

# Интеллектуальная электроэнергетика

д.т.н. Бушуев В.В.  
(ИЭС, ОИВТ РАН)

Москва, 16.04.2018

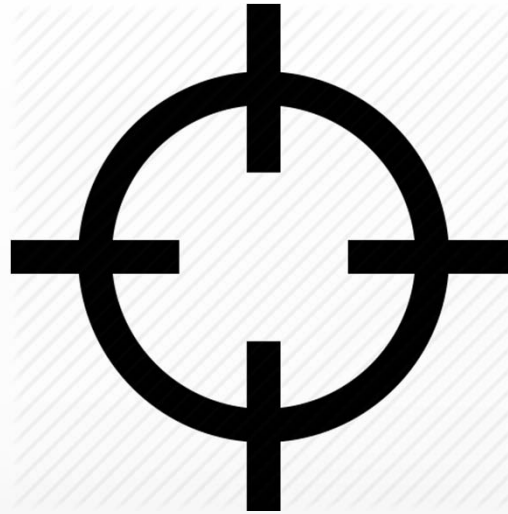


# Постулаты проблемных решений в электроэнергетике



Знания

- Оценка состояния (повышенная аварийность)
- Вызовы (децентрализация)
- Возможности (накопители)



Целеполагание

- Живучесть (без каскадных аварий)
- Адаптивность (гибкость развития)
- Эффективность (качество жизни, локомотив для экономики)



Идея

- Цифровизация как средство
- Информатизация как способ
- Когнитивность как вид интеллектуализации

# Развитие электроэнергетики

Автоном. БС

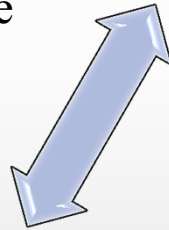
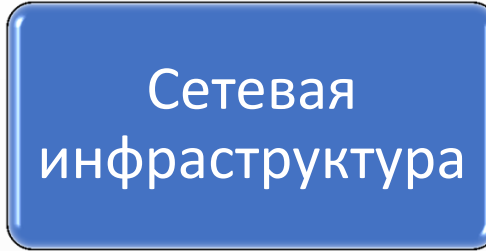
ТПК

Ячеистые

распред. сети

Энергетические

кольца



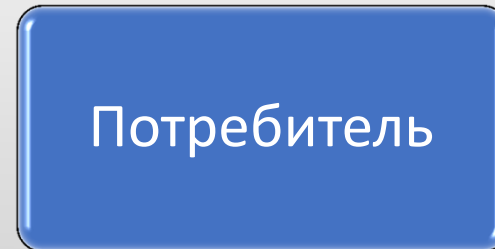
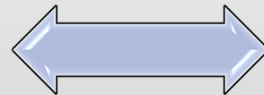
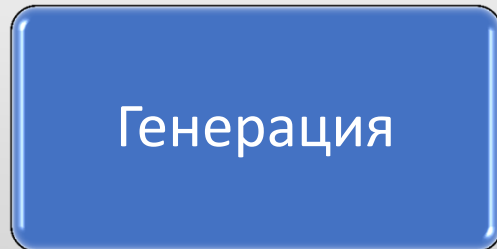
## Многоукладность

ТЭС – 50%

АЭС – 22%

ВИЭ – 25%

ТЭ – 3%



## Новый электромир

Эл. быт

Эл. соц. среда

Эл. промышл-ть

Эл. транспорт

# Новая генерация



**Топливные элементы**

**Электро-химические источники тока**

**Энергия гидросферы**

**Энергия литосферы**

(геотермальная энергия, нагревание за счет глубинного тепла земли)

**Энергия аэросферы**

(смерчи и цунами)

**Энергия ионосферы**

(статический консенсус)

