



Институт энергетической стратегии

Энергетика как система СИСТЕМ

Семинар А.С. Некрасова
29.01.2013 г.

Кризис 2010-х годов: общая картина

Проявления



Природные



Геополитические



Социально-экономические

Последствия



Экологический кризис



Многополярный мир



Неоиндустриализм

Энергетика



Гармонизация энергетики и природы



Сетевая инфраструктура



Эволюция технологий

Глобальные энергетические вызовы и тренды

1. Неоиндустриальное развитие

2. Количественный и качественный рост электроэнергетики

- Растущий спрос
- Электроснабжение ресурсных переделов
- Электромобилизация
- Электроотопление и бытовой сервис
- Переход от силовой к «умной» энергетике

3. Глобализация и регионализация (централизация и децентрализация энергетики)

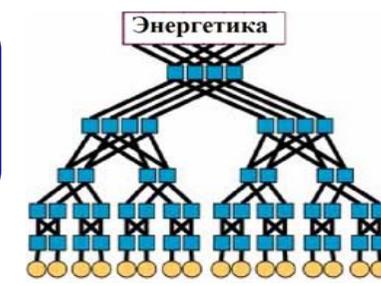
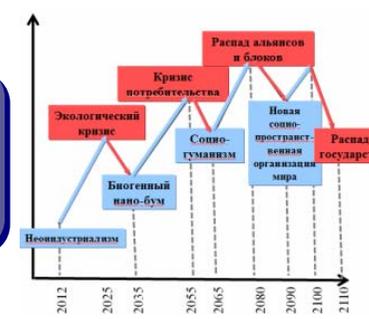


Новая энергетическая цивилизация: энергетика как система систем

1. Неоиндустриализм

2. Энергоинформационные системы

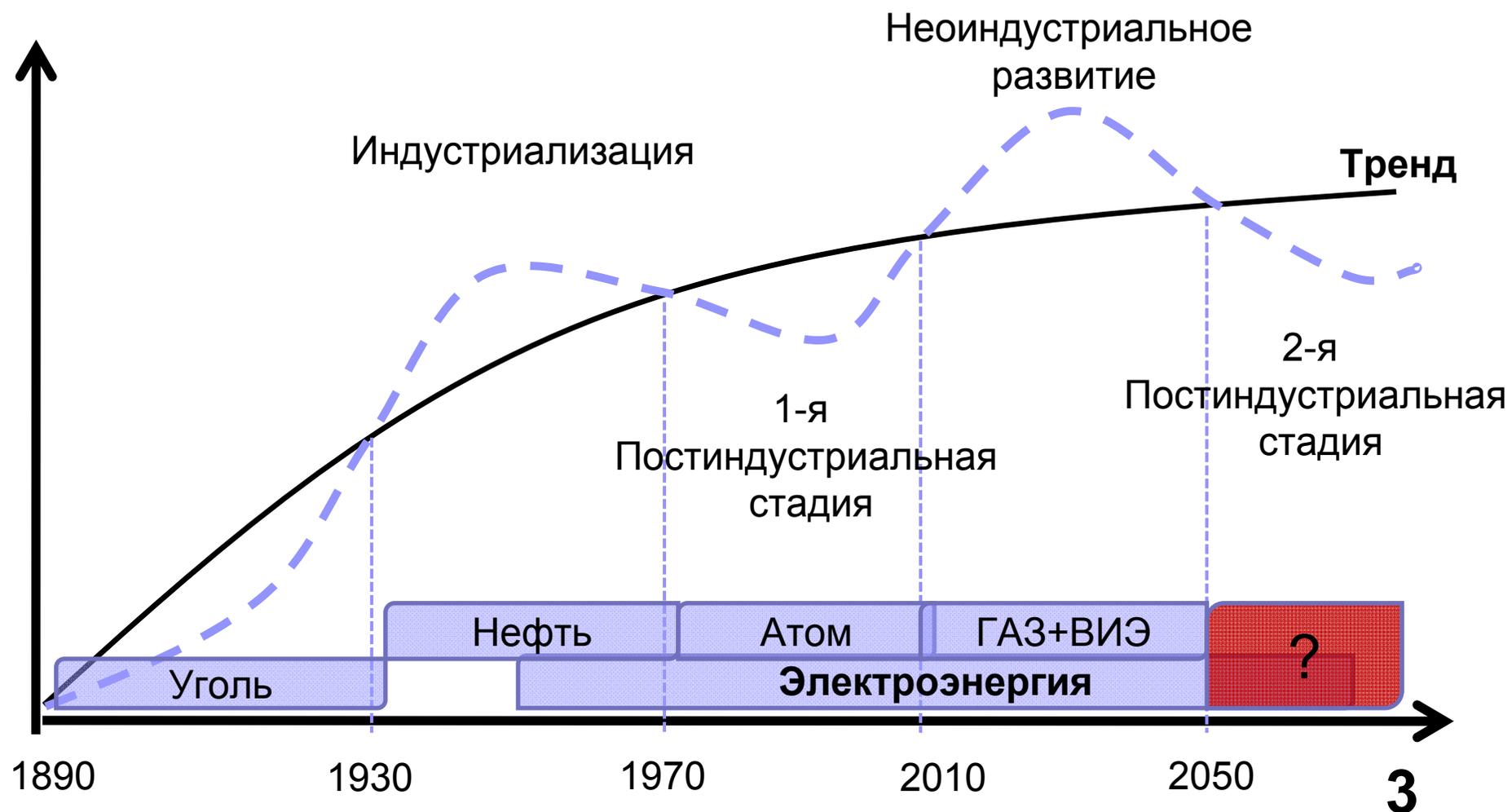
3. Путь к электрическому миру



Динамика мирового развития



В России: рост потребления электроэнергии (+30% к 2030 г.) и повышение качественных требований к энергоснабжению



Роль энергетики в мировом развитии

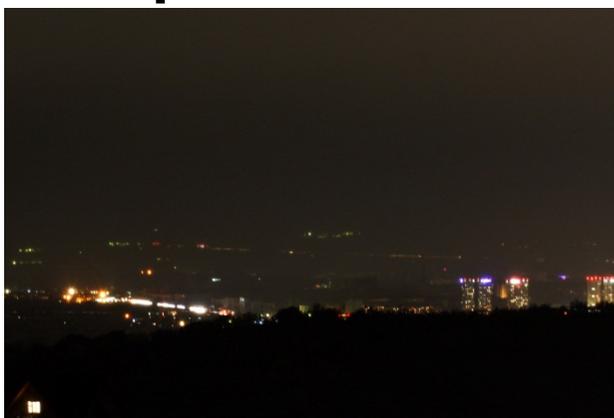


Производство

Бизнес

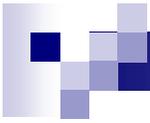


Энергобезопасность



Инфраструктура





Энергетика как система систем

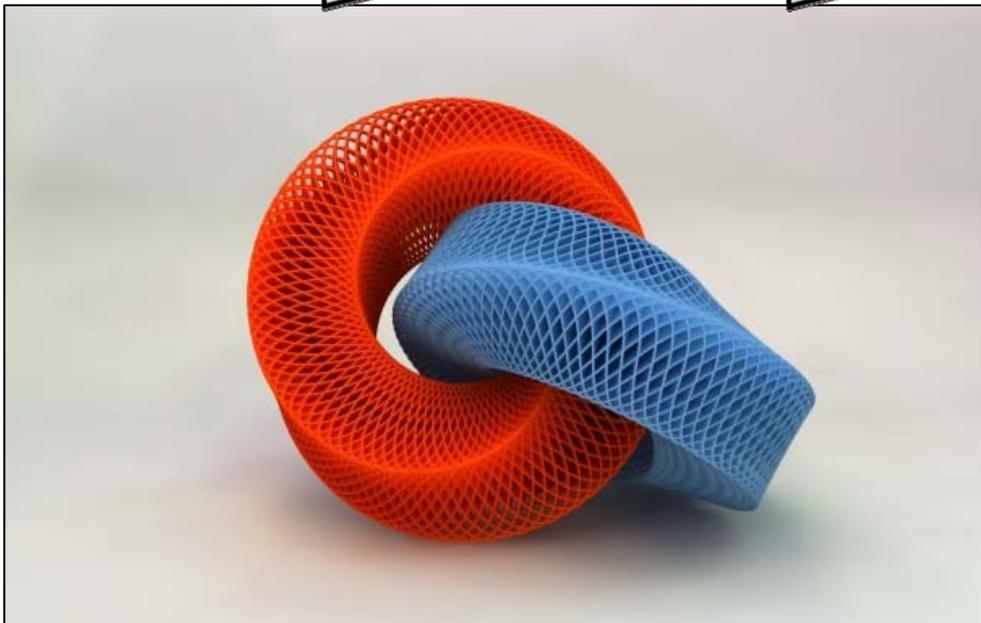
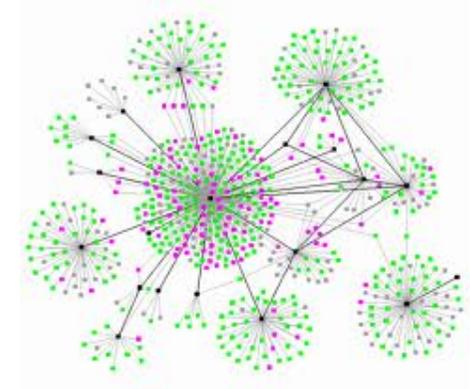


**Единство
производства и
потребления
энергии**

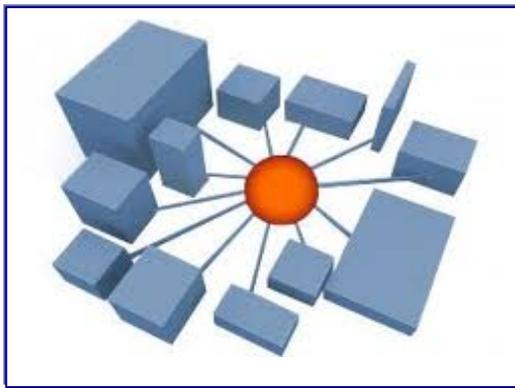
**Единство
топологии
финансовых и
силовых потоков**

