

**VII Мелентьевские чтения «Прогнозирование развития мировой и
русской 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

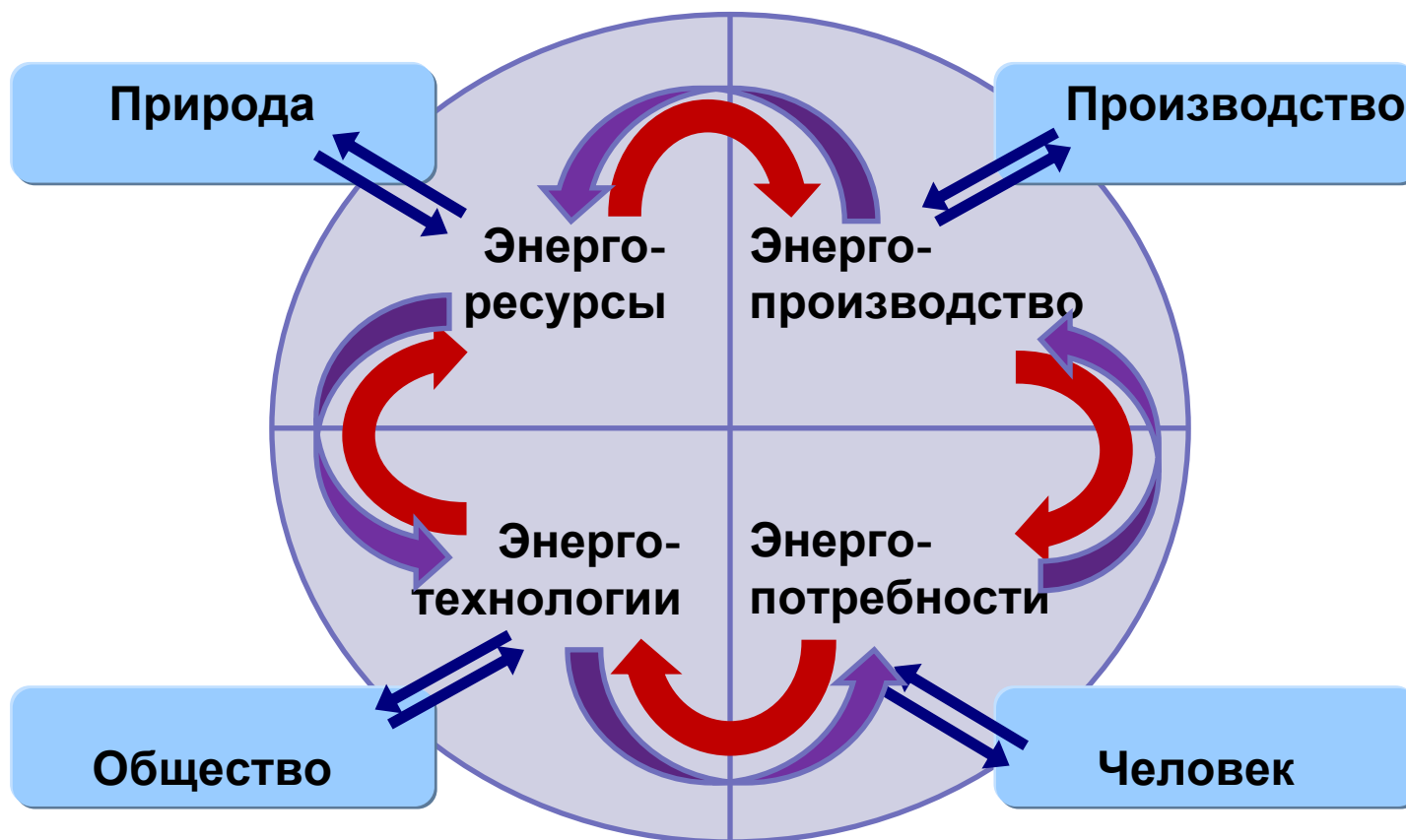
Главный аналитик Институт энергетической стратегии