# Новый электрический мир

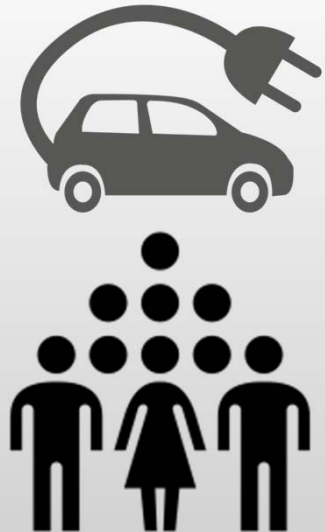


## □ электрификация потребителя

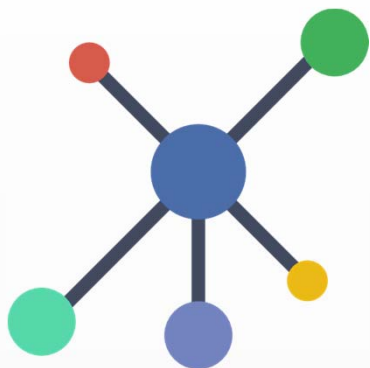
□ *электрификация быта* (электрическое отопление, освещение, приготовления пищи, системы комфорта)

□ *электрификация транспорта* (железнодорожный, городской общественный электротранспорт, электромобили)

□ *электрификация социальной сферы* (эл. освещение, эл. приборы в медицине, эл. снабжение спортивных и культурно-деловых центров), *промышленности* (СВЧ, электро-импульсная обработка материалов), *строительства и сельского хозяйства*



# Новый электрический мир



- от «розеточной технологии» к сетевым аккумуляторам
- «умный дом» (АСКУ) + автономные источники + интеграция систем водо-, тепло-, газо- и электроснабжения



# Иерархическая структура ЕЭС России

Концентрация мощности



Рост сетевой компоненты



Деконцентрация



Новые средства интеграции (ВПТ, СПИН, гибкие связи)

# Основные тренды развития электроэнергетических систем

## Переход к энергетическим системам нового поколения по 4-м основным направлениям:

1. Сочетание концентрированной и распределенной генерации

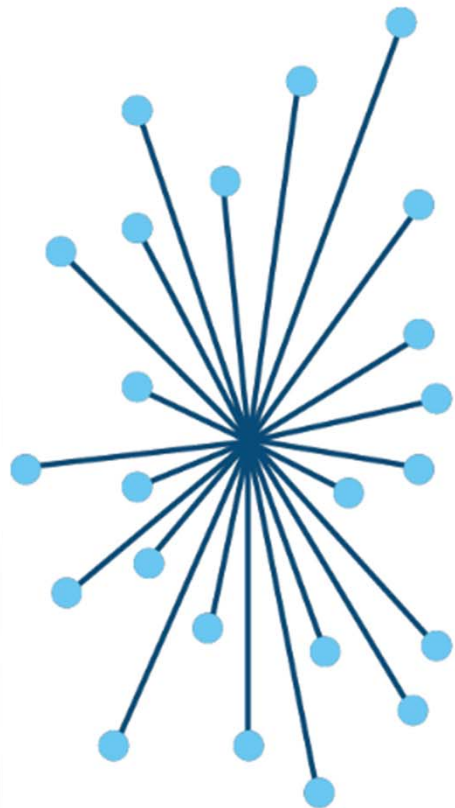
3. Развитие технологий накопления электроэнергии в энергосистеме

2. Развитие технологий гибких связей межсистемного энергообъединения

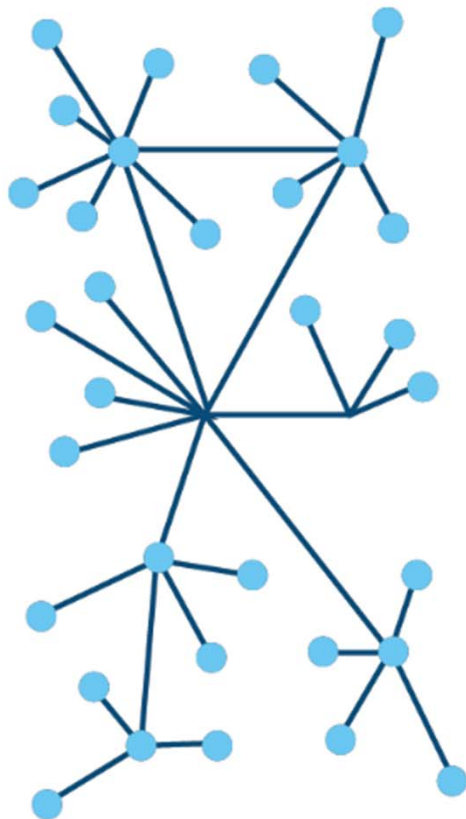
4. Создание систем управления энергосистемой («умная энергосистема»)