**Единая энерго-
информационная
система**

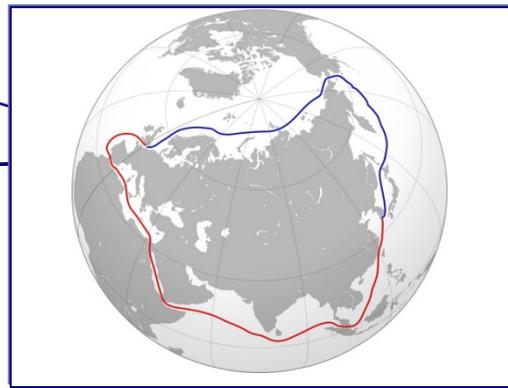
**Мультиагентное
управление и обмен
«каждый с каждым»**



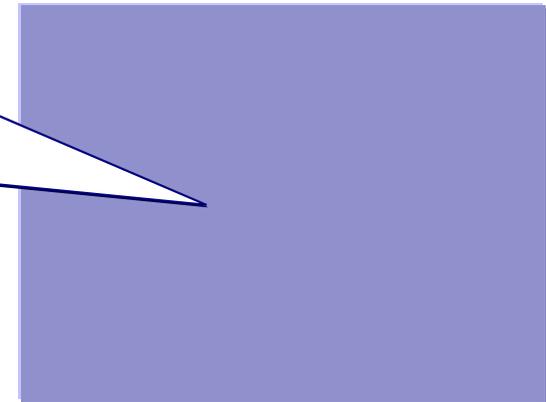
Энергетика как инфраструктурное ядро социума



**Информационная
сеть**



**Энергетическая
инфраструктура**



**Социально-
экономическое
пространство**



Энергетическая инфраструктура как основа развития



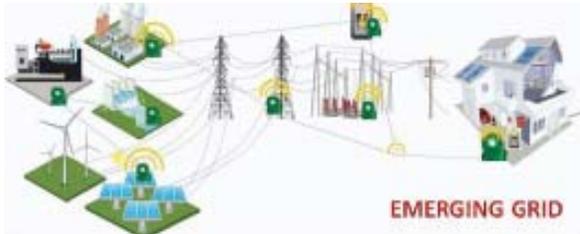
**На международном уровне –
энерготранспортные
коридоры как основа
производственных систем и
институциональных
пространств**



**На региональном уровне –
производственные энерго-
водно-транспортно-
промышленные
производственные
комплексы**

Инфраструктурные метасистемы

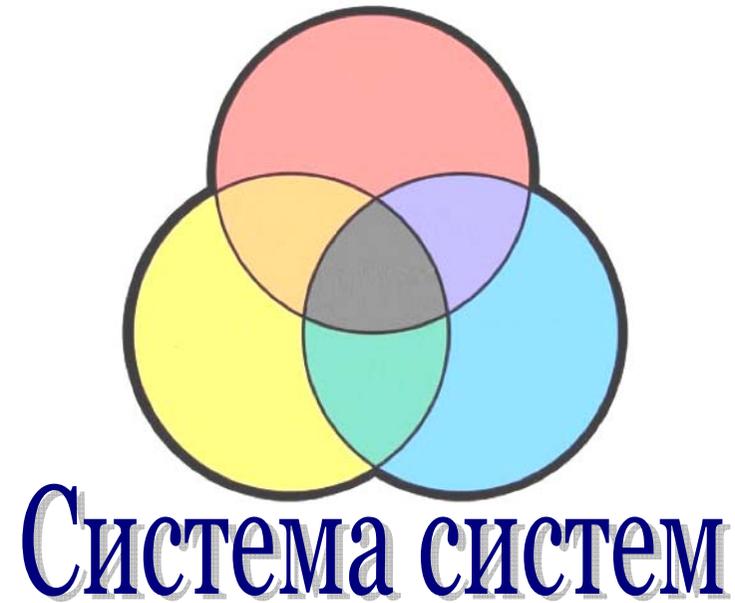
Энергетика



Транспорт и СВЯЗ



ЖКХ



- Более высокий уровень объединения
- Сохранение самостоятельности каждой системы
- Конкуренция за исходные ресурсы
- Взаимное дополнение в выполнении общей задачи

Энергетика как организующее начало



ТЭК как инфраструктурная метасистема

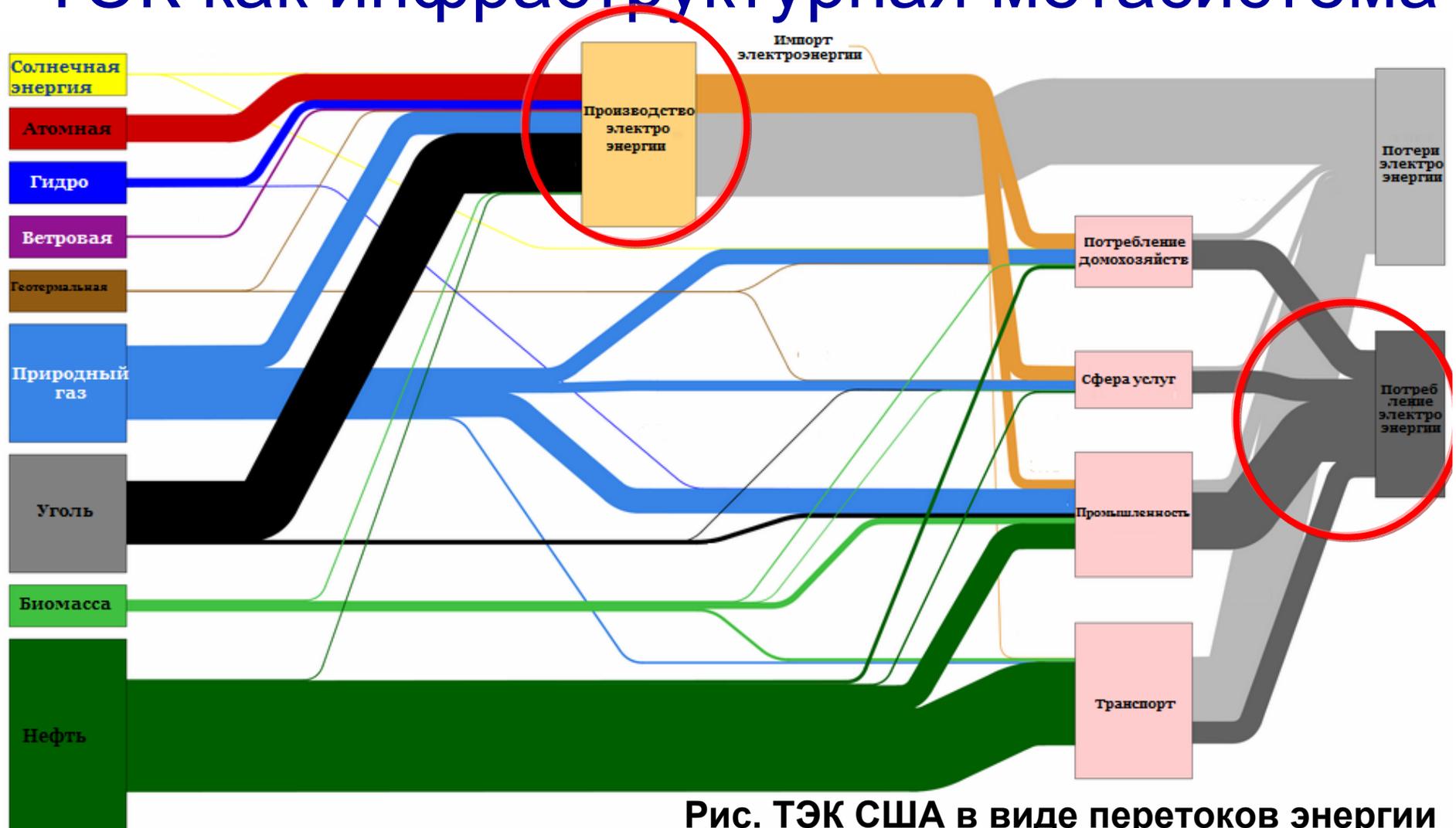
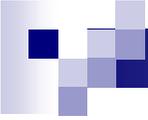


Рис. ТЭК США в виде перетоков энергии

ТЭК агломерации – метасистема, **точкой соприкосновения** компонентов которых является конечный продукт/услуга потребителю



SoS моделирование

SoS - это объединение нескольких систем для решения задач, которые ни одна из объединенных систем не в состоянии выполнить самостоятельно.

<i>Свойства</i>	<i>«Система»</i>	<i>«Система систем»</i>
1. Сфера деятельности	Единственная	Множество
2. Структура	Радикально-иерархическая	Ячеисто-сетевая
3. Индикаторы	Интегральный	Многофакторны й
4. Управление	Иерархическое	Мультиагентное
5. Интерфейс	Общесистемный	Сетевой
6. Целеположение	Программное	Адаптивное

Основные отличия SoS

- *Участие заинтересованных сторон*
- *Независимое управление*
- *Функционирование*
- *Границы и интерфейсы*
- *Производительность и поведение*



От межрегиональных систем к энергетическим кластерам

1. Интеграция электроэнергетики в техносферу



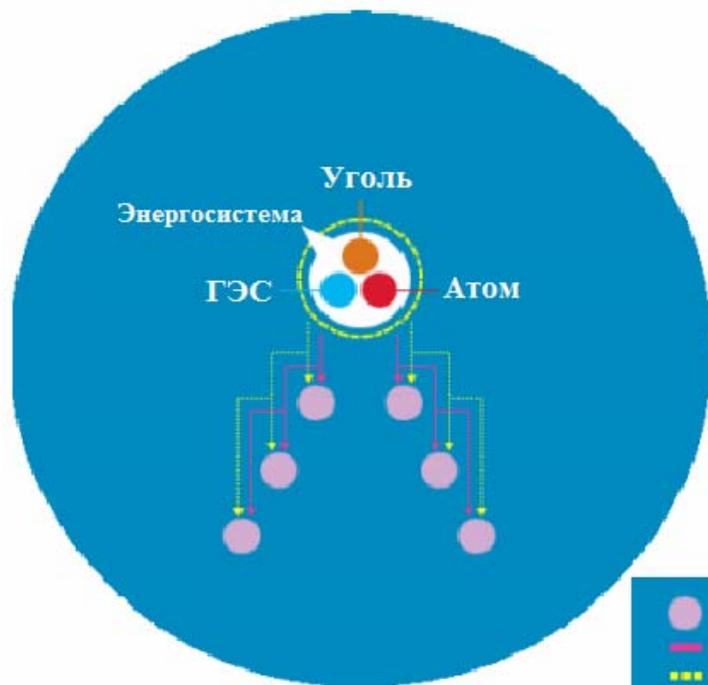
2. Производство энергии потребителями



3. Развитие ВИЭ в рамках технологий «активного здания»