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

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

2. Холизм

**5. Энергетика как
инфраструктура**

3. Фрактальность

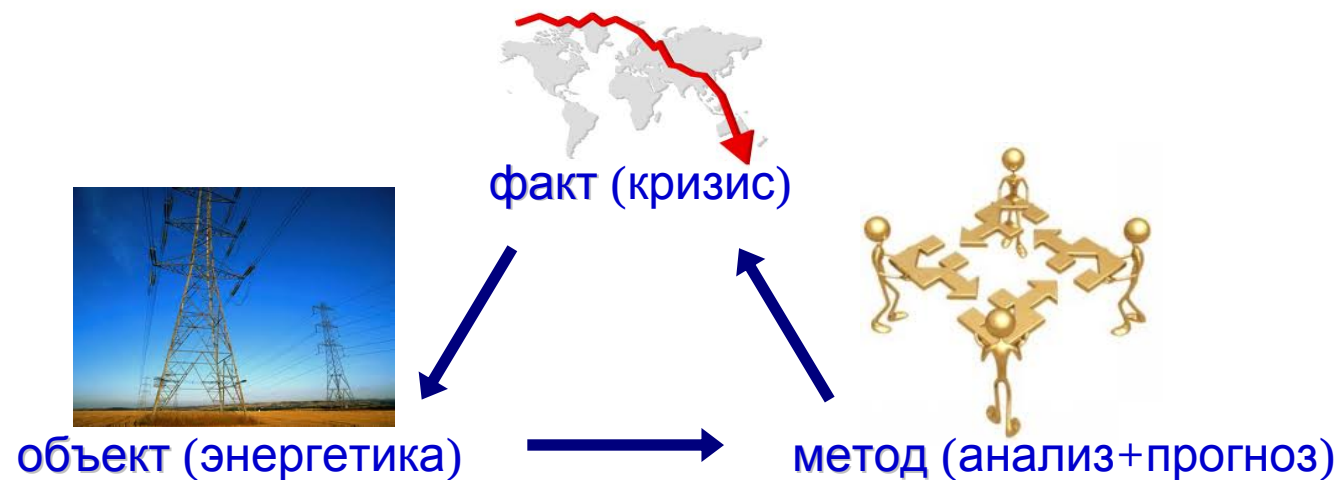
6. Энергокосмизм

Энергетизм как подход к прогнозированию



Новая методология - холизм

Индукция = от частного к общему



Дедукция = от общего к частному

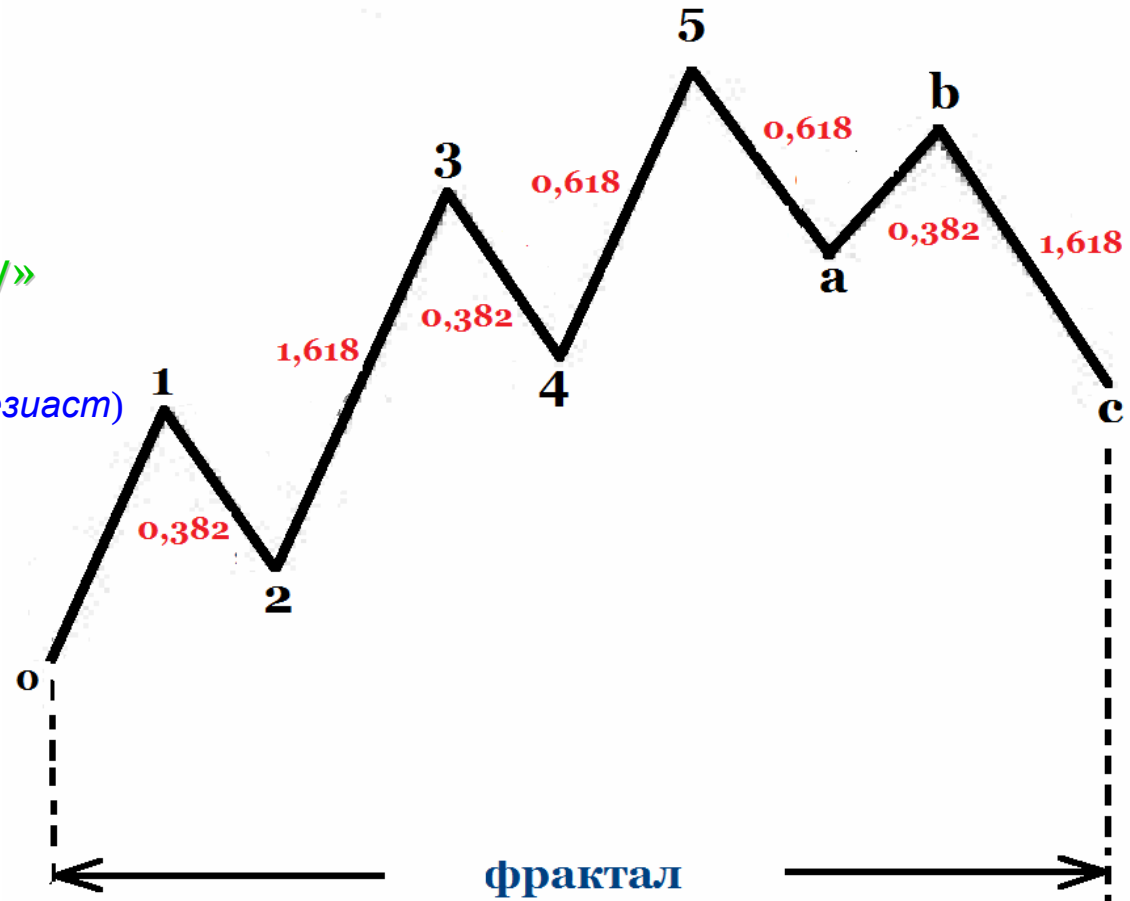


Энергетическая фрактальность

Мир трудно
прогнозируем, но
вполне закономерен...

«Что наверху, то и внизу»
(Трисмегист)

«Что было, то и будет» (Эклезиаст)