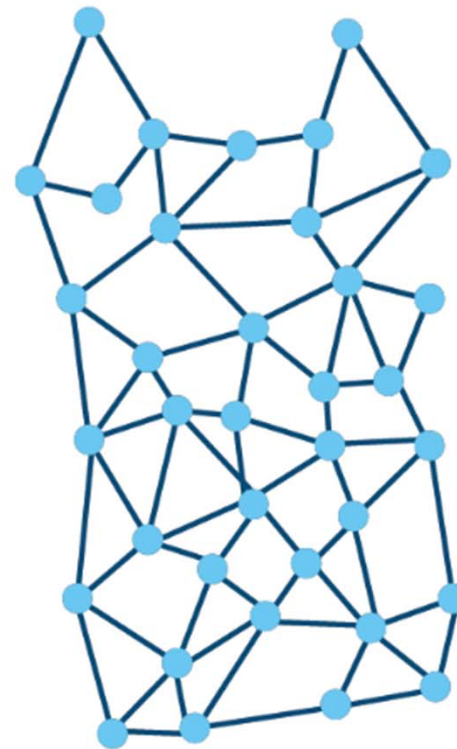
# Централизованное и децентрализованное энергоснабжение



Экономически более выгодна, но жесткой структурой невозможно управлять



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



**SoS-интеграция**

# Централизованное и децентрализованное энергоснабжение

"золотая пропорция"