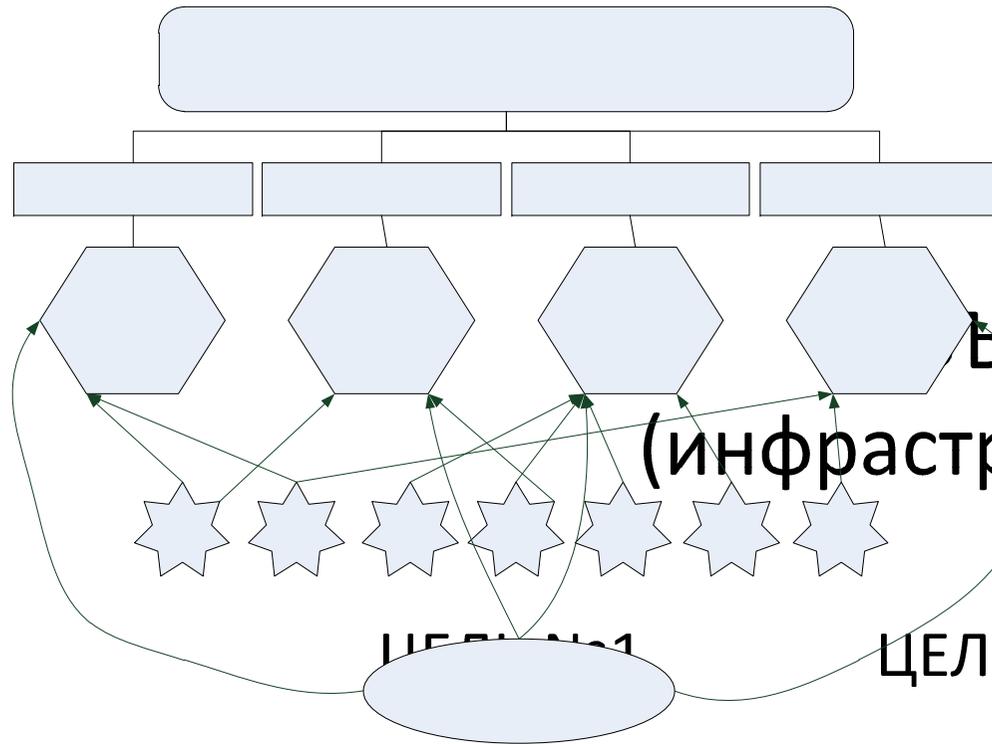
4. Формирование «Виртуальных электростанций»



Проблемы управления SoS



Архитектура SoS



Основной вызов:

поиск сбалансированного решения в условиях связи типа «многие к многим»

ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ
(инфраструктурная метасистема)

- Разные возможности для поставленной цели;
- Одно свойство для достижения нескольких целей;
- Системы с множеством свойств и несколькими целями;
- Системы с одинаковыми возможностями;
- Новые возможности вследствие объединения нескольких систем;
- Управление из множества центров притяжения решений.

СИСТЕМА
СИСТЕМ

СИСТЕМА
СИСТЕМ

СИСТЕМА
СИСТЕМ

СИСТЕМА
СИСТЕМ

1

2

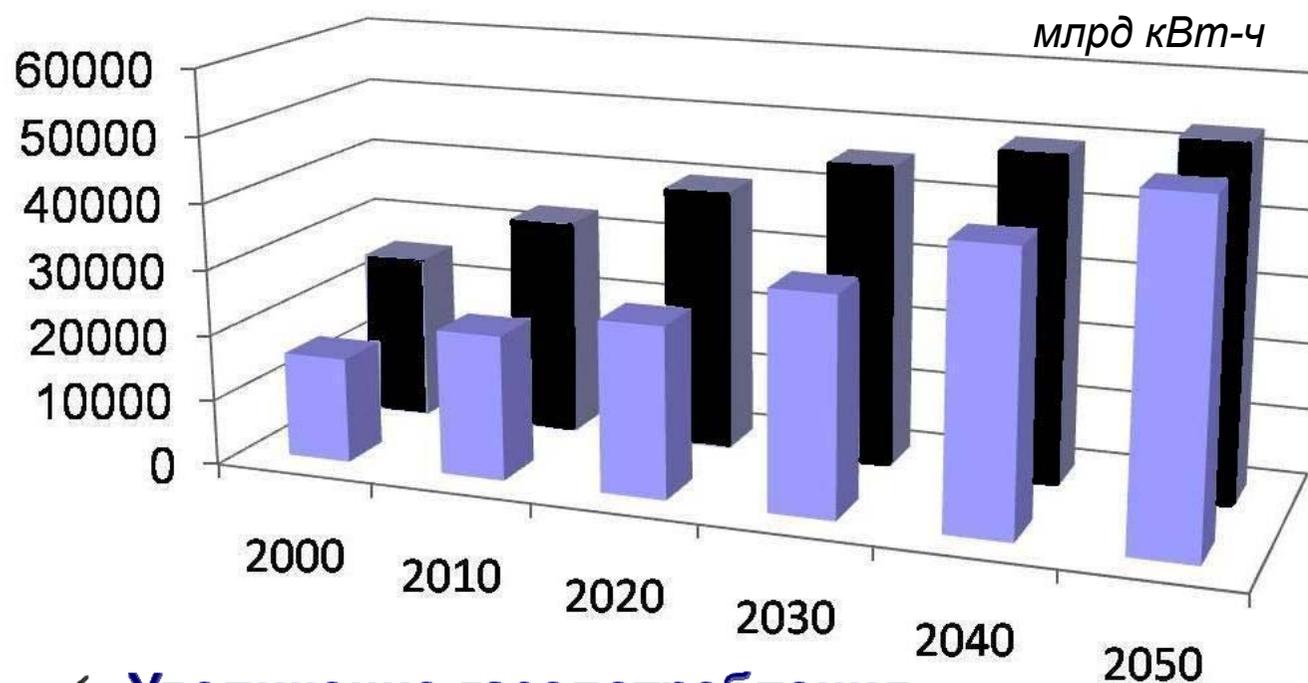
3



Примеры SoS

- 1. Газоэнергетика
- 2. Интеграция энергосистем Евразии

Динамика электропотребления и газопотребления в мире 2000-2050гг.



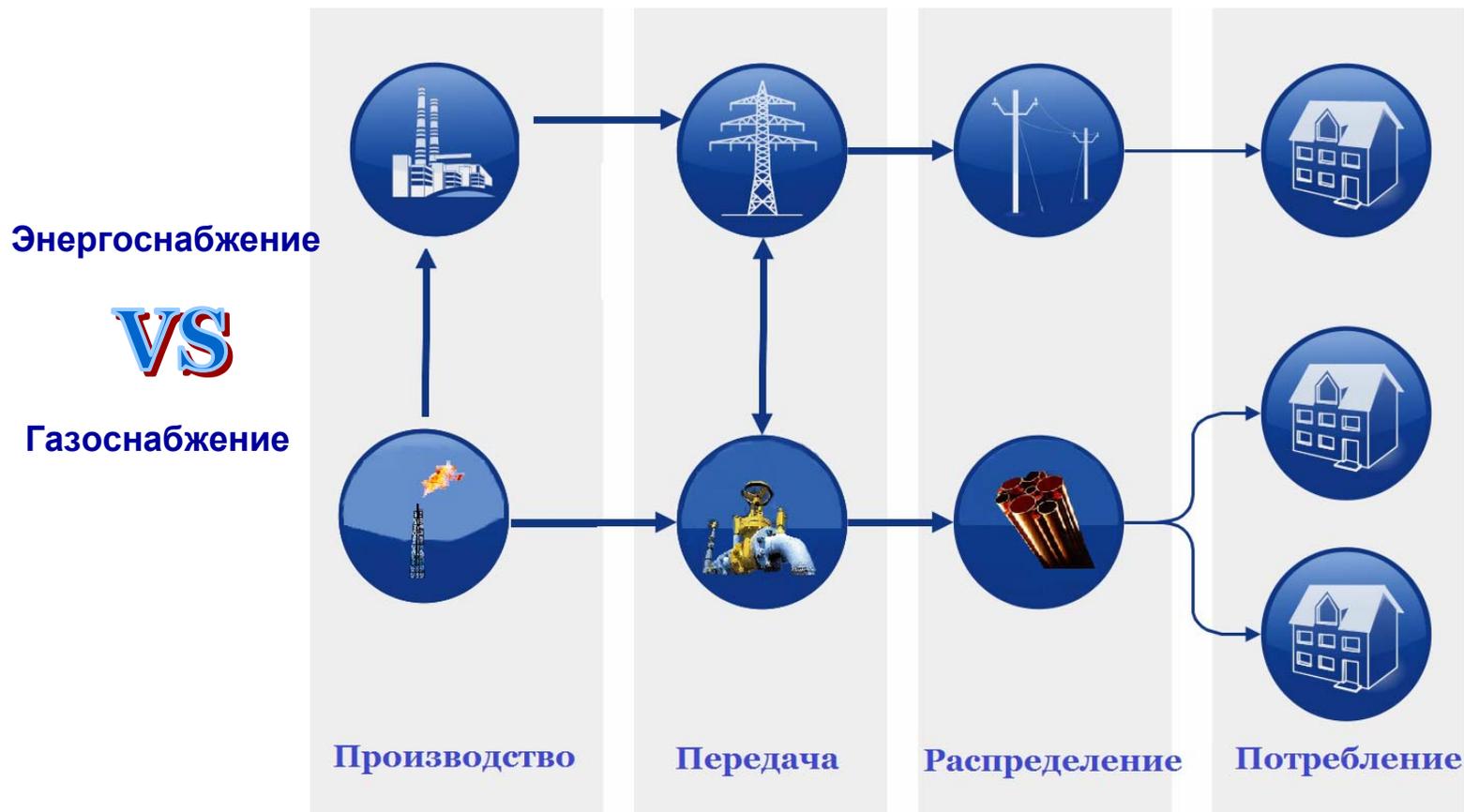
■ ПГ

■ электроэнергия



- ✓ **Увеличение газопотребления**
– в **2,1** раза
- ✓ **Увеличение потребления электроэнергии**
– в **3,2** раза

