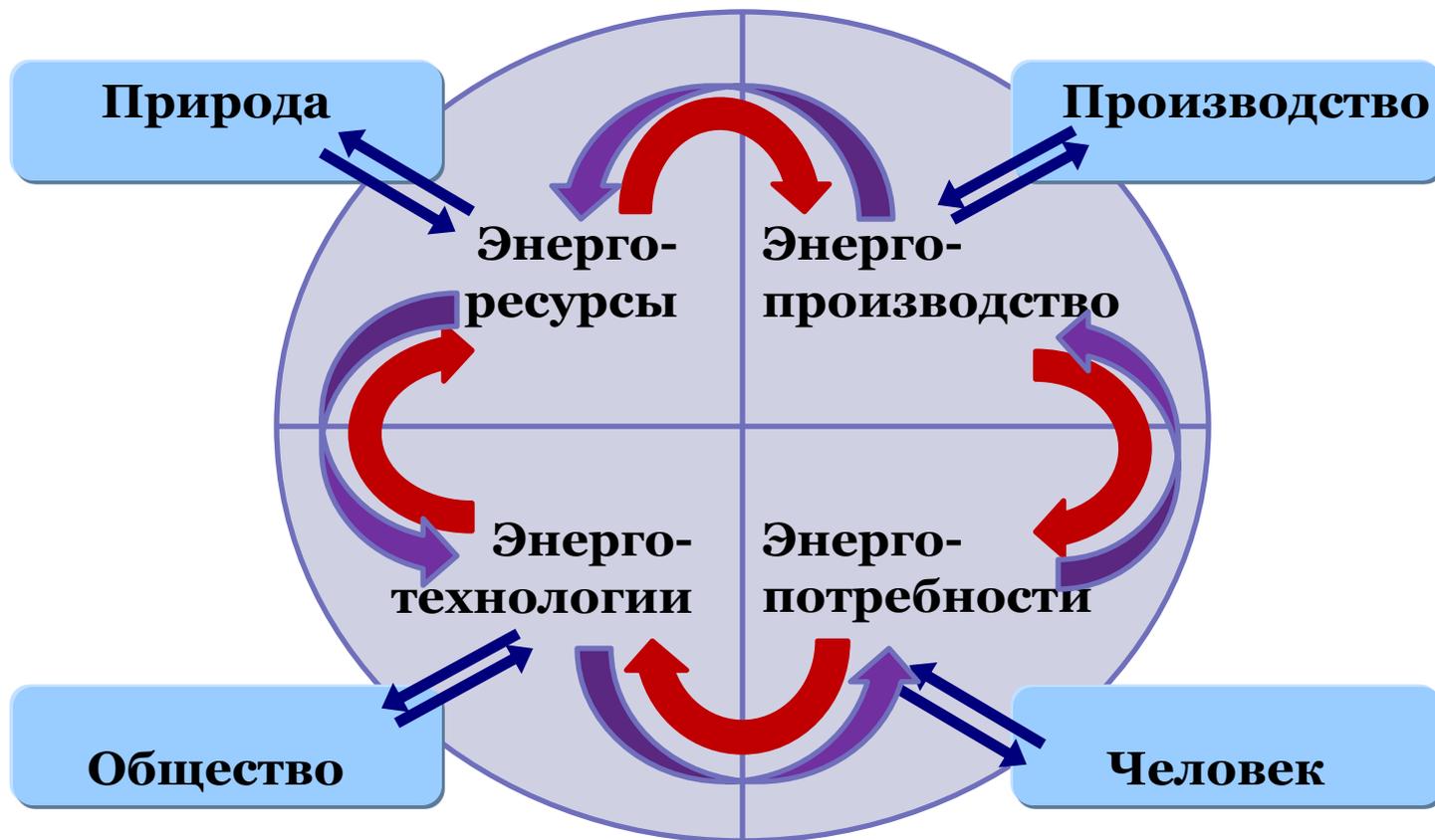
Главный аналитик Институт энергетической стратегии

М. А. Николаев

Эксперт-аналитик Институт энергетической стратегии

17-19 апреля 2013 г.

Энергетика как центральная часть коэволюции природы, производства, общества и человека



Методологические принципы исследования энергетики как «системы систем»