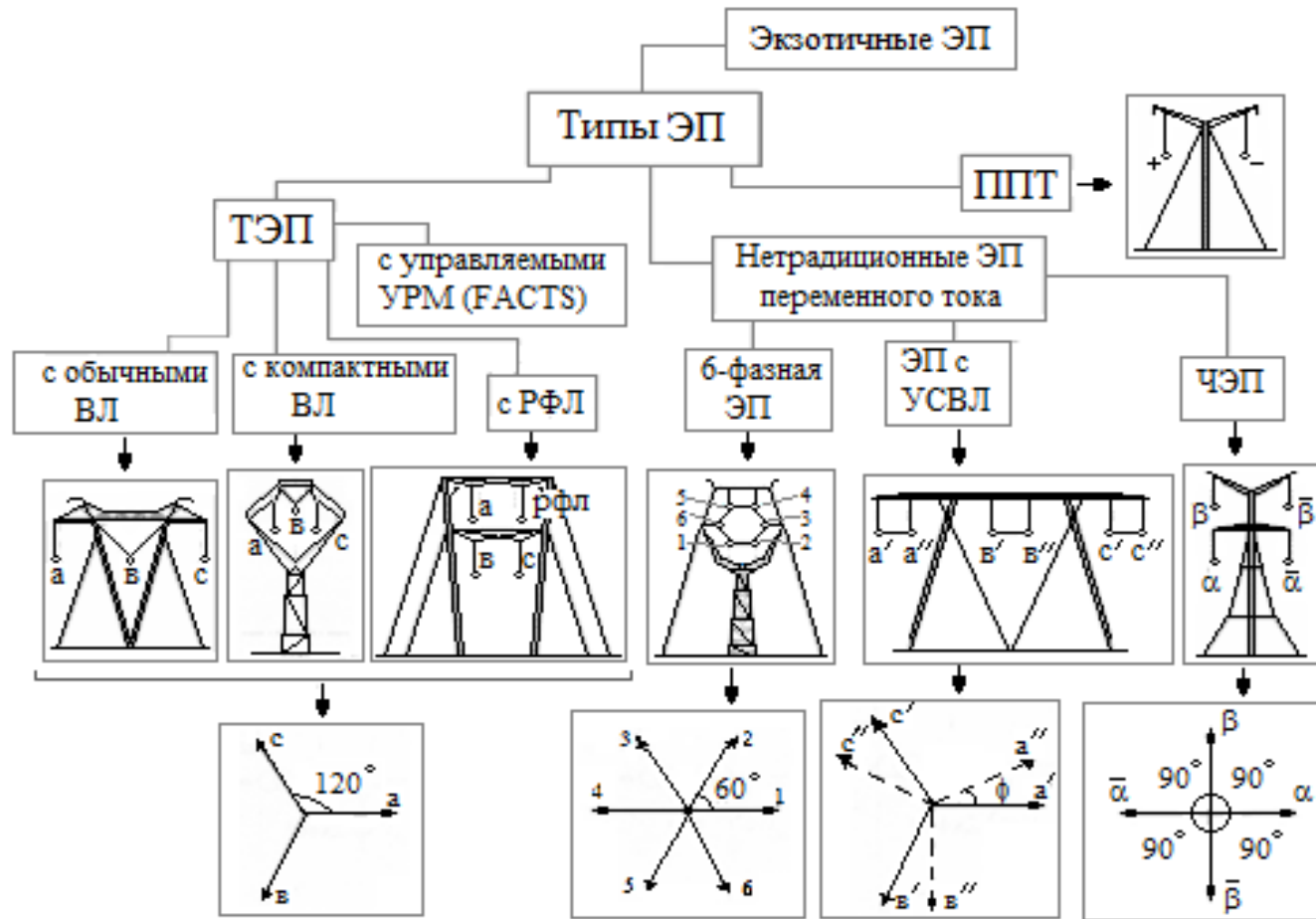


Централизация / децентрализация систем

**0,62:0,38** – для концентрированной нагрузки ( $> 40$  кВт на кв.км.)

**0,38:0,62** – для распределенной нагрузки ( $< 10$  кВт на кв.км.)

# Классификация электропередач



# «Экзотичные» электропередачи

□ Электронные (пучковые)

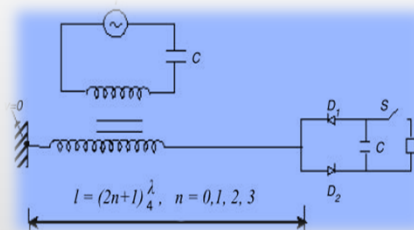


□ Волноводные (микроволновые)

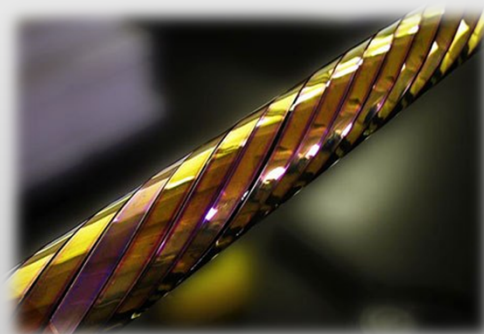
□ Антенные (в том числе космическая беспроводная)



□ Резонансные (однофазные)



□ Гиперпроводящие



# Технологии комбинированного транспорта энергии

Сжижение углеводородов и танкерный транспорт

Транспорт скрытой энергии

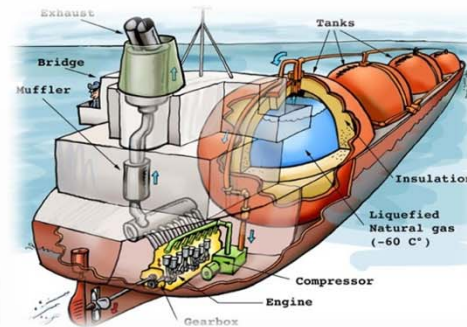
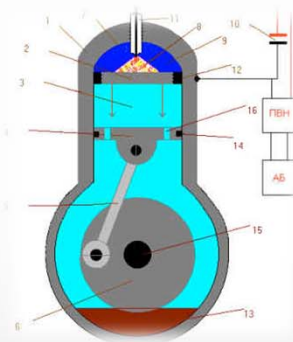
Водно-энергетические коммуникации