Конкуренция в метасистеме



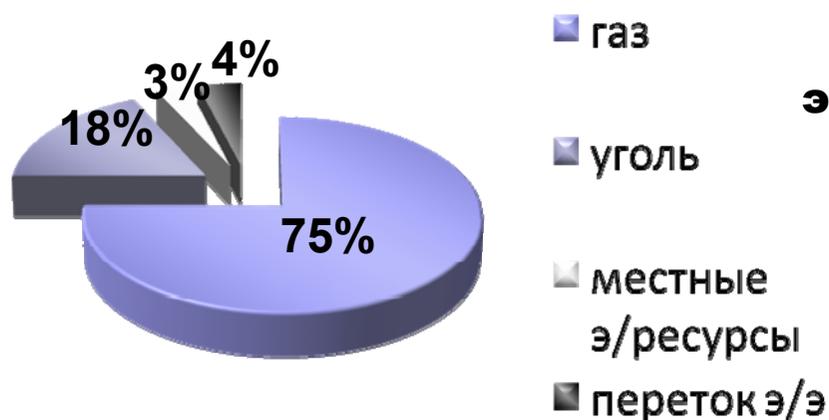
Конкуренция в сфере ЖКХ, газоснабжение и энергоснабжение не только сосуществуют вместе, но и дополняют друг друга, обеспечивая более широкий спектр энергетических услуг

Условия выбора схем газо- и энергопотоков

А. Внешнее энергоснабжение

В. Экспорт

ОЭС Центра



газ



электроэнергия

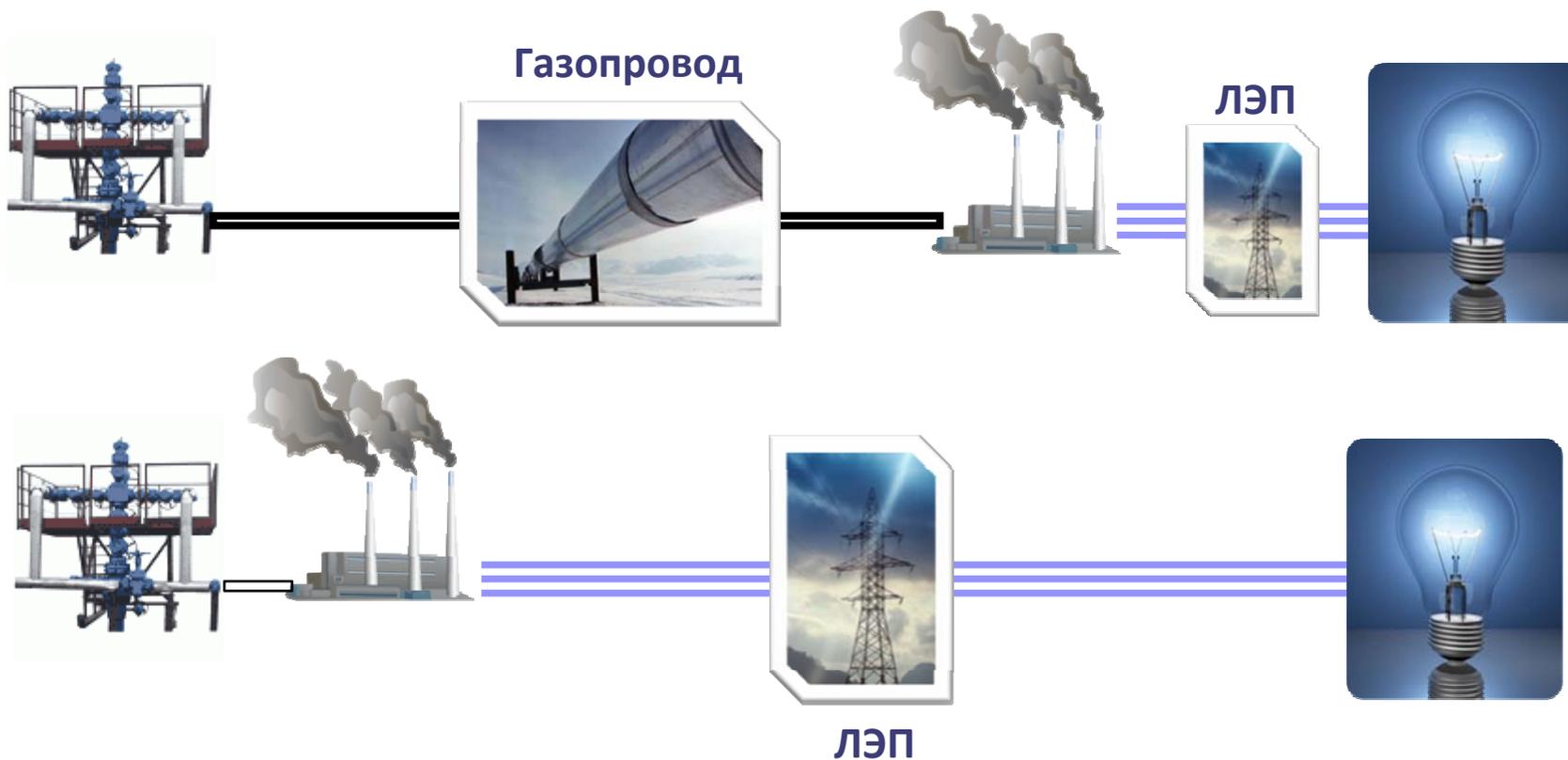


Преодоление транспортной монополии



энергобезопасность

Энергетический самобаланс и перетоки



Интеграция систем ТЭК

Атомная энергетика



Тепловая энергетика



Гидроэнергетика



ВИЭ



Конкуренция на общем рынке

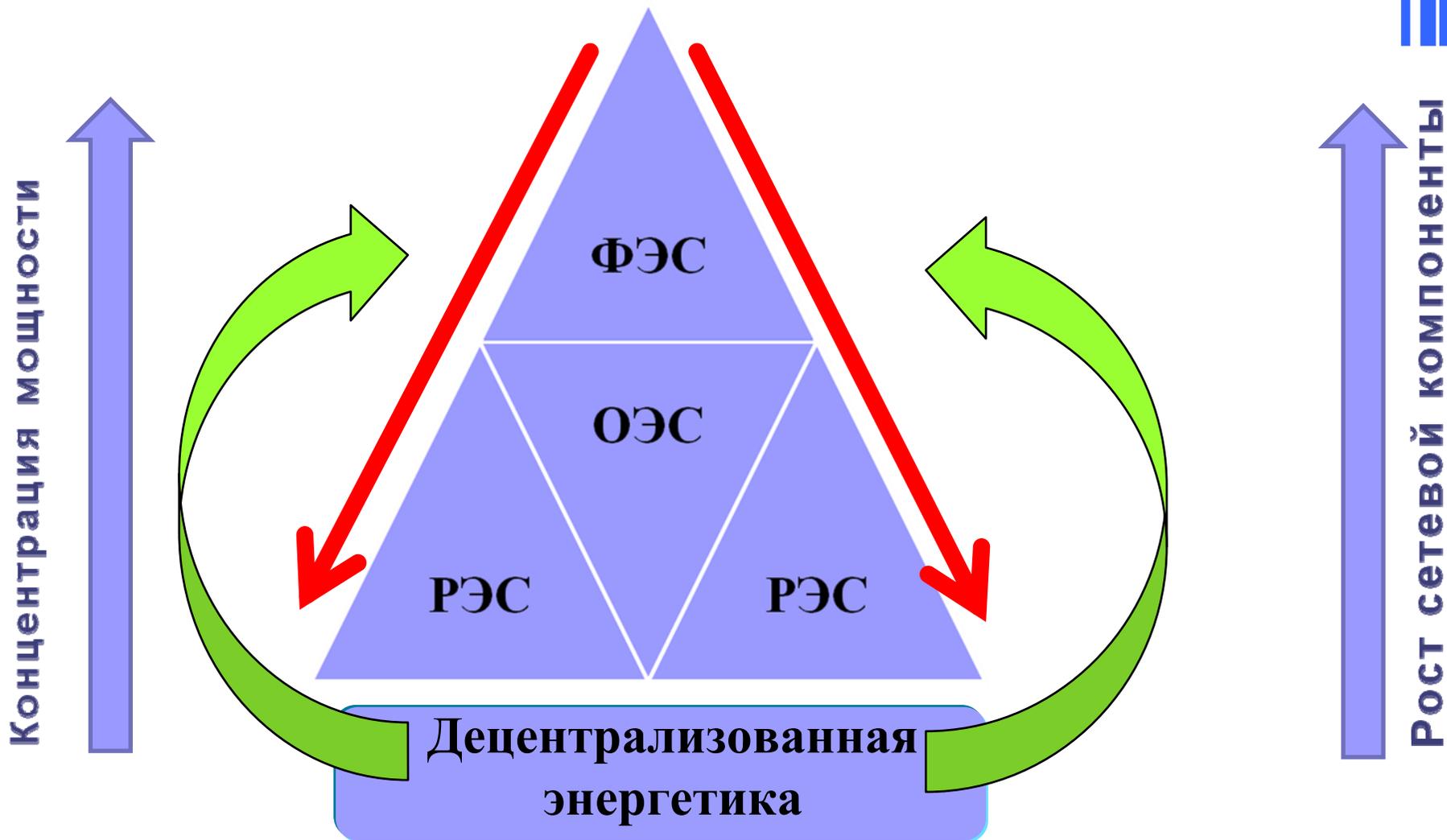


Надежность и эффективность



Живучесть *Единой энергетической системы*

Иерархическая структура ЕЭС России



Необходимо усилить взаимодействие между субъектами развития электроэнергетики и преодоление разобщенности

Цели метасистемы ТЭК

- **Глобальная цель**: поддержание и улучшение стандартов обслуживания в условиях изменения внешних факторов
- **Оперативные цели**:
 - обеспечение энергетического баланса;
 - разработка стратегии развития;
 - надежность и доступность продукта;
 - предоставление выбора потребителю;
 - разработка норм и арбитраж;
 - рациональное использование имеющейся инфраструктуры.