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

Энерго-эколого-экономическая система





Энергетика как система систем: принципы

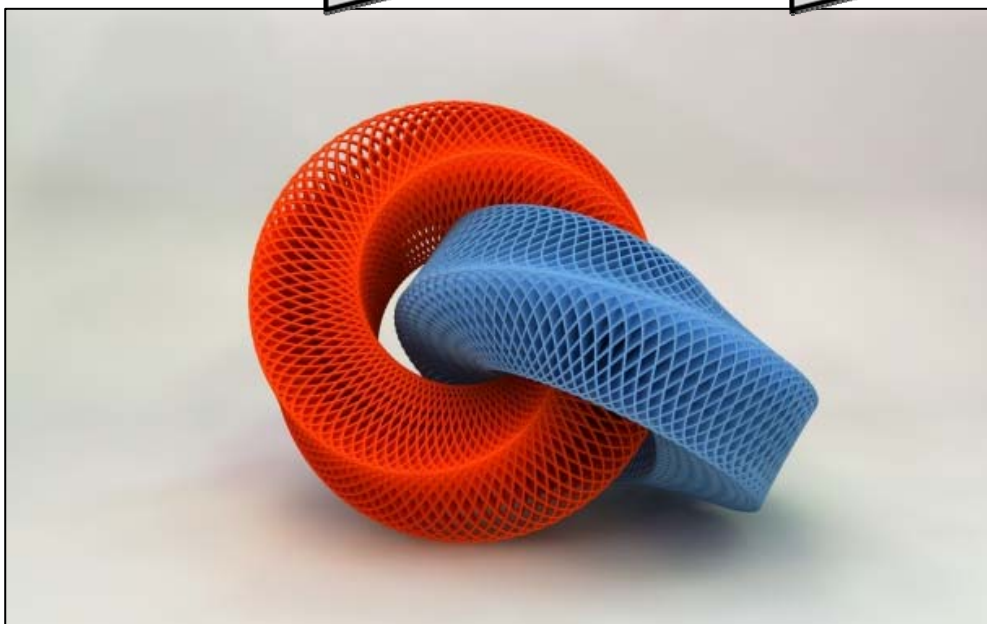
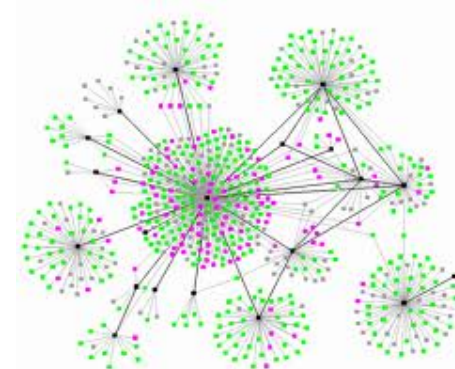


**Единство
производства и
потребления
энергии**

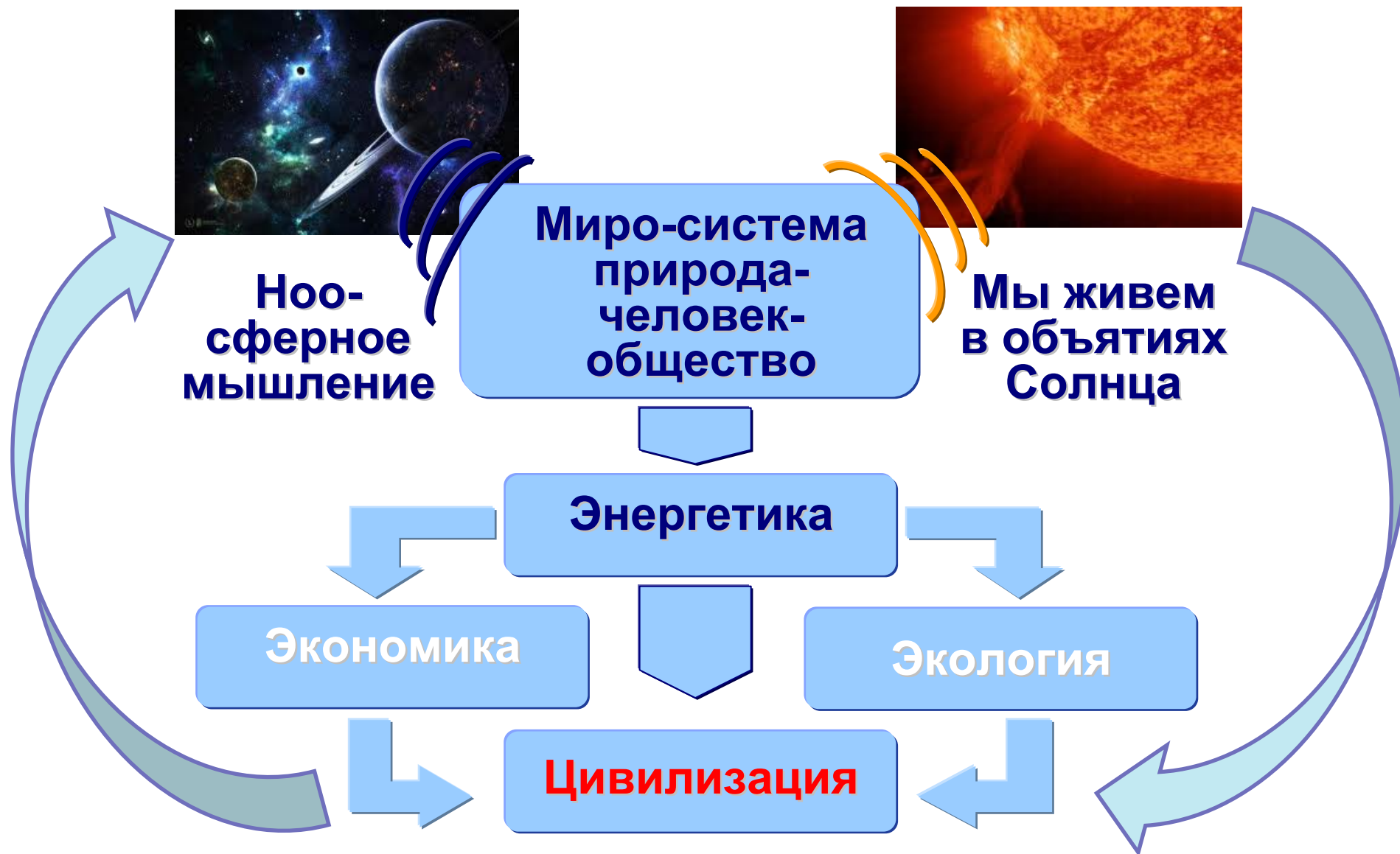
**Единство
топологии
финансовых и
силовых потоков**