Трансформация видов энергоносителей и

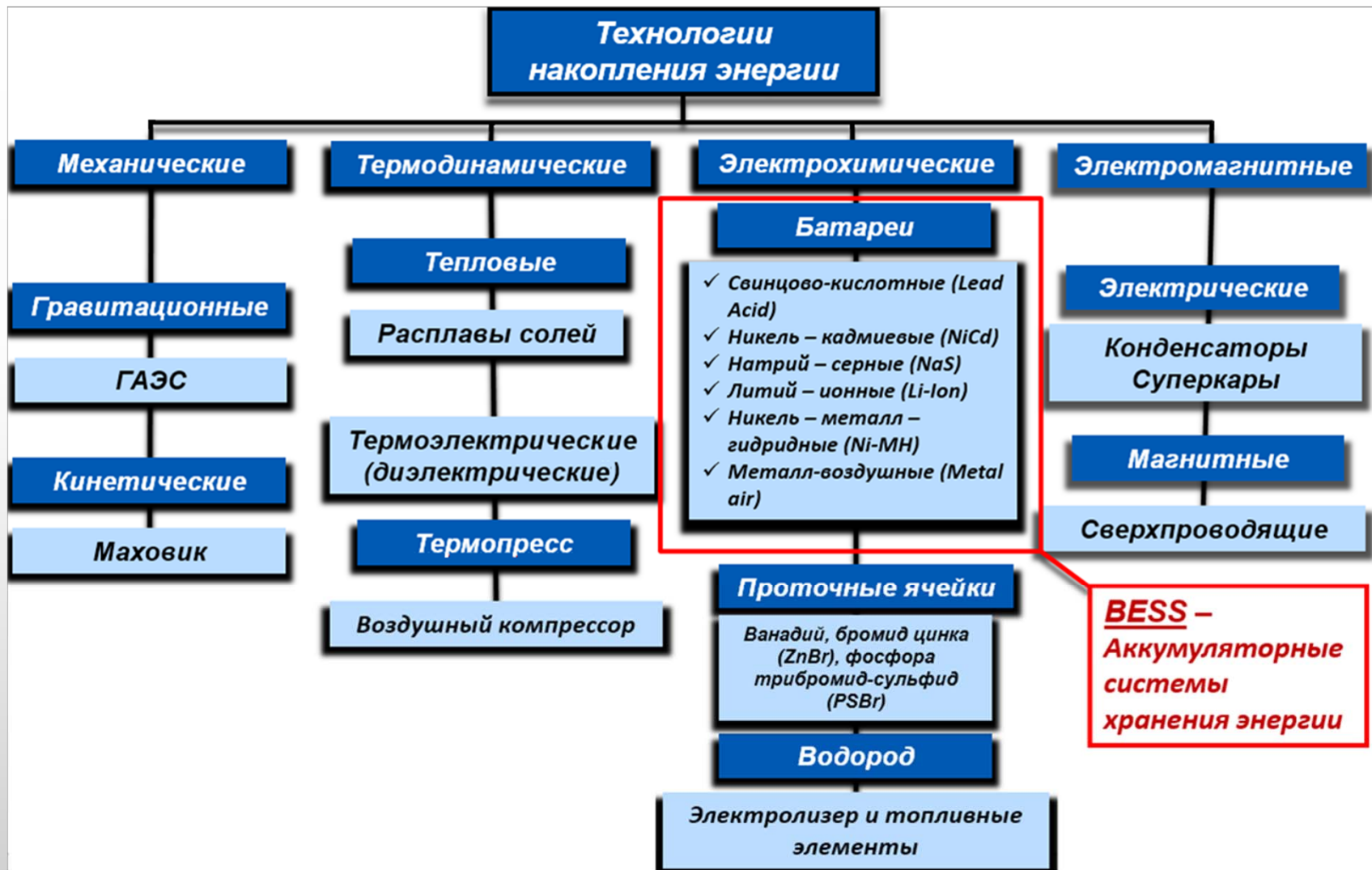
**комплексное**

управление транспортно-энергетическими

**коммуникациями**



# Виды технологий накопления энергии



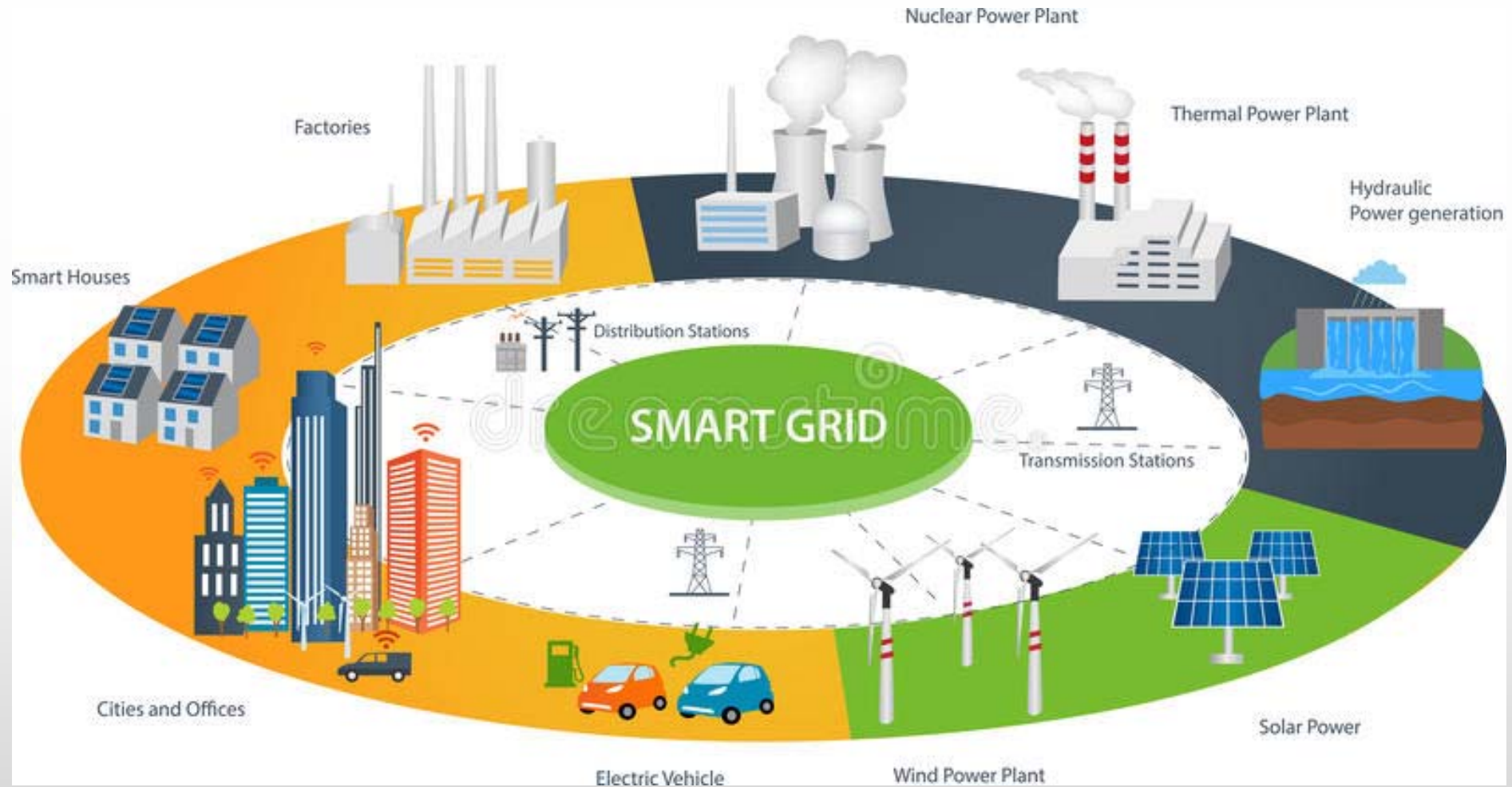
# Функциональные условия применения BESS (СНЭ) в ЭЭС

Накопитель на подстанции	<ul style="list-style-type: none"><li>• Мощность: 1-20 МВт</li><li>• Время разряда: 2-6 часов</li></ul>
Накопитель в распределительной сети	<ul style="list-style-type: none"><li>• Мощность: 25-200 кВт</li><li>• Время разряда: 2-4 часа</li></ul>
Накопитель для применения совместно с ВИЭ	<ul style="list-style-type: none"><li>• Мощность: 1-100 МВт</li><li>• Время разряда: от секунд до 15 минут</li></ul>
Накопитель энергии в коммерческих / промышленных помещениях потребителей	<ul style="list-style-type: none"><li>• Мощность: от 10 кВт до нескольких МВт</li><li>• Разряд: 2-4 часа</li></ul>
Накопитель энергии для жилых помещениях потребителей	<ul style="list-style-type: none"><li>• Мощность: 1-10 кВт</li><li>• Разряд: 2-4 часа</li></ul>