Выбор сочетания энергетических систем в SoS

■ Экономические условия



■ Социальная эффективность:

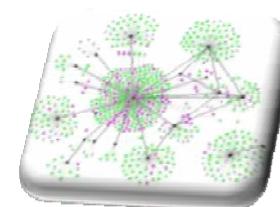
- Удобство
- Надежность
- Комфорт
- Управляемость систем



Управление развитием ЭС



- ✓ Ресурсная глобализация
- ✓ Энергетический самобаланс
- ✓ Технологическая дифференциация источников энергии
- ✓ Интеграция энергоинформационной структуры
- ✓ Ячеистая структура ЕНЭС
- ✓ Нейросетевая мультиагентная инфраструктура



Централизация и децентрализация энергоснабжения



Экономически более выгодна,
но жесткой структурой
невозможно управлять

Централизация



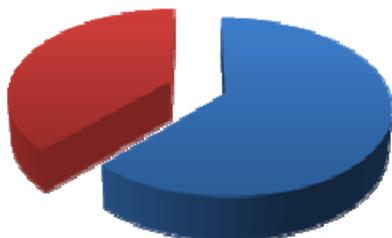
Иногда более надежна, удобна и
эффективна, но ведет к конфликту
составляющих энергетической сети

Децентрализация

Необходима SoS-интеграция

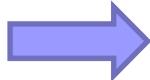
Распределенная электрогенерация на газе

"золотая пропорция"



Централизация / децентрализация систем
0,62:0,38 – для концентрированной нагрузки
0,38:0,62 – для распределенной нагрузки

В России: значительный потенциал развития децентрализованного энергоснабжения и распределенной генерации как вне зоны ЕЭС России, так и в сельской местности

- Большая площадь
 - Обилие ресурсов
 - Общее низкое развитие инфраструктуры 
- локализированное развитие**

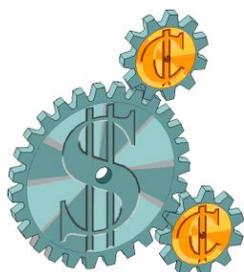


Источник: ОИВТ РАН

Выбор оптимального энергоносителя для энергоснабжения (газ/электроэнергия)

1. Многофакторный анализ по показателям

- ✓ Энергоэкономичности
- ✓ Инвестиционных затрат
- ✓ Эксплуатационных затрат
- ✓ Экологической безопасности (вкл. диверсификацию энергоносителей)
- ✓ Энергетической безопасности (вкл. диверсификацию энергоносителей)



2. Многогранный анализ по структурным составляющим вариантов



Принципы совместного управления газо- и электрораспределительными системами

Развитие применения имеющихся ресурсов в электрогенерации является эффективным способом повышения чувствительности и оперативности системы электросети.

■ *Прямое подключение*

позволяет быстрее и эффективнее
снизить флуктуации в электросети



■ *Быстроизменяющаяся генерация*

за счет сжигания ПГ
компенсирует нестабильную генерацию
на других источниках



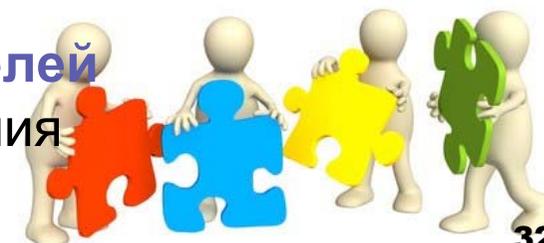
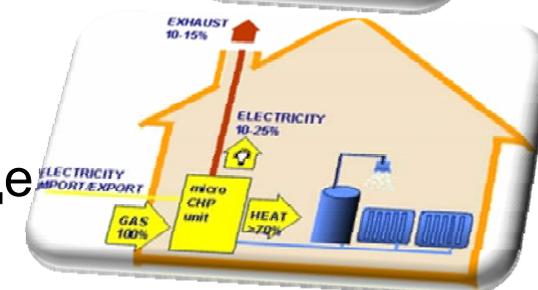
■ *Формирование прогнозов на спрос*

■ *Сводки данных в реальном времени*

Социальная эффективность газификации и электрификации села и города



- Развитие систем эффективной тарификации (в том числе для прохождения пика нагрузки)
- Защита использования **CHP** (Combined Heat and Power) систем для подачи напряжения, тепла и охлаждения в промышленных и коммерческих целях
- Совместное использование электричества, возобновляемых источников и ПГ, способных обеспечить кондиционирование помещений, нагрев и охлаждение воды
- Повышение информированности потребителей по использованию энергии и энергооборудования для оптимизации принятия решения



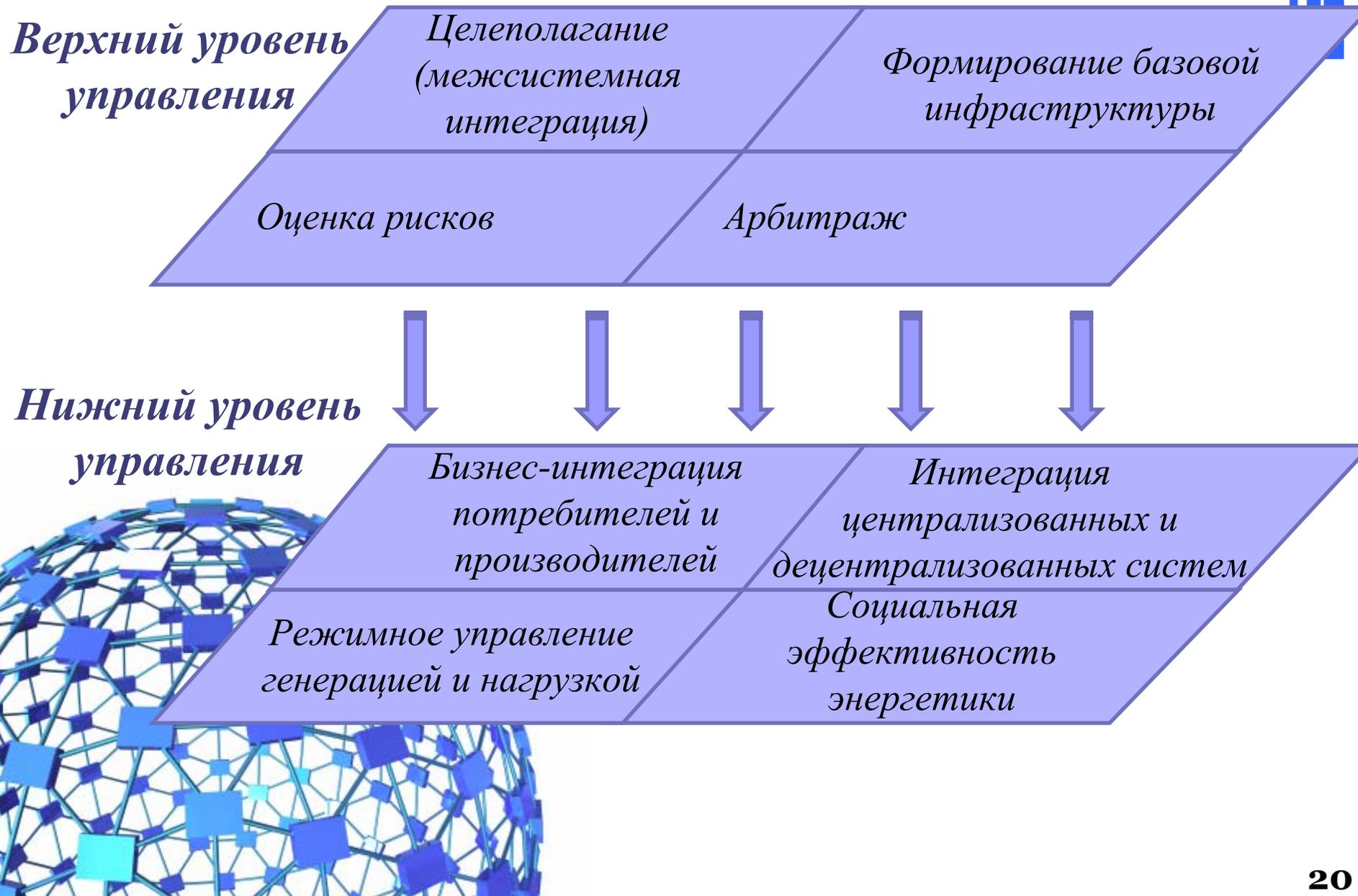
Синергетический эффект совместного использования



- ✓ **Мониторинг спроса (текущего и перспективного)**
- ✓ **Управление режимами (в нормальных и аварийных условиях)**
- ✓ **Накопление энергоресурсов (ПХГ, СПИН, ГАЭС)**
- ✓ **Обеспечение максимальной нагрузки**
- ✓ **Тарификация**
- ✓ **Комфортность быта (комбинация)**
- ✓ **Энергоэффективность**