1. Энергетизм

2. Холизм

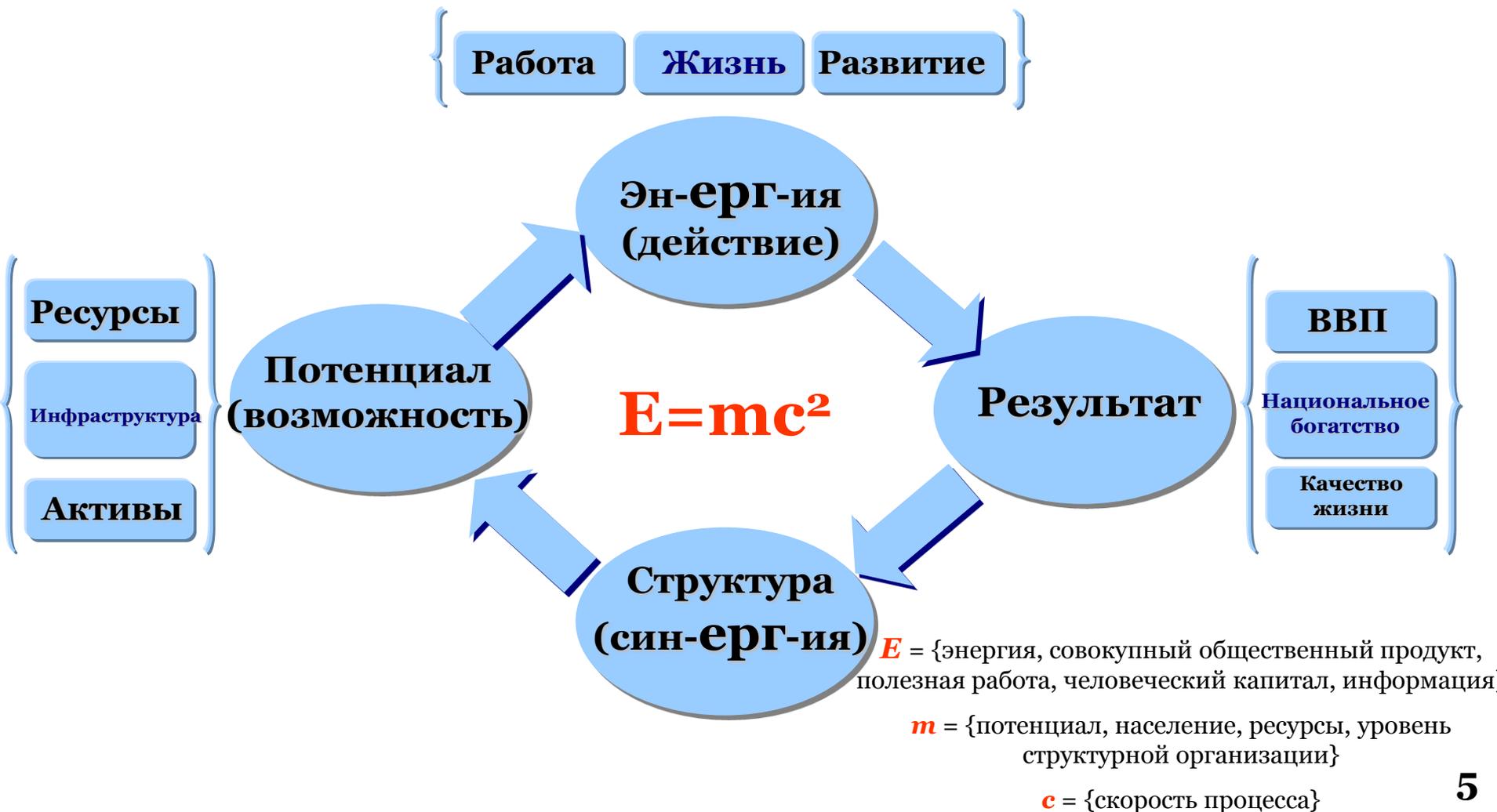
3. Фрактальность

**4. Три «Э»- экономика,
энергетика, экология**

**5. Энергетика как
инфраструктура**

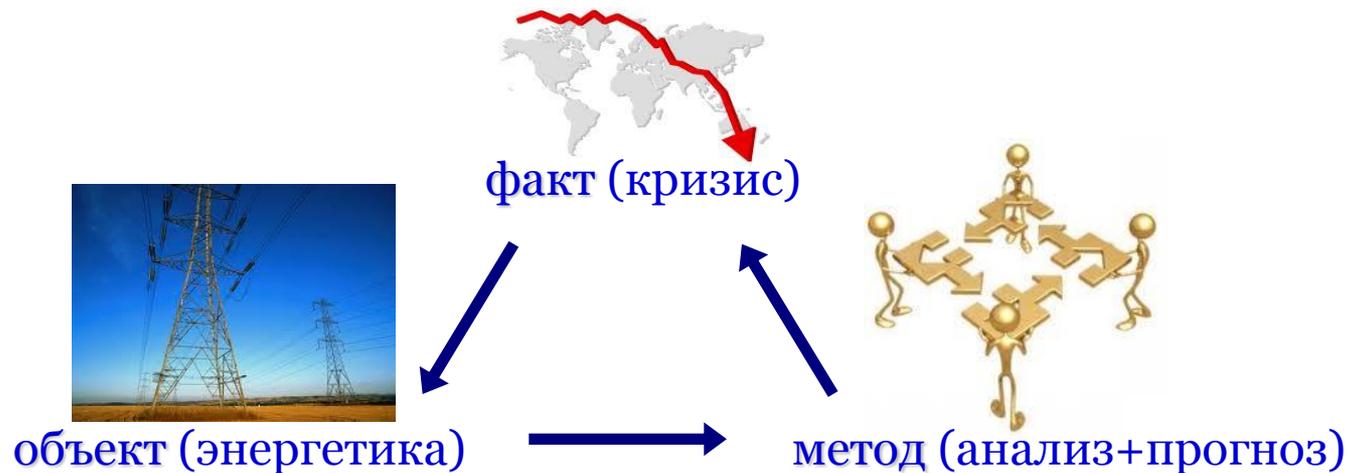
6. Энергокосмизм

Энергетизм как подход к прогнозированию



Новая методология - холизм

Индукция = от частного к общему



Дедукция = от общего к частному

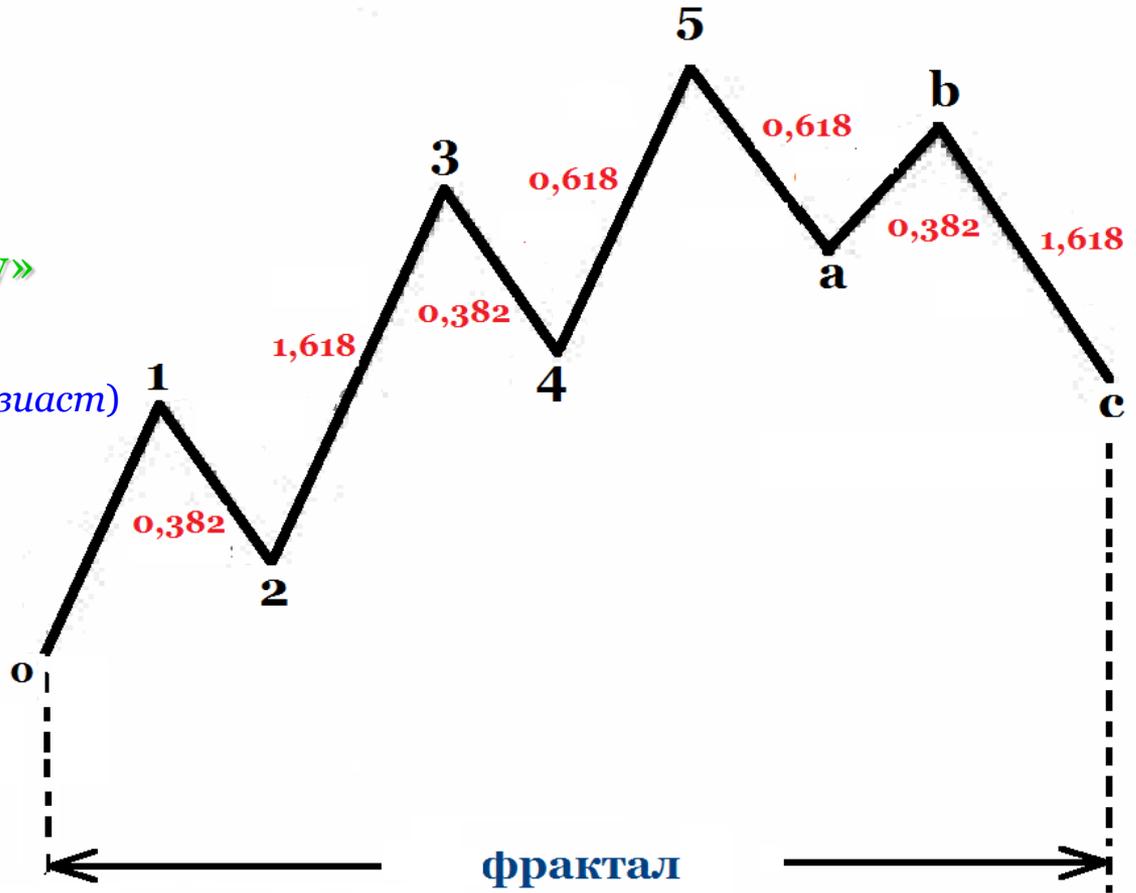


Энергетическая фрактальность

Мир трудно
прогнозируем, но
вполне закономерен...

«Что наверху, то и внизу»
(Трисмегист)

«Что было, то и будет» (Еклезиаст)



- 1 цикл (0-1-2) – политический рассвет (утро-весна)
- 2 цикл (2-3-4) – экономический рассвет (день-лето)
- 3 цикл (4-5-А) – социальная стабильность (вечер-осень)
- 4 цикл (А-В-0') – застой и угасание (ночь-зима)



Энерго-эколого-экономическая система



ЭКОНОМИКА

система хозяйствования



Энергетика

система жизнедеятельности



ЭКОЛОГИЯ

наука о гармонии



Цивилизация

(*ци*-энергия, *вл*-владеть)
– энергетическое
состояние планетарного
Дома-Экоса (системы
«природа-общество-
человек»)

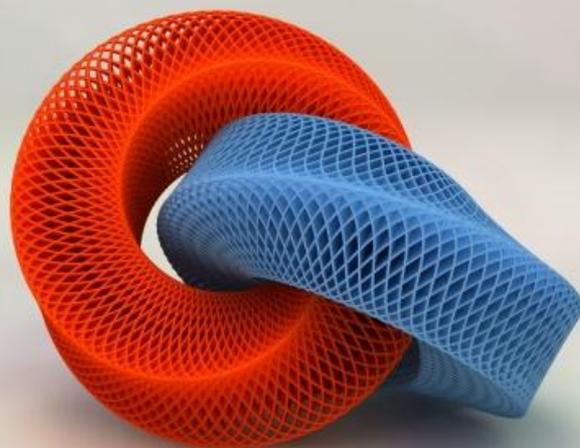
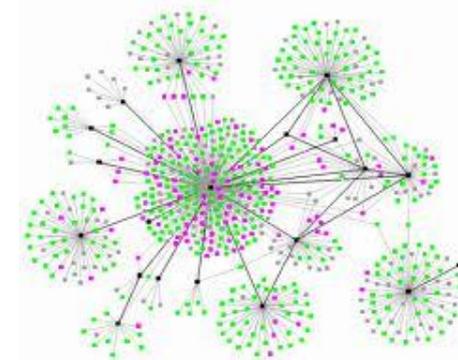
Энергетика как система систем: принципы

**Единство
производства и
потребления
энергии**

**Единство
топологии
финансовых и
силовых потоков**

**Единая энерго-
информационная
система**

**Мультиагентное
управление и обмен
«каждый с каждым»**



От земной энергетики к энергокосмизму