**Единая энерго-
информационная
система**

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



От земной энергетики к энергокосмизму

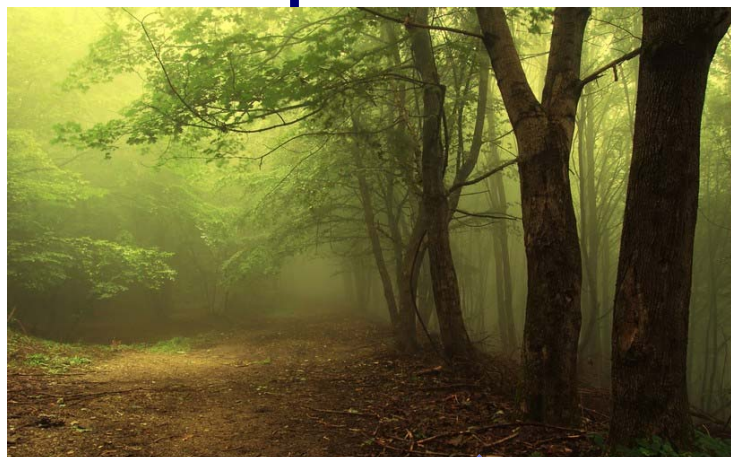


Методы исследования энергетики будущего



*От строго формализованных методов к качественным –
где золотая середина?*

Проблемы математического моделирования



National Economics' integrated energy modelling systems

National macroeconomic environment and industry structure

State economic environment

Industry output, capital stocks, major projects, household numbers, population growth

Energy Forecasting Model (EFM)

Energy demand by fuel type, sector and state

Energy Technology Model (ETM)

Energy demand by end-use, fuel, sector and state

End-use efficiency

Energy production investment and prices

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 neglect институциональных факторов

Проблемы форсайтных исследований



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



**Высокая субъективности
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

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

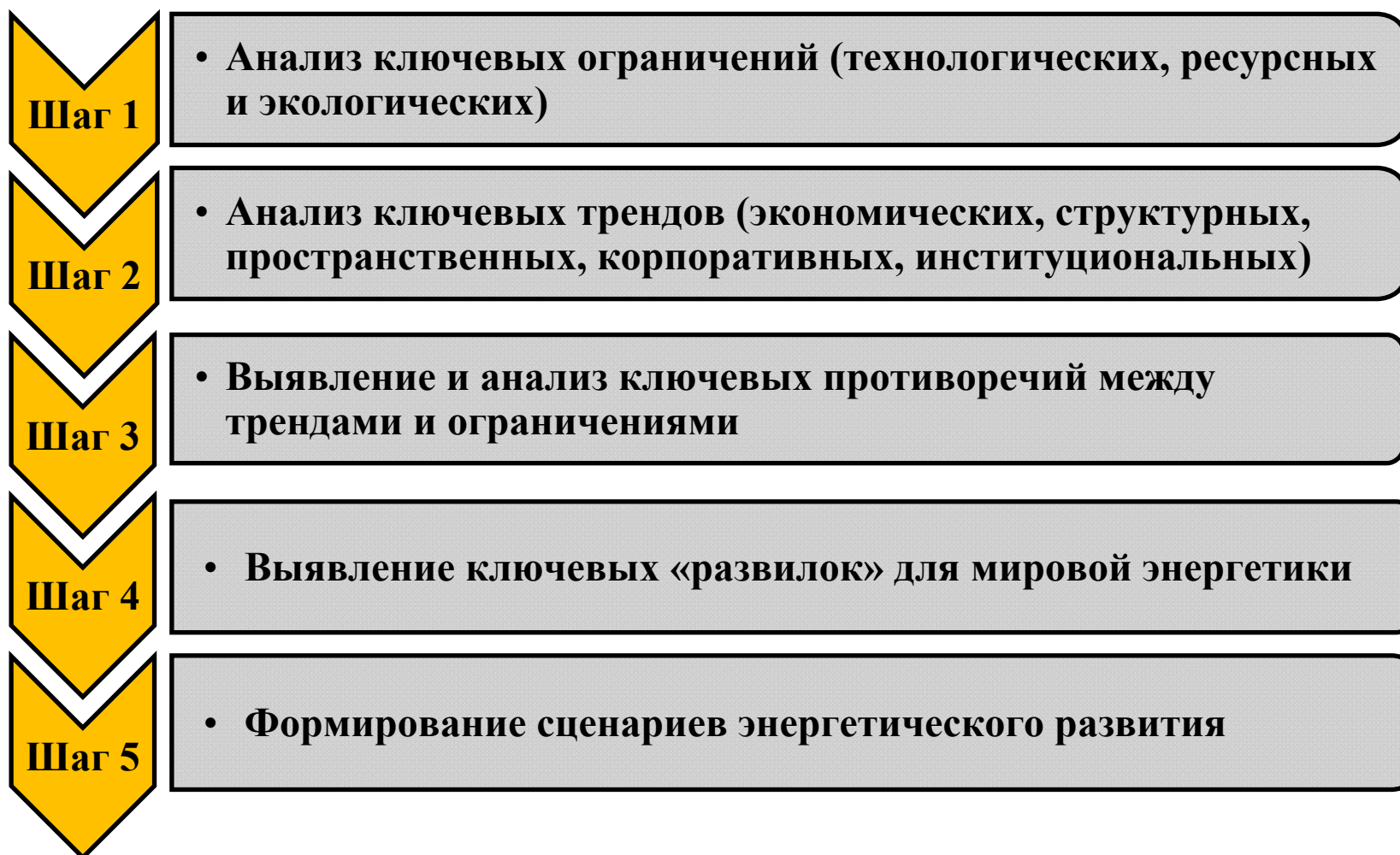
Примеры трендов макроуровня:

- ☐ 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
 - ☐ Неопиנדустриализм

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 «замыкающей 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*

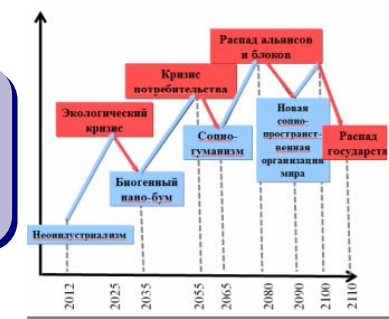


Долгосрочная эволюция энергетики



Новая энергетическая цивилизация: энергетика как система систем

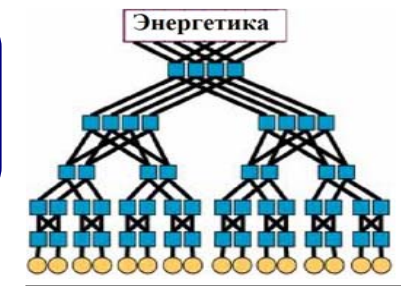
1. Неоиндустриализм



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

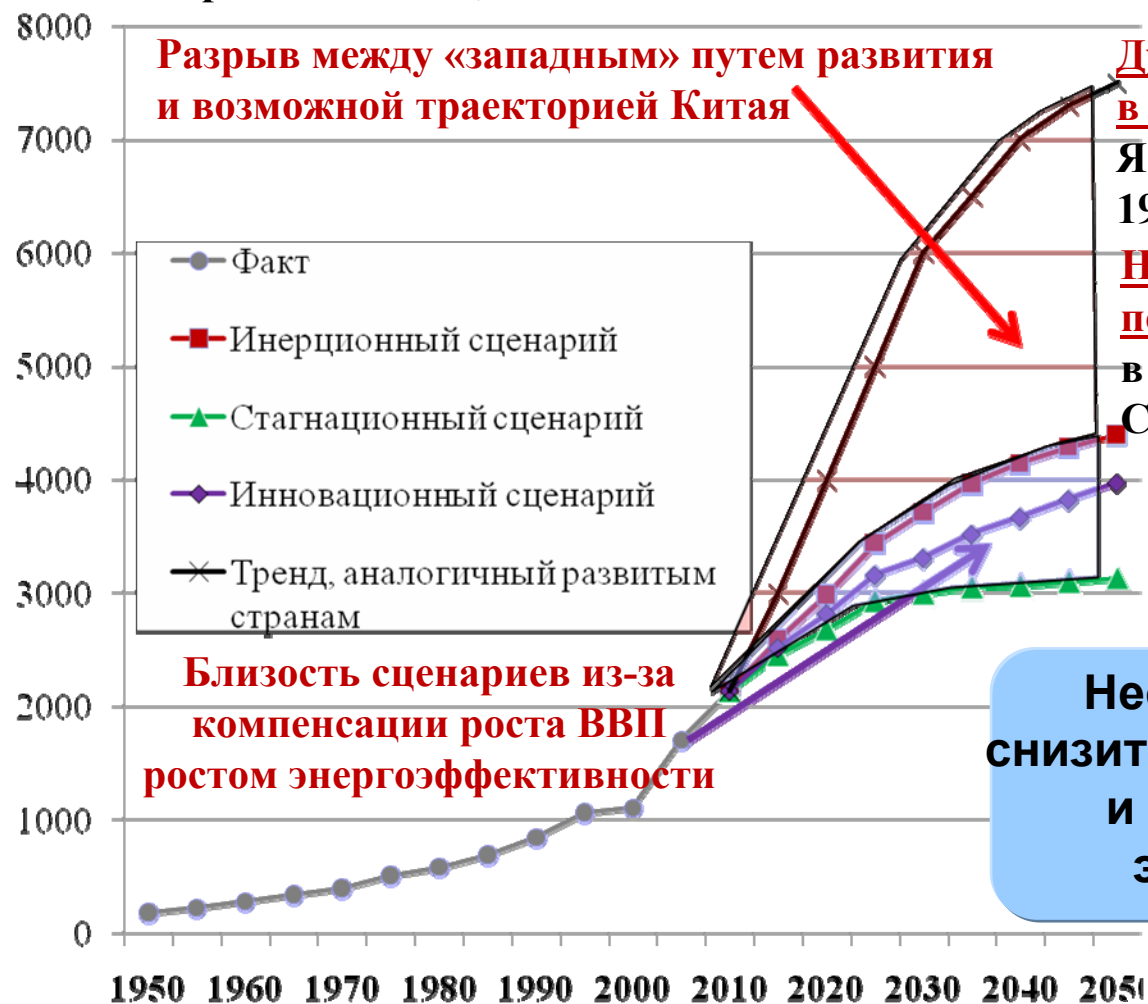
- 1. США** стремятся к переходу к 2030 г. к региональному самообеспечению на основе нетрадиционных видов углеводородов и низким ценам как стимулу промышленного роста
- 2. ЕС** стремится к созданию энергетического пространства Европы и повышению самообеспечения. Ставка на энергоэффективность, ВИЭ, торговли 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