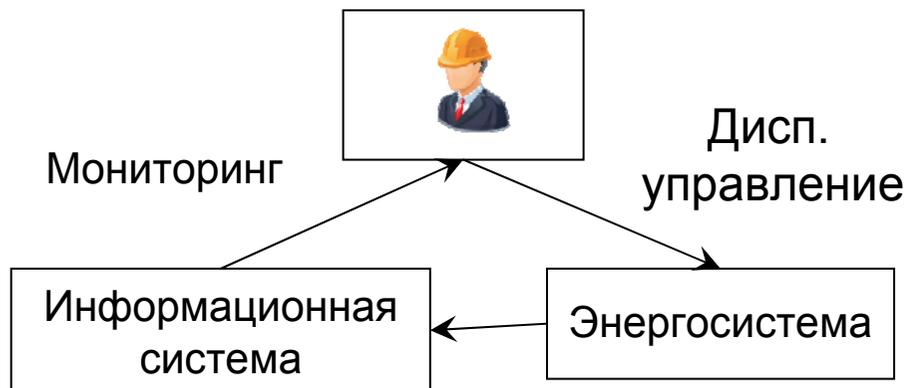
Сетецентрическая модель управления



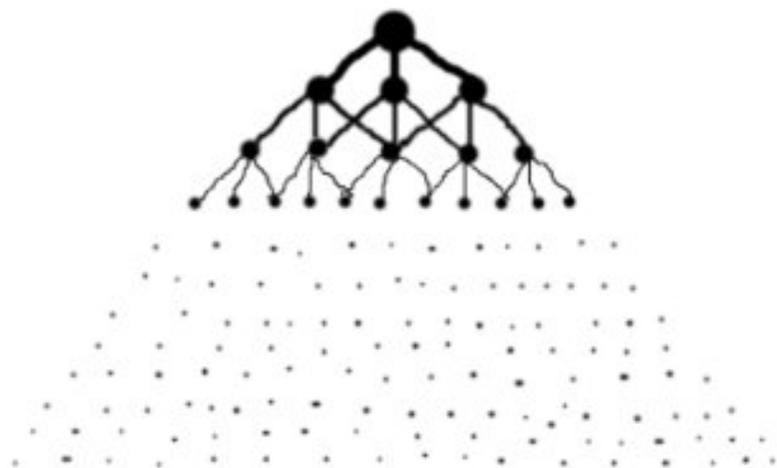
«Умная» и «интеллектуальная» энергосистема: нейронная энергоинформационная система