**Ноо-
сферное
мышление**

**Миро-система
природа-
человек-
общество**



**Мы живем
в объятиях
Солнца**

Энергетика

Экономика

Экология

Цивилизация

Методы исследования энергетики будущего



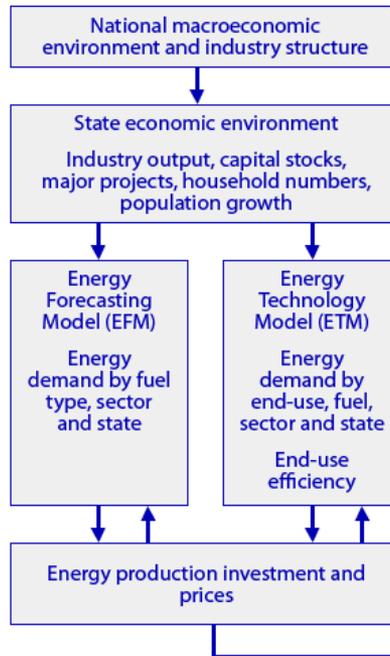
- ❖ Анализ трендов, противоречий и развилок
- ❖ Подход к энергетике как к «системе систем»
- ❖ Подход к анализу инфраструктуры
- ❖ Энергетизм и фрактальная логика прогнозирования

От строго формализованных методов к качественным – где золотая середина?

Проблемы математического моделирования



National Economics' integrated energy modelling systems

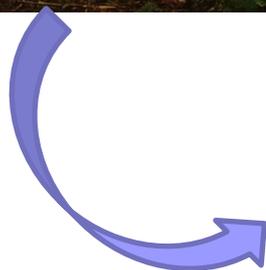


Переход от реальности к модели: неизбежность значительного упрощения при параметризации и построении модели

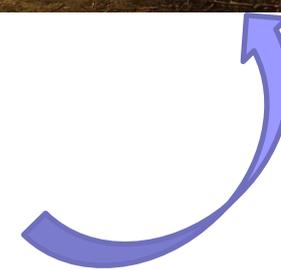
Переход от модели обратно к реальности: неполнота получающейся картины и проблемы интерпретации

**Неустранимые элементы субъективности, склонность к инерционным прогнозам
Концентрация на энергобалансе и недоучет институциональных факторов**

Проблемы форсайтных исследований



Интеграция знаний экспертов для оценки изменения институтов и «повестки дня»



Высокая субъективность, недостаточная конкретность

Противоречие между глубиной компетенций экспертной группы и эффективной внутренней координацией, недоучет инерции

Стадии стратегирования развития энергетики как сложной системы



✓ Как выделить ключевые факторы из нечеткого множества?