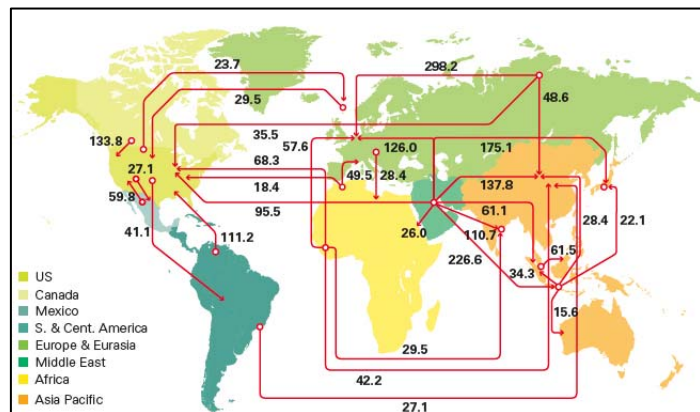


Потребление ПЭР, млн т н.э.



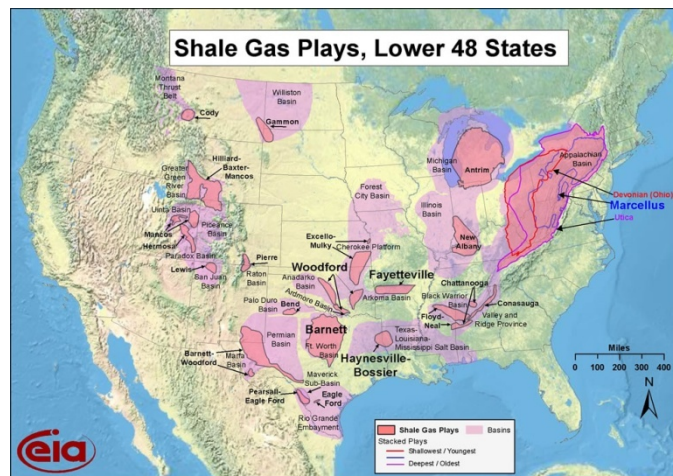
Источник: WEO 2010, China's Energy and Carbon Emissions Outlook to 2050, оценки ИЭС

Пространственная структура неоиндустриализма

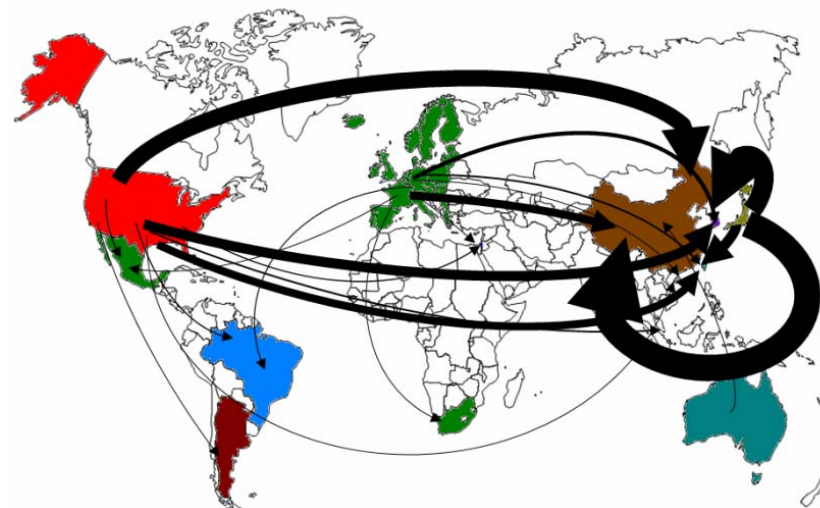


Ресурсная глобализация (2000-е)

Новые тренды кризиса 2008-2012



Source: Energy Information Administration based on data from various published studies. Updated: March 10, 2010



Региональное самообеспечение на базе ВИЭ и нетрадиционных углеводородов

Технологическая глобализация (на примере солнечной энергетики)