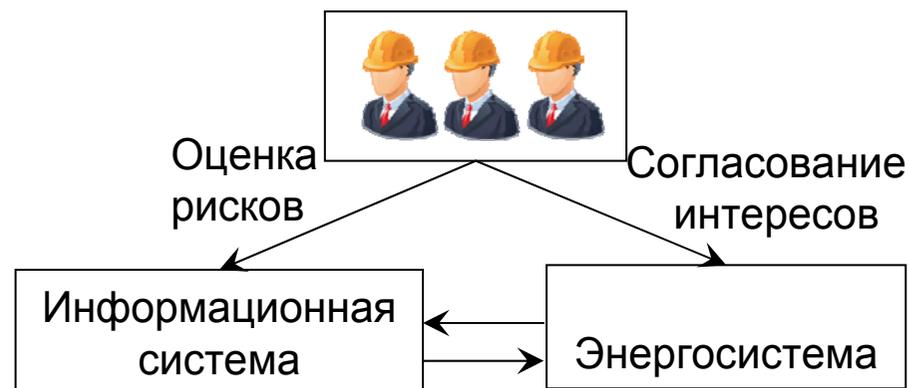
«Умная» энергетика



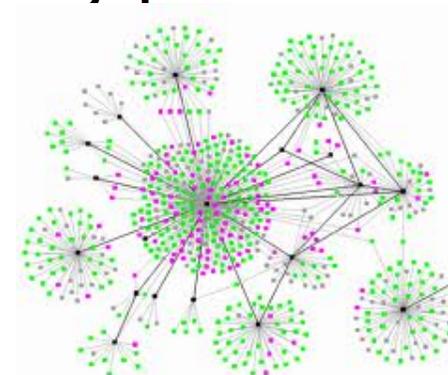
Иерархическое управление



«Интеллектуальная» энергетика



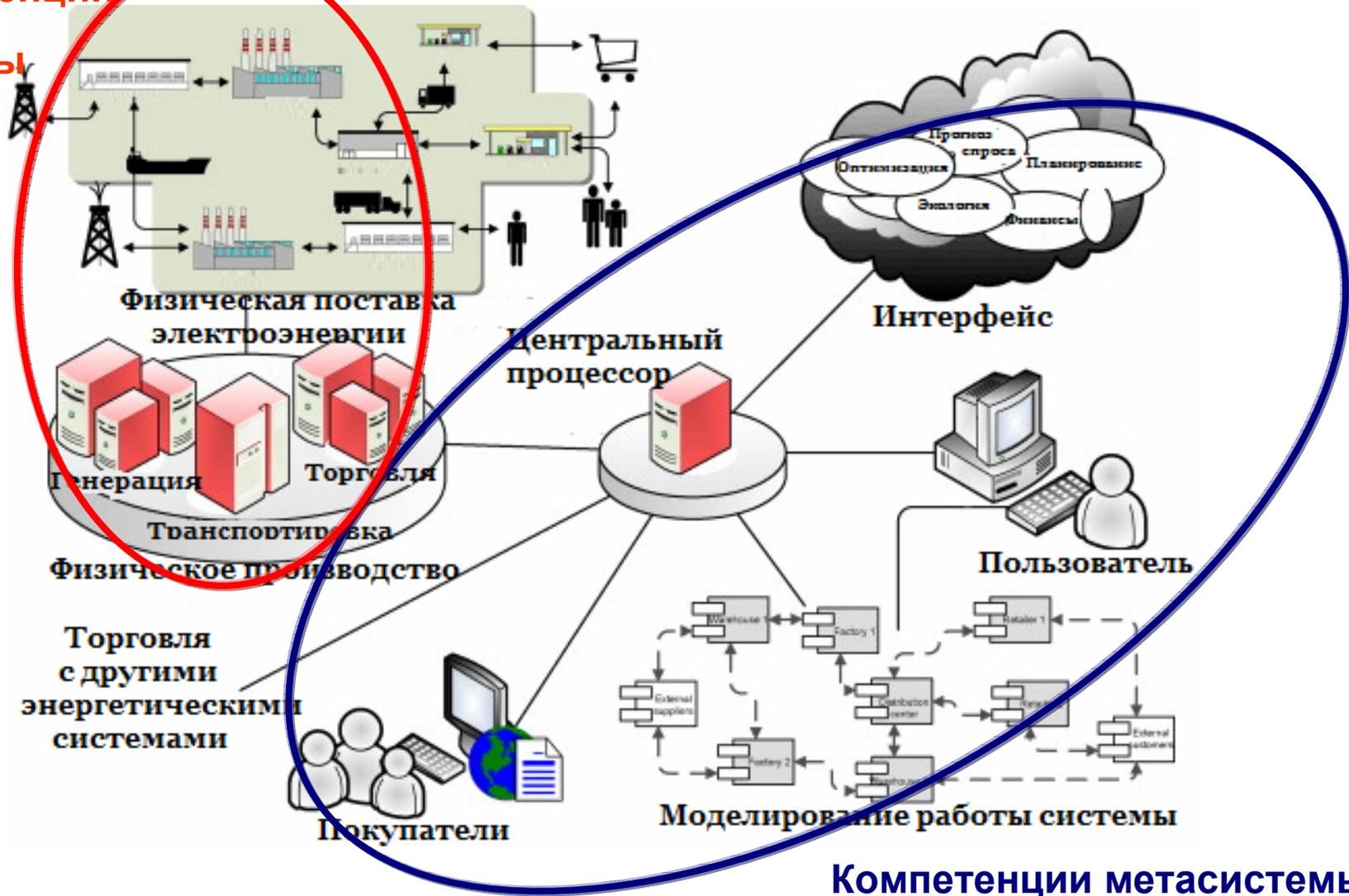
Мультиагентное управление



Эргатическая система

Мультиагентное управление в электроэнергетике

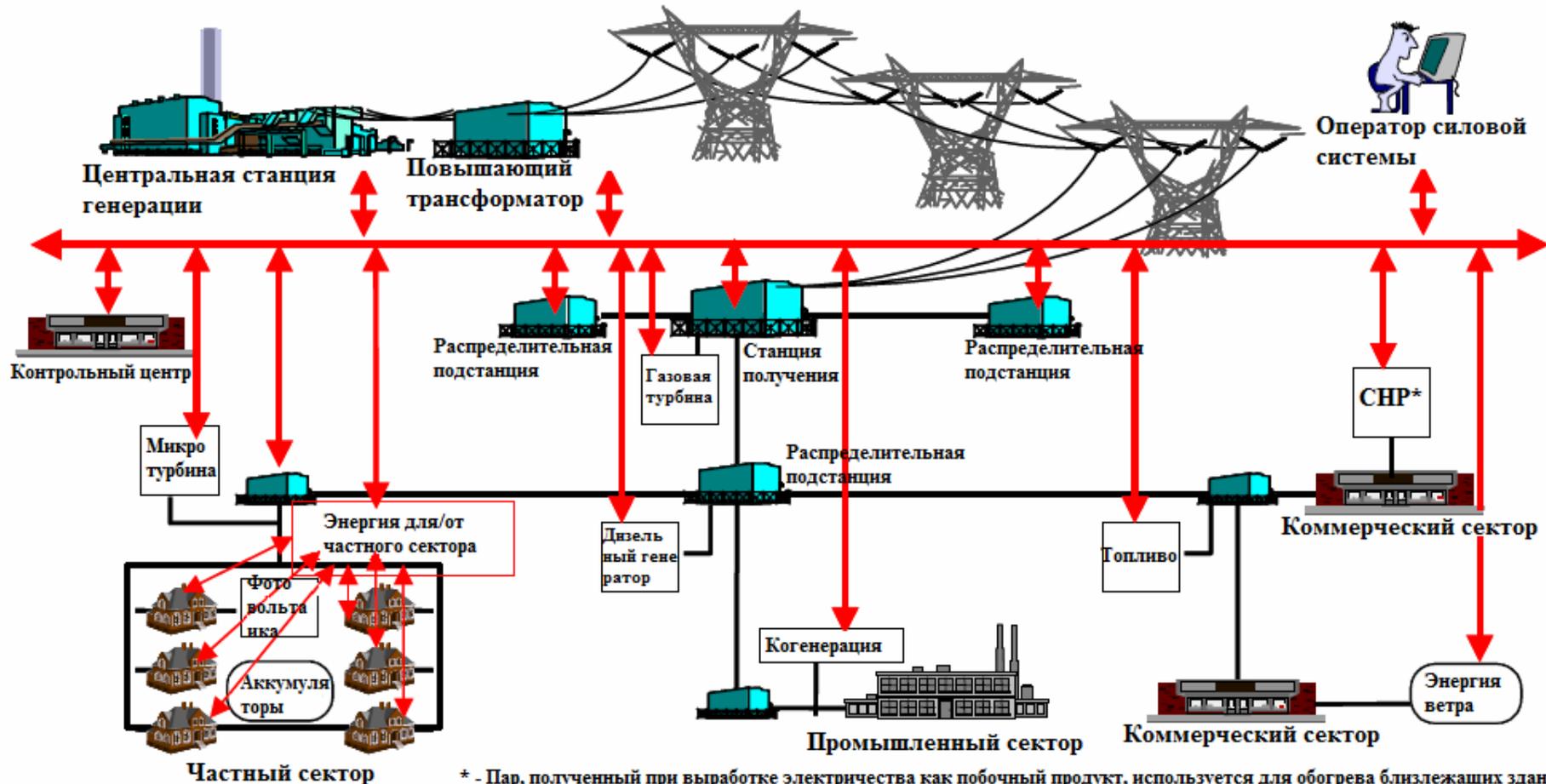
Компетенции
системы



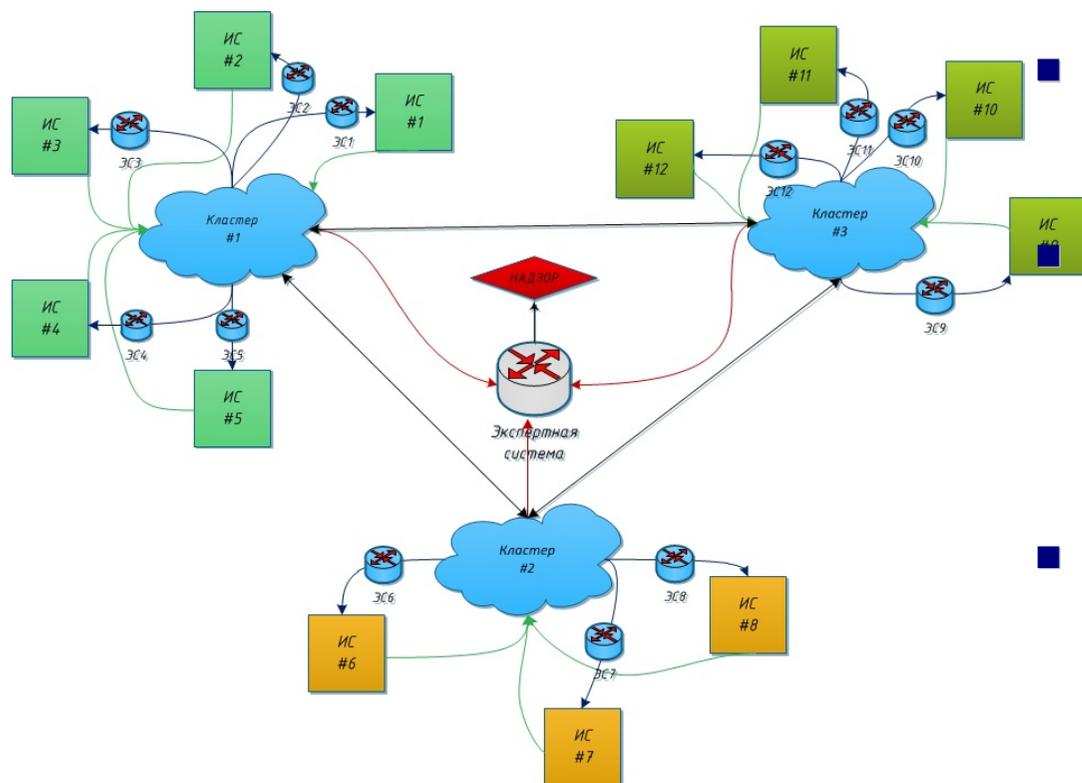
Информационная инфраструктура – основа энергетики

1. Силовая инфраструктура

2. Информационная инфраструктура



Информационная инфраструктура ТЭК агломерации



■ **Цель:** информационное **обеспечение** управленческих функций участников метасистемы

Структура: независимые участники и их информационные системы (ИС); информационные кластеры; экспертные системы; надзорный орган

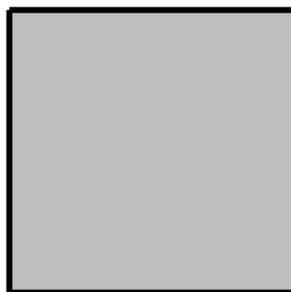
■ **Функционирование:**

- Сбор и хранение данных
- Единый интерфейс
- Информационное обеспечение

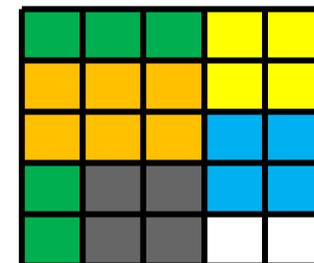
Умная энергетика

Тренды развития

- 1. Повышение интеллектуальности ЭС за счет структурной энергоинформационной организации**
- 2. Потребители-регуляторы-производители**
- 3. Сочетание централизации и децентрализации энергоснабжения**
- 4. Интеграция электроэнергетики в техно-, социо- и экосферу**



Повышение структурности
(снижение энтропии)
потока энергии



Нейронные сети как инфраструктура

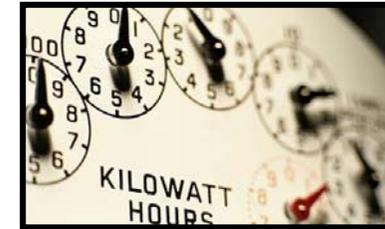


SoS

Умные сети



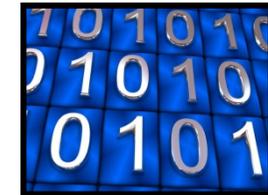
Интеллектуальные сети

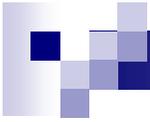


- Рыночная **нестационарность** требует использования **адаптивных** систем
- Обучение на интервале квазистационарности

Нейромоделирование в энергетике

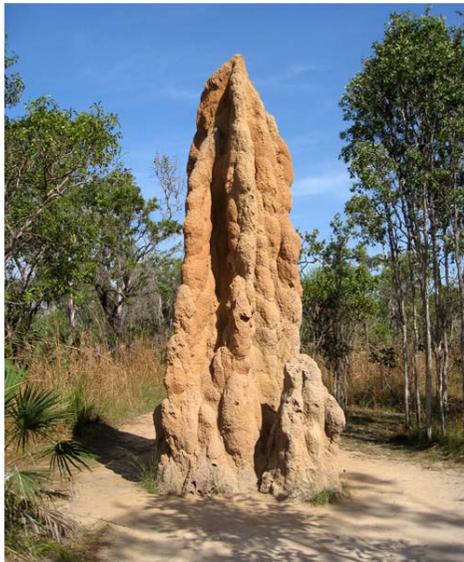
- Программирование, предсказание нагрузки
- Потокораспределение энергии
- Эффективный аппарат диагностики энергетических систем
- Определение параметров стабилизации напряжения в энергосистемах с использованием нейронных сетей
- Размещение измерительных устройств на электростанциях с помощью нейронных сетей



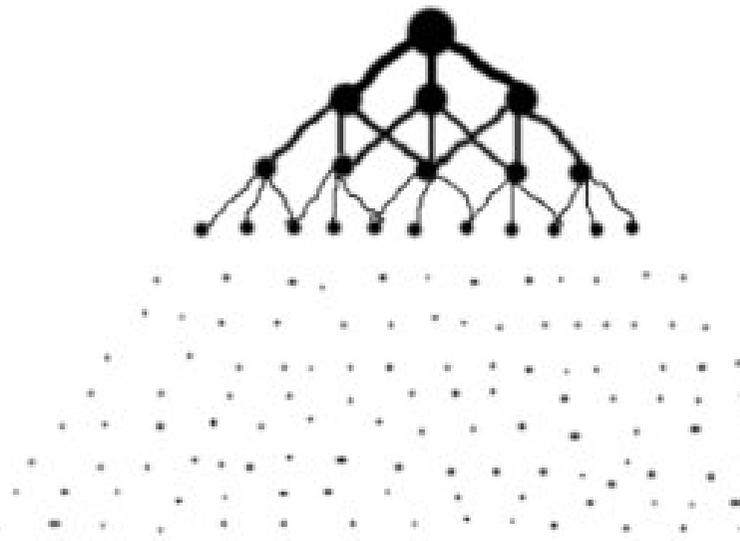


От иерархического управления к мультиагентному и к сетевым структурам

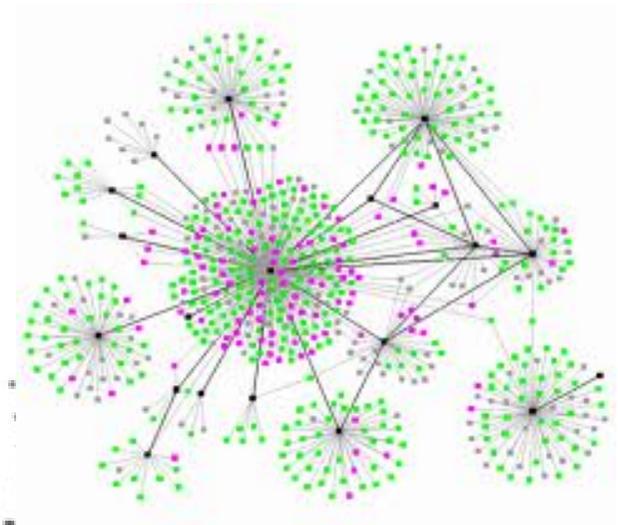
**Роевой
интеллект**



**Иерархическое
управление**



**Мультиагентное
управление**





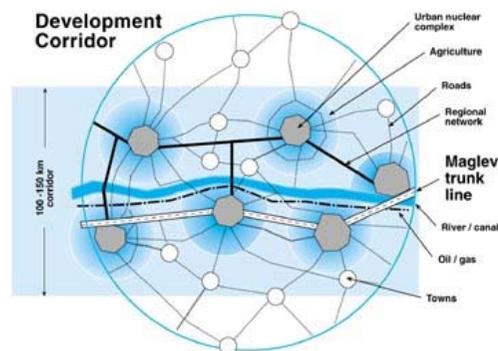
Энергосистемы Евразии

- 1. Транспортно-энергетическая инфраструктура Евразии
- 2. ЕНЭС
- 3. Объединение энергосистем Единого экономического Союза

Третий кластер: оптимизация инфраструктуры



«Энергоинфраструктурные коридоры развития» - СИСТЕМА СИСТЕМ интеграции



«Энергоинфраструктурные коридоры развития»