✓ Сложные процессы с трудом поддаются формализации!

Формализация всегда опирается на качественные оценки

Принятие решений

Строгий анализ

Интуитивные ощущения

Подход «снизу вверх» и «сверху вниз»

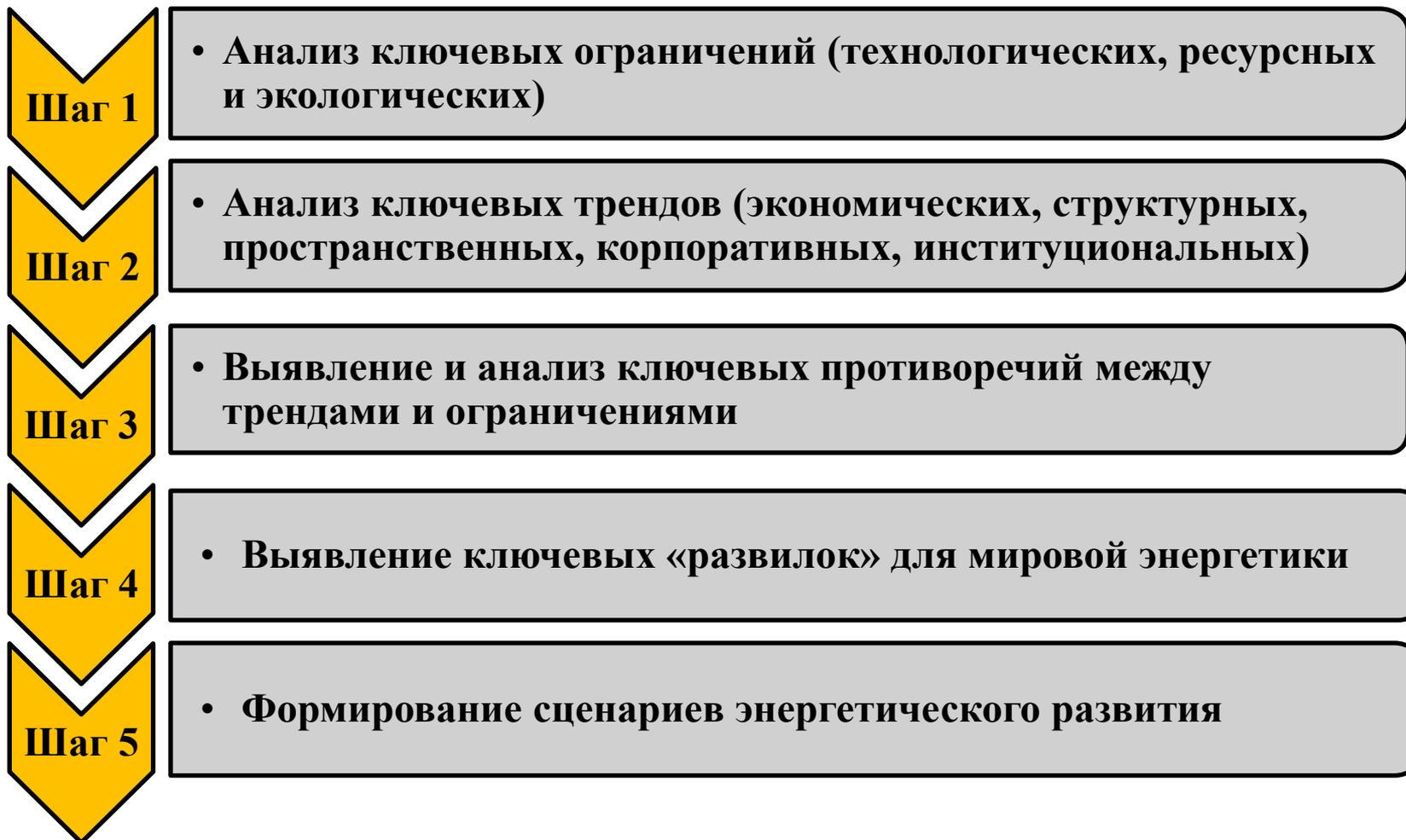
- ❖ «Снизу вверх» – от частного к общему
- ❖ «Сверху вниз» – от общего к частному
- ❖ Закономерности макроуровня видны только в системе в целом

Примеры трендов макроуровня:

- Смена режимов роста в мировой энергетике
- Смена технологических укладов
 - Долгосрочная динамика энергоемкости
 - Тенденции глобализации и регионализации
 - Смена геополитических режимов
 - Смена ценовых режимов
 - Смена моделей ценообразования
 - Неоиндустриализм

Преобладание политических факторов над экономическими в энергетическом развитии определяет важность макротрендов

Общая схема структурного прогнозирования



Методика структурного прогнозирования – не альтернатива, а дополнение к более традиционным методикам и опирается на их результаты

Анализ ключевых ограничений развития мировой энергетики



Технологические ограничения

- Анализ направлений технического прогресса
- Выделение наиболее перспективных кластеров технологических решений
- Системные сдвиги в организации энергетики

Ресурсные ограничения

- Тенденции «закрывающей цены» на энергоресурсы
- Тренды разработки новых видов энергоресурсов
- Пространственное несовпадение центров добычи и потребления

Экологические ограничения

- Климатическая политика ведущих стран мира
- последствия изменения климата для энергетики
- Роль локальных экологических проблем в реализации энергопроектов

Анализ ключевых трендов

Экономика и энергетика

- Долгосрочная динамика энергоемкости экономики
- Ценовые ограничения со стороны спроса

Структурная эволюция

- Диверсификация энергобаланса, смена источников энергии, повышение «качества» энергопотребления

Пространственная структура

- Регионализация и глобализация
- Децентрализация энергоснабжения

Корпоративная структура

- Роль государственных, публичных и частных, международных и национальных энергокомпаний

Институциональная структура

- Эволюция роли биржевой торговли, модели и факторов ценообразования, госрегулирования

Анализ противоречий между трендами



Противоречие спроса

Между ростом спроса и ресурсно-эколого-техническими ограничениями

Ужесточение межтопливной конкуренции

Противоречия между различными направлениями энергетического бизнеса

Межстрановые противоречия

Противоречия экспортеров и импортеров, развитых и развивающихся стран, стремление к самообеспечению

Корпоративные противоречия

Между международными и национальными государственными и частными энергокомпаниями

Институциональные противоречия

Противоречия по проблемам ценообразования и механизмам регулирования

Противоречие между новыми технологиями и инвестиционной инерцией

Анализ ключевых развилок («точек бифуркации»)



Спрос на энергоресурсы

Когда завершится эпоха роста энергопотребления в различных регионах?