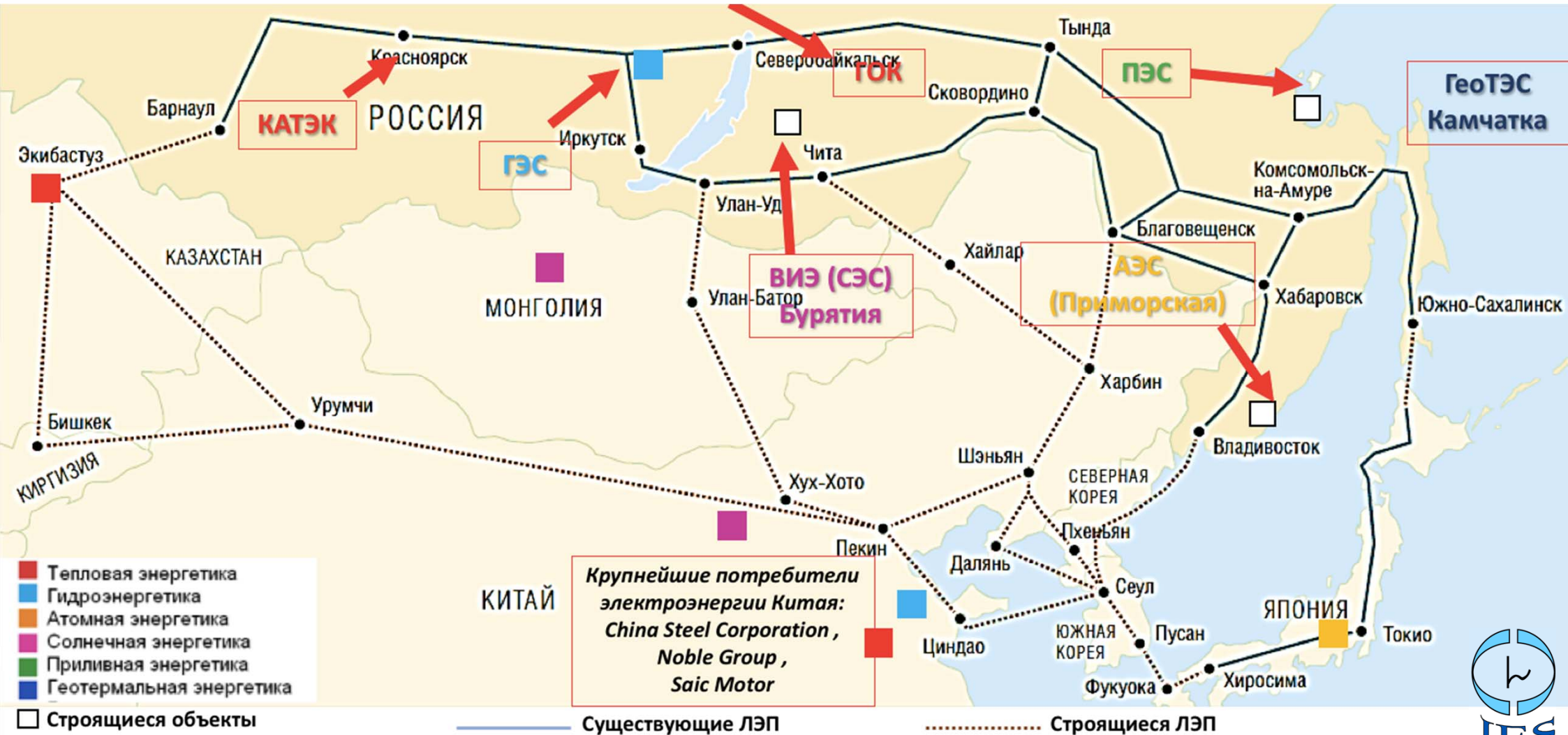
- Управление максимальной нагрузкой
- Резервная мощность / работа ЭЭС в изолированном режиме
- Регулирование напряжения / регулирование реактивной мощности
- Регулирование частоты
- Рынок мощности
- Накопление энергии
- Сглаживание резких колебаний мощности / Поддержка линейного изменения мощности ВЭС и СЭС
- Интеграция электротранспорта
- Обеспечение участия потребителя в «Управлении Спросом»

# Электрические системы – Smart Grid





# Азиатское энергетическое кольцо