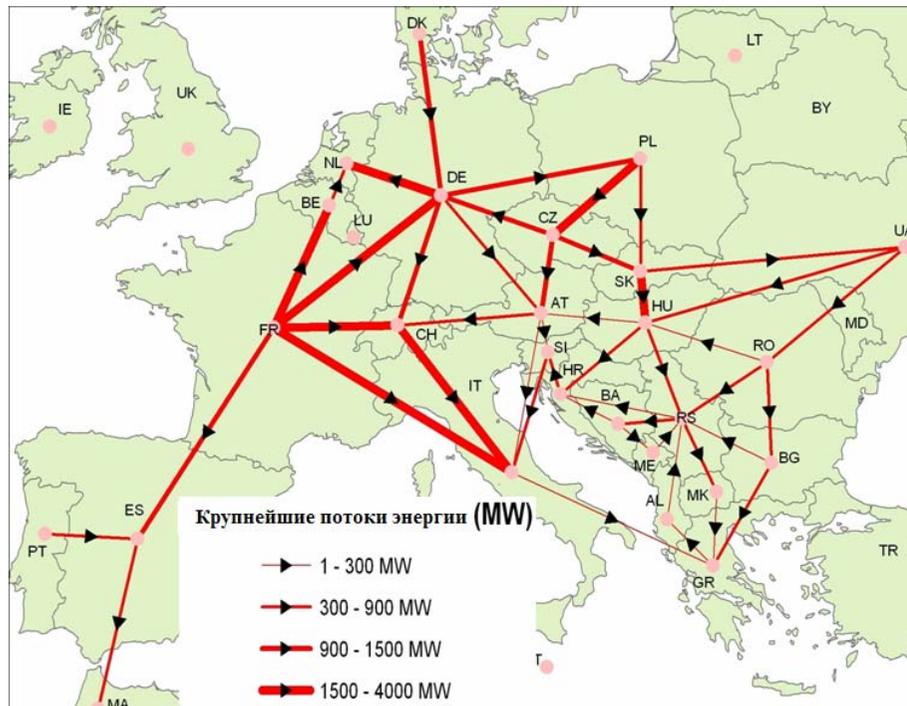
система комплексных инфраструктурных связей, объединяющих как физическую инфраструктуру (авто- и железные дороги, нефте- и газопроводы, ЛЭП и пр.), так и инновационно-институциональную инфраструктуру (зоны свободного движения товаров, услуг и технологий)

Многонациональная энергосистема



- комплексный анализ **ресурсного потенциала** устойчивого развития
- анализ **движущих сил**
 - анализ процессов **реализации потенциала** устойчивого развития
- выявление условий безопасности и **эффективности**
 - использование **структурного подхода** (структурная энергия и самодвижение)

SoS – интеграция межгосударственных объединений



Инфраструктура - исходное условие для выбора и размещения основных
производительных сил

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

Перспективная модель «энергoinфраструктурных коридоров развития» Евразии



Ячеистая модель оптимальна для формирования энерготранспортного инфраструктурного опорного каркаса Евразии

Идеология структурно-технологического форсайта ЕНЭС ...

*...как энергетическая
инфраструктура*

- обеспечивает интеграцию регионов России, их энергетическую безопасность и эффективность комплексного развития страны



*...как
эволюционирующая
структура*

- обеспечивает адаптивность конфигурации к изменяющимся условиям размещения энергетических центров генерации и потребления



*...как инновационная
система*

- восприимчива к новым видам и технологиям передачи энергии, новому электротехническому оборудованию и новым системам управления, а также задает требования к научно-техническому прогрессу в электросетевом мире

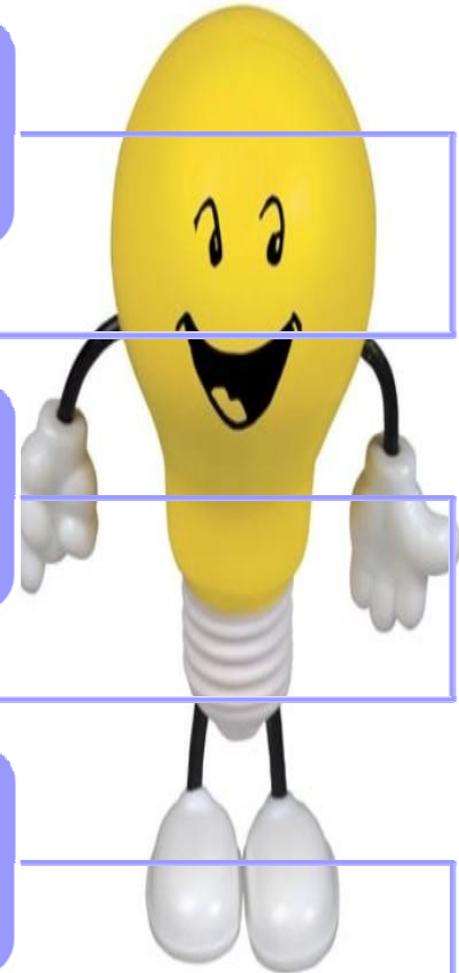


Цели энергетической интеграции

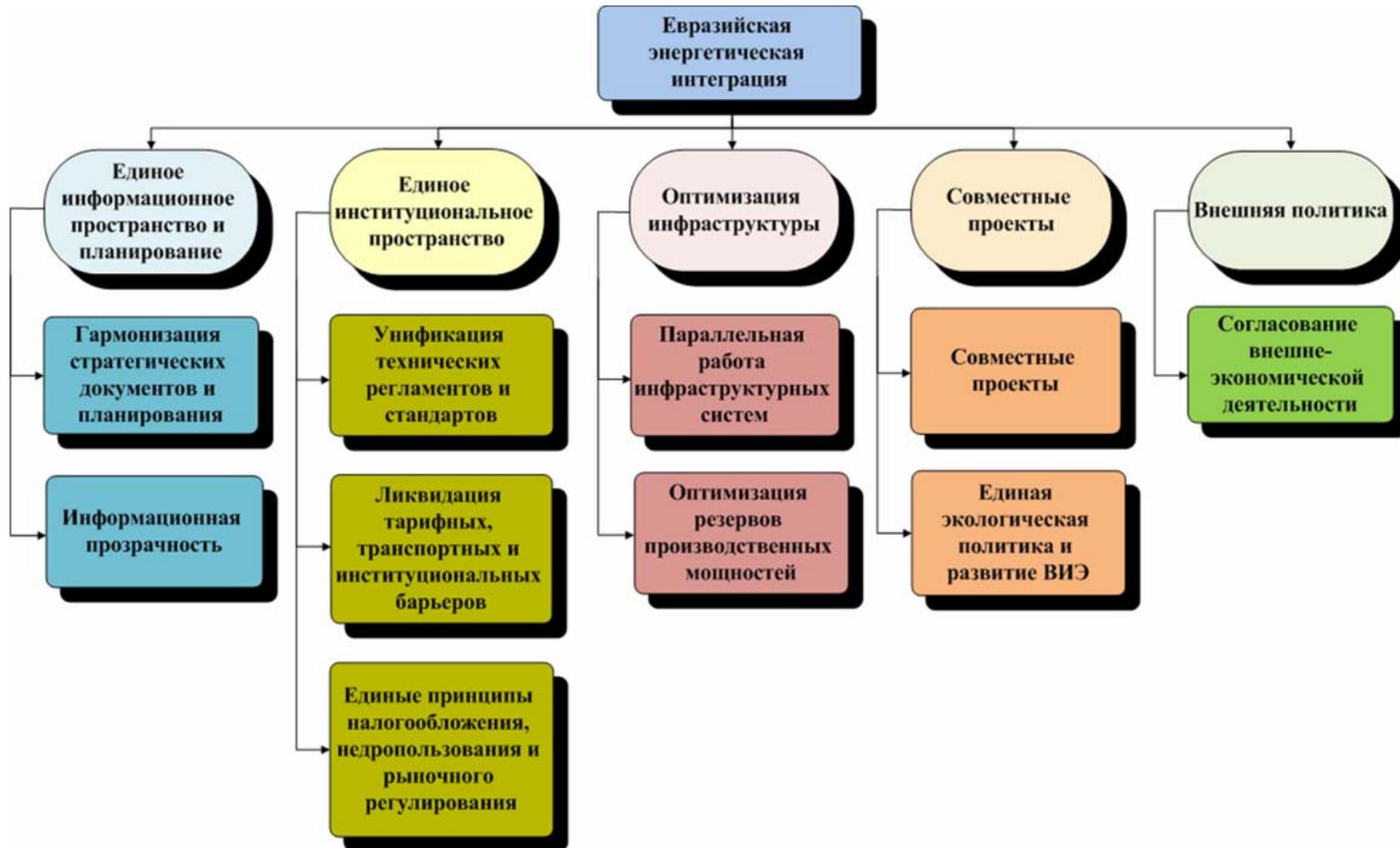
Коллективная энергетическая безопасность

Расширенное воспроизводство энергетического потенциала

Устойчивое энергетическое развитие



Кластеры и приоритеты



5 кластеров, 10 приоритетов, 55 предлагаемых решений

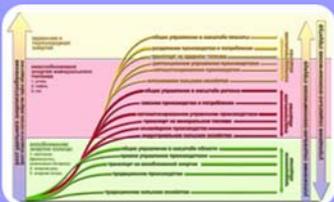
Принципы энергетической политики



Равноправность и суверенность



Открытость



Многоукладность



Делегирование полномочий
наднациональным регулирующим органам
(Евразийская Комиссия, Евразийское энергетическое
Агентство и пр.)

Синергетический эффект интеграции



Эффективное использование природного, технологического и интеллектуального энергетического потенциала



Обеспечение инфраструктурной основы устойчивого три «Э» развития



Создание нового Евразийского Дома - Экоса

На пути к электрическому миру



Устойчивое развитие и методология SoS



Новые волны развития на разных этапах энергетической цивилизации определяются совместными действиями энергосистем (по отраслям и странам), объединенных в глобальную энергетическую метасистему



**Спасибо
за внимание!**

**В.В. Бушуев
д.т.н., профессор,
генеральный директор
Институт энергетической стратегии
E-mail: vital@df.ru**