Структурные сдвиги в ТЭБ

В пользу нетрадиционных углеводородов или ВИЭ?
Где и когда произойдут эти сдвиги?

Межстрановые противоречия

Закат энергетического глобализма?
Климатический протекционизм?

Сдвиги в корпоративной структуре

К энергосервисному бизнесу?
Технологические конфликты?

Сдвиги в институциональной структуре

От рынка сырья – к рынку услуг и технологий?
От биржевых рынков к цене «у потребителя»?

Технологические трансформации: к постиндустриальной энергетике?

Сценарии как точки сборки разных трендов, а не формальное расхождение траекторий



Инерционный сценарий: ренессанс топливной энергетики и геополитики



Стагнационный сценарий: рост «зеленой энергетики» и борьба за правила регулирования



Инновационный сценарий: переход к «умной энергетике» и конкуренция за технологическое лидерство

*Различная «повестка дня»
в зависимости от сценария*

Долгосрочная эволюция энергетики



Развитие
мировой
энергетики

**Эволюция
организации
энергосистем**

Интегрализация
энергетики

Индивидуализация
энергетики

Энерго-
эффективность,
"умная энергетика"

Энергетическая
автотрофность

Интеграция
энергетики в
техносферу

Возобновляемая
энергетика

**Эволюция
источников
энергии**

Нетрадиционные
углеводороды и
неоиндустриализм

0

2000

2025

2050

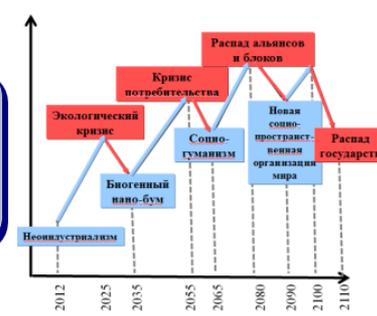
2075

2100



Новая энергетическая цивилизация: энергетика как система систем

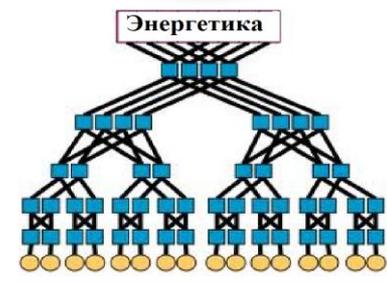
1. Неоиндустриализм



2. Энергоинформационные системы



3. Путь к электрическому миру



Неоиндустриальное развитие: общие тренды

- 1. Посткризисная модель экономического роста не может повторять докризисную: исправление дисбалансов**
- 2. Значимость промышленности для экспорта, НИОКР, роста производительности остается очень высокой**
- 3. Объективные предпосылки : рекордные прибыли, накопленные средства, потенциал новых технологий, восстановление рынков**
- 4. Суть неоиндустриального развития: объединение энергетических и информационных систем**
- 5. NBIC-технологии, энергоэффективность, безотходное производство, робототехника, новые материалы, энергетика**
- 6. Необходимо системное управление технологиями (технологические модули) и новая энергетика**

Неоиндустриальное развитие: стратегии ведущих стран

- 1. В США сложилась стратегия промышленного развития: программа Advanced Manufacturing Partnership, агентство SelectUSA**
- 2. Инфраструктура:** развитие широкополосного доступа в Интернет, спутниковой и беспроводной связи, «облачных вычислений», суперкомпьютеров, авиасообщения
- 3. Роль энергетики:** инфраструктура и снижение цен улучшат условия для развития промышленности; реконструкция энергетики создаст крупный рынок для промышленности США
- 4. ЕС сдерживается межстрановыми противоречиями (EU 2020 strategy - Agenda for European Manufacturing in a changing world)**
- 5. Энергетика в ЕС:** энергоэффективность, торговля квотами на CO₂, ВИЭ, «умные сети», безотходное производство (цель: превратить энергодефицитность из слабости в преимущество)
- 5. Китай:** механизм трансфера и абсорбции технологий, собственные НИОКР, использование системы квот на CO₂ и энергоэффективности для модернизации промышленности