Энергетика как система систем: значение

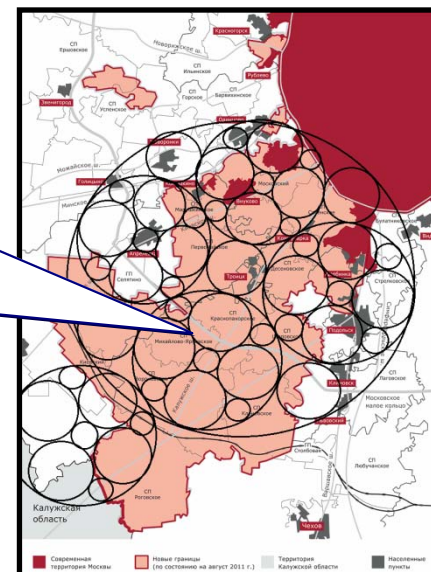
- как инфраструктура



**Информационная
сеть**



**Энергетическая
инфраструктура Евразии**



Кластер

- как организующее начало

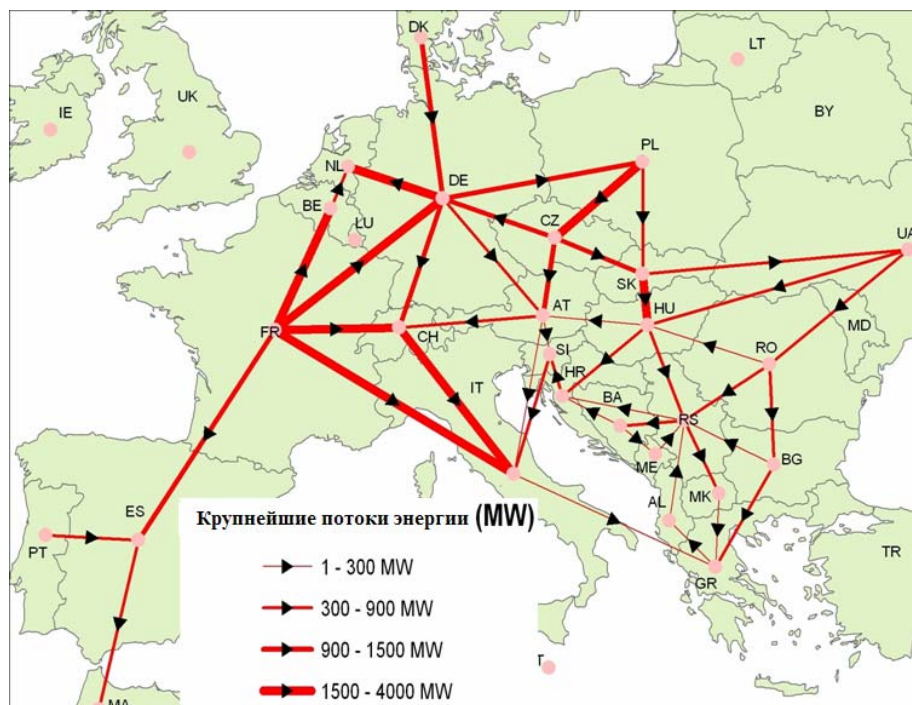




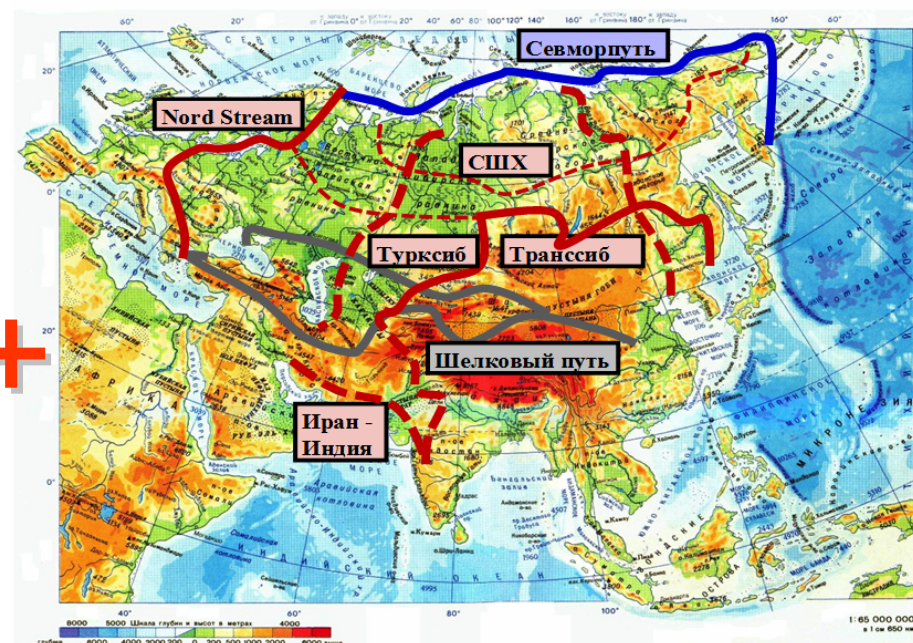
Черты энергетики как системы систем

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

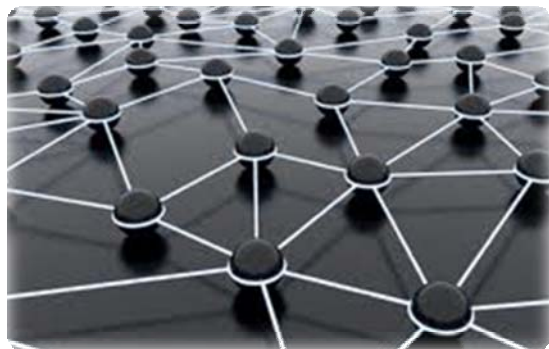
Энергетические кластеры как основа инфраструктуры



Принцип «системы систем»

Единые цели функционирования

Мультиагентное управление





Оптимизация связей в структуре кластер – регион



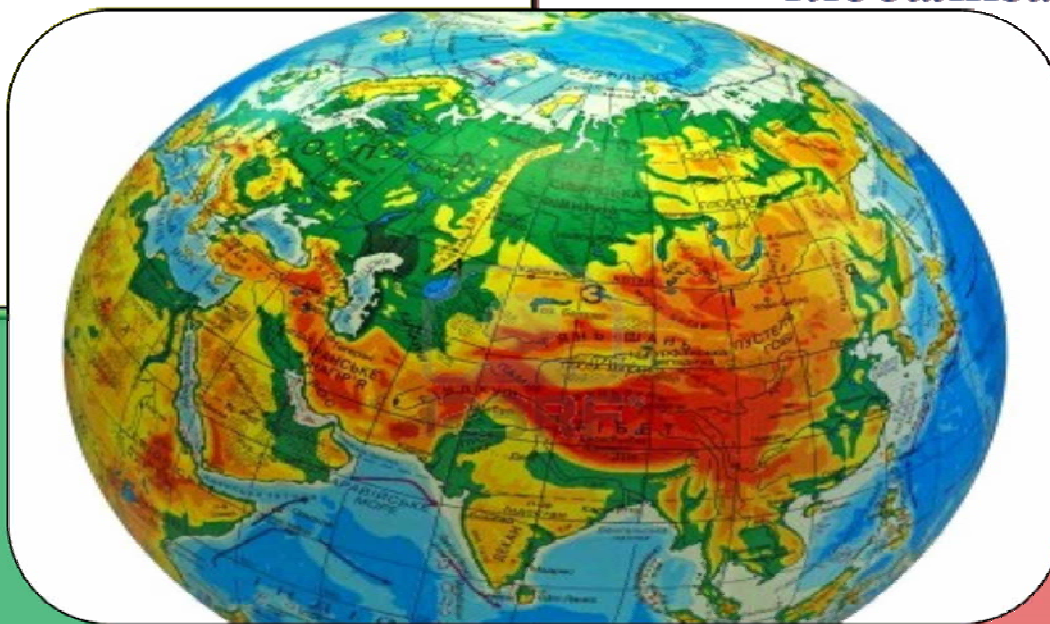


Пространство энергетического развития



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



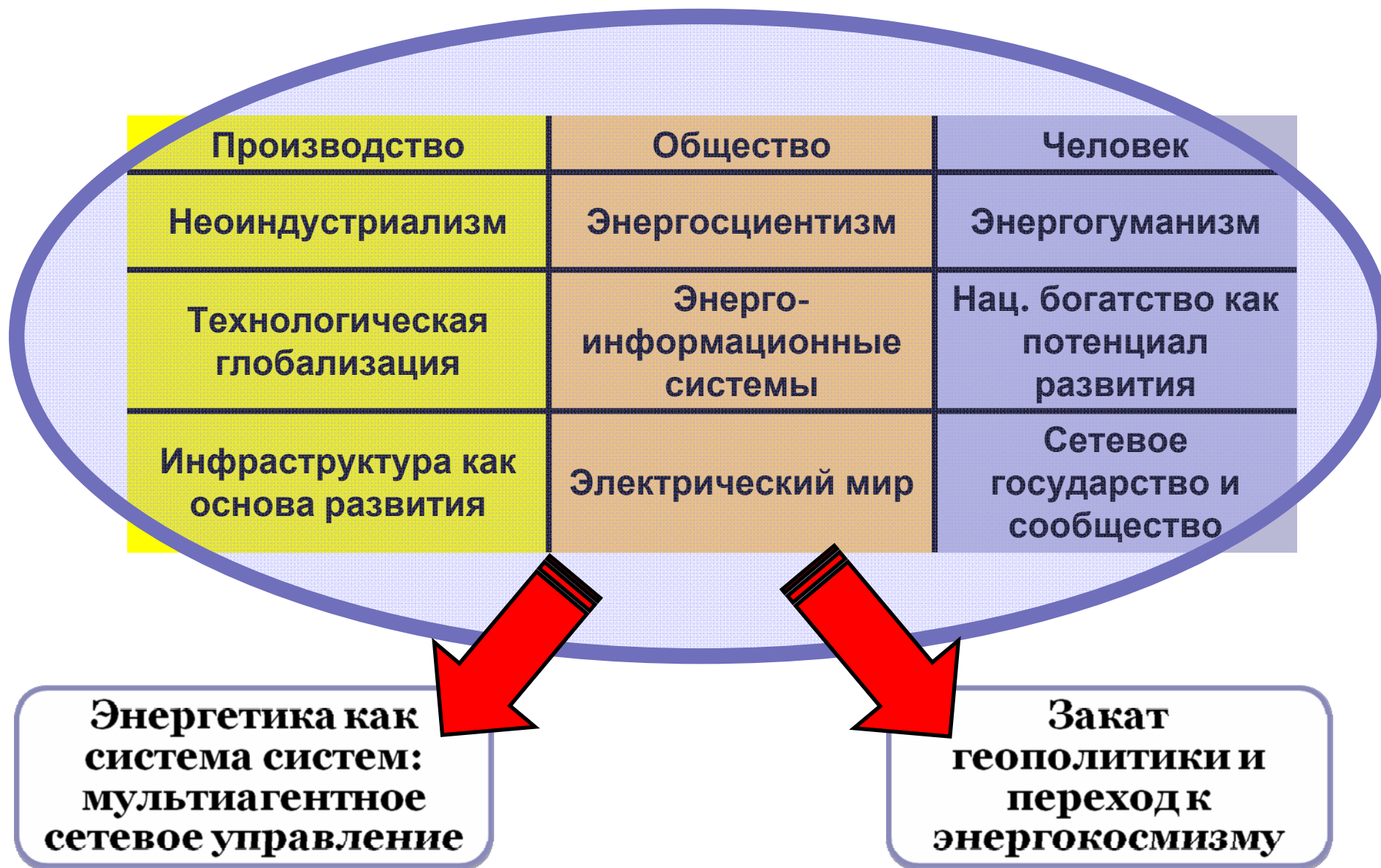
4. Технологии беспроводной передачи электроэнергии



5. Технологии хранения электроэнергии



Сущность новой энергетической цивилизации





Будущее – это голограмма прошлого в лучах нового энергетического мировоззрения

guies@guies.ru
www.energystrategy.ru