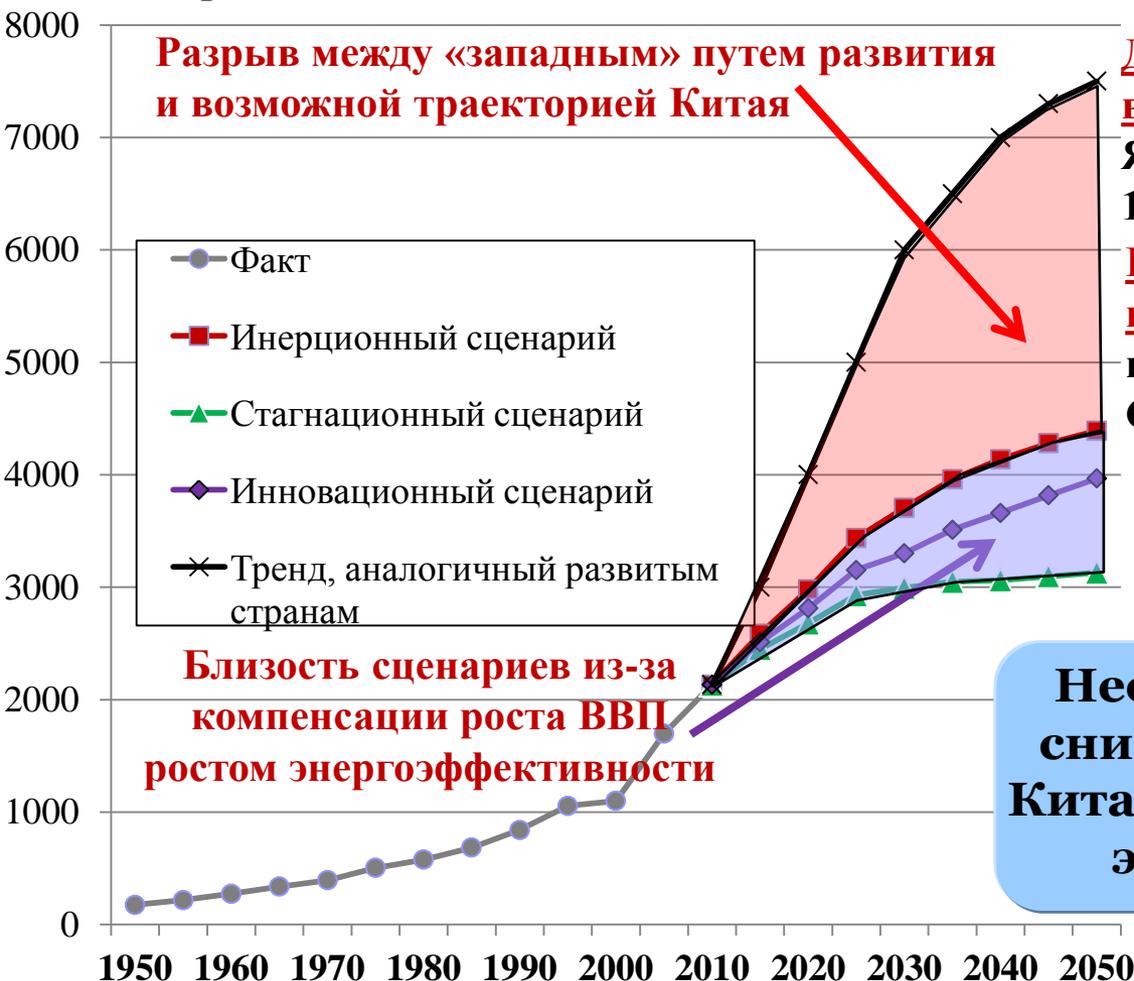
Энергетические стратегии ведущих стран: использование неоиндустриализации

- 1. США стремятся к переходу к 2030 г. к региональному самообеспечению на основе нетрадиционных видов углеводородов и низким ценам как стимулу промышленного роста**
- 2. ЕС стремится к созданию энергетического пространства Европы и повышению самообеспечения. Ставка на энергоэффективность, ВИЭ, торговли квотами на CO₂ и навязывание норм регулирования**
- 3. Китай также стремится к ограничению своей зависимости от глобальных рынков через развитие собственного энергетического потенциала и создание своей зоны влияния в области энергетики**
- 4. Снижение роли геополитических игр за ресурсы и роста роли инфраструктурного и технологического фактора. Стратификация стран не по энергоресурсам, а по энерготехнологиям**

ВЫВОД: Новая энергостратегия России должна учитывать перспективы умеренных цен на энергоресурсы, ожидаемые трудности на рынках сбыта и потенциал новых технологий

Неоиндустриализация и потенциал роста спроса

Потребление ПЭР, млн т н.э.

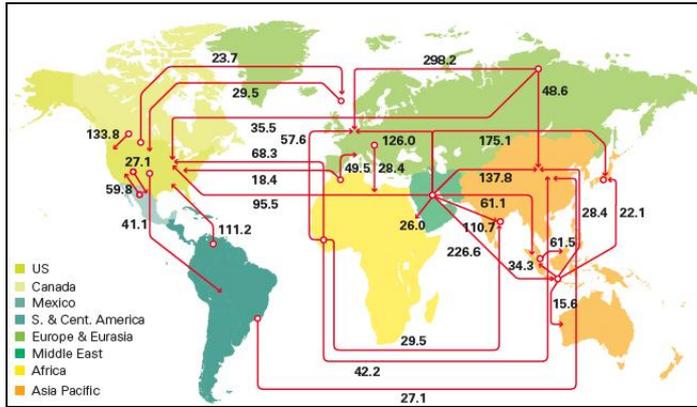


Душевое потребление ПЭР в Китае в 2010 г. (1.7 т н.э.) = ЕС-15 1950 г., Японии 1960 г., СССР 1950 г., США 1920 г.а

На аналогичном этапе развития потребление ПЭР выросло за 30 лет: в ЕС – в 2.44 раза, Японии – в 2.50 раза, СССР – в 2.58 раза, США – в 2.5 раза

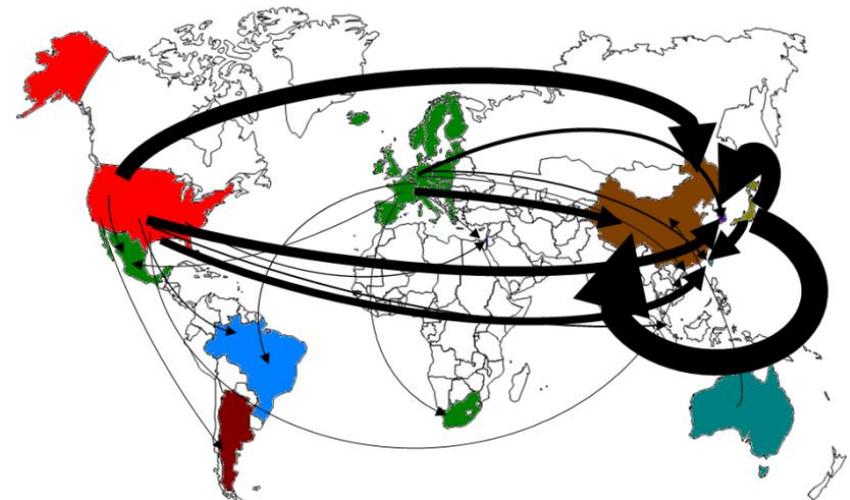
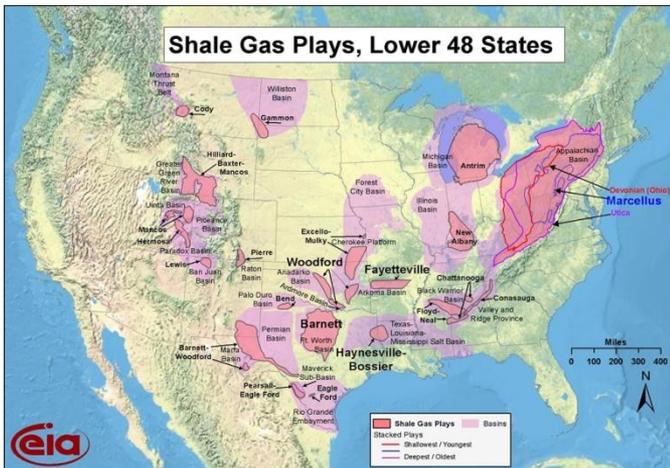
Неоиндустриализация может снизить энергоемкость роста в Китае и сбалансировать мировое энергетическое развитие

Пространственная структура неоиндустриализма



Ресурсная глобализация (2000-е)

Новые тренды кризиса 2008-2012

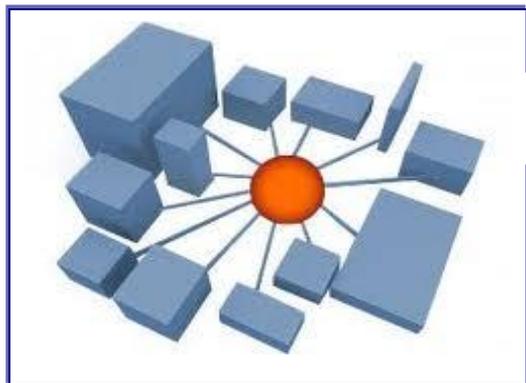


Региональное самообеспечение на базе ВИЭ и нетрадиционных углеводородов

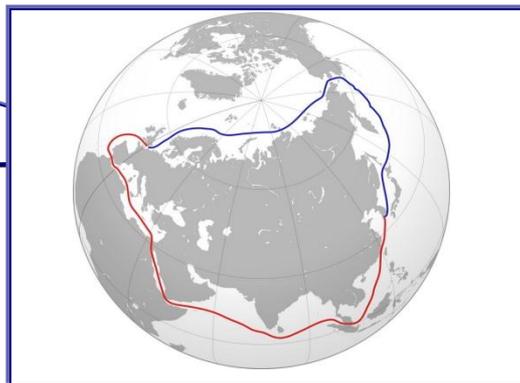
Технологическая глобализация (на примере солнечной энергетики)

Энергетика как система систем: значение

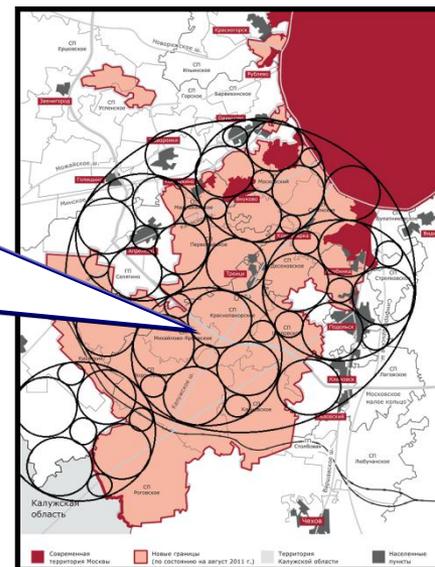
- как инфраструктура



**Информационная
сеть**



**Энергетическая
инфраструктура Евразии**



Кластер

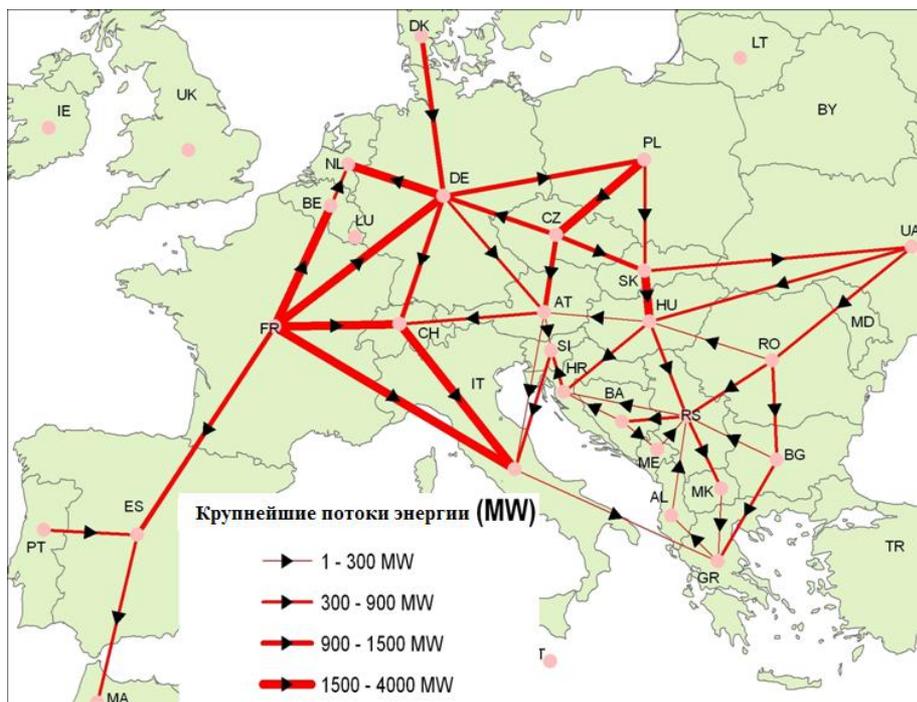
- как организующее начало



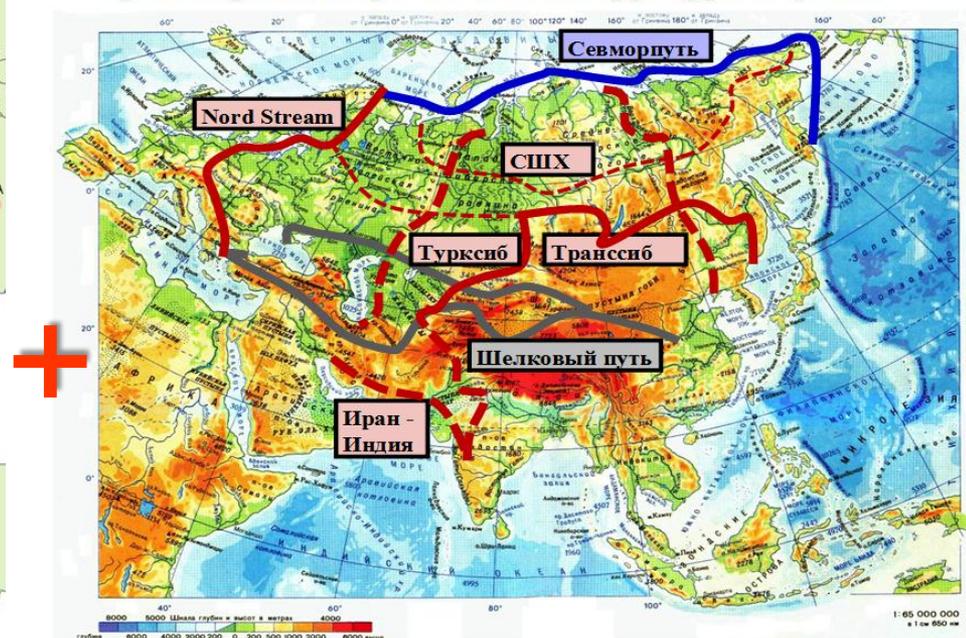
Черты энергетики как системы систем

Свойства	«Система»	«Система систем»
1. Сфера деятельности	Единственная	<i>Множество</i>
2. Структура	Древовидная	<i>Ячеисто-сетевая</i>
3. Индикаторы	Интегральный	<i>Многофакторный</i>
4. Управление	Иерархическое	<i>Мультиагентное</i>
5. Интерфейс	Общесистемный	<i>Сетевой</i>
6. Целеполагание	Программное	<i>Адаптивное</i>
7. Системы управления	Цифровые	<i>Нейронные</i>
8. Тип энергетики	Силовая	<i>Умная</i>

SoS – интеграция межгосударственных объединений



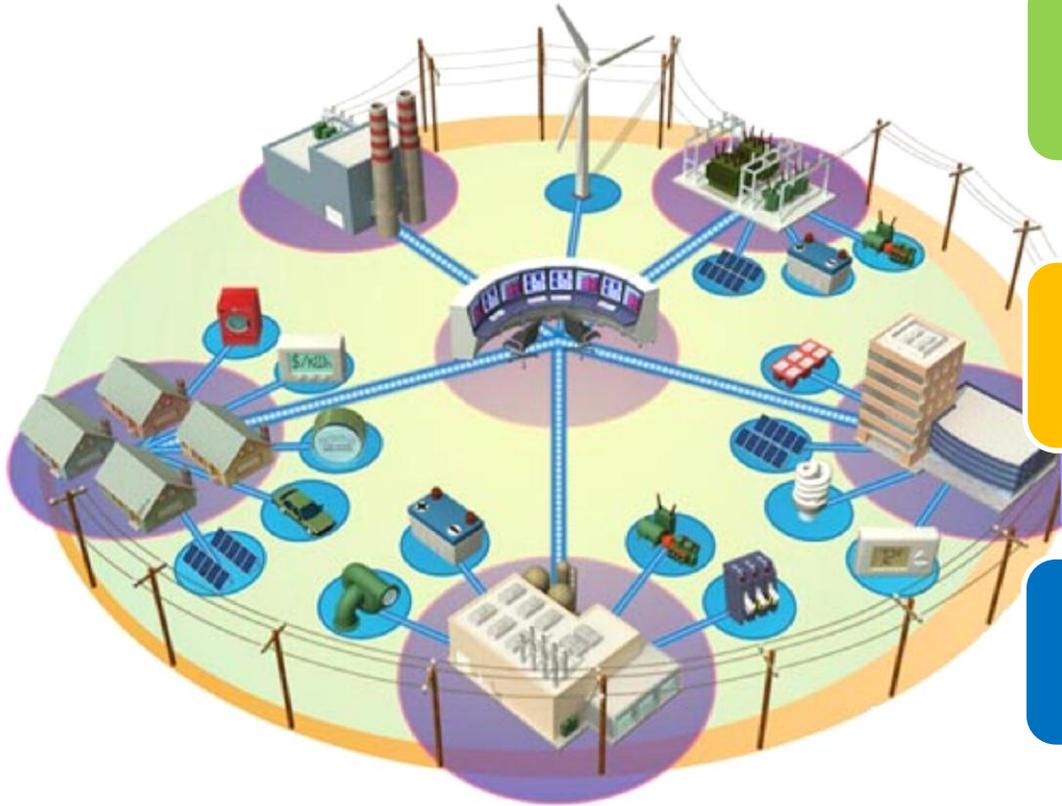
Транспортно-энергетическая структура Евразии



Инфраструктура - исходное условие для выбора и размещения основных производительных сил

Межгосударственная интеграция обеспечивает устойчивое развитие отраслей, экономики и общественного производства в целом

Энергетические кластеры как основа инфраструктуры



Принцип «системы систем»

Единые цели функционирования

Мультиагентное управление



Оптимизация связей в структуре кластер – регион



Пространство энергетического развития



Ресурсная регионализация

Технологическая
глобализация



Инфраструктурные связи

Геостратегические решения

Электрический мир как основа энергетики будущего

1. Самый квалифицированный вид энергопотребления



2. Электротранспорт – инфраструктура будущего



3. Производство электроэнергии на месте потребления



4. Технологии беспроводной передачи электроэнергии

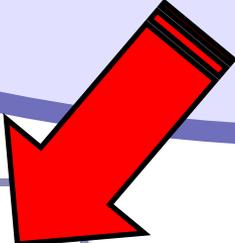


5. Технологии хранения электроэнергии

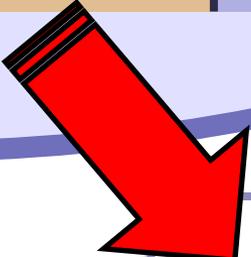


Сущность новой энергетической цивилизации

Производство	Общество	Человек
Неоиндустриализм	Энергосциентизм	Энергогуманизм
Технологическая глобализация	Энерго-информационные системы	Нац. богатство как потенциал развития
Инфраструктура как основа развития	Электрический мир	Сетевое государство и сообщество



Энергетика как система систем: мультиагентное сетевое управление



Закат геополитики и переход к энергокосмизму



**Будущее – это голограмма прошлого
в лучах нового энергетического
мировоззрения**

guies@guies.ru
www.energystrategy.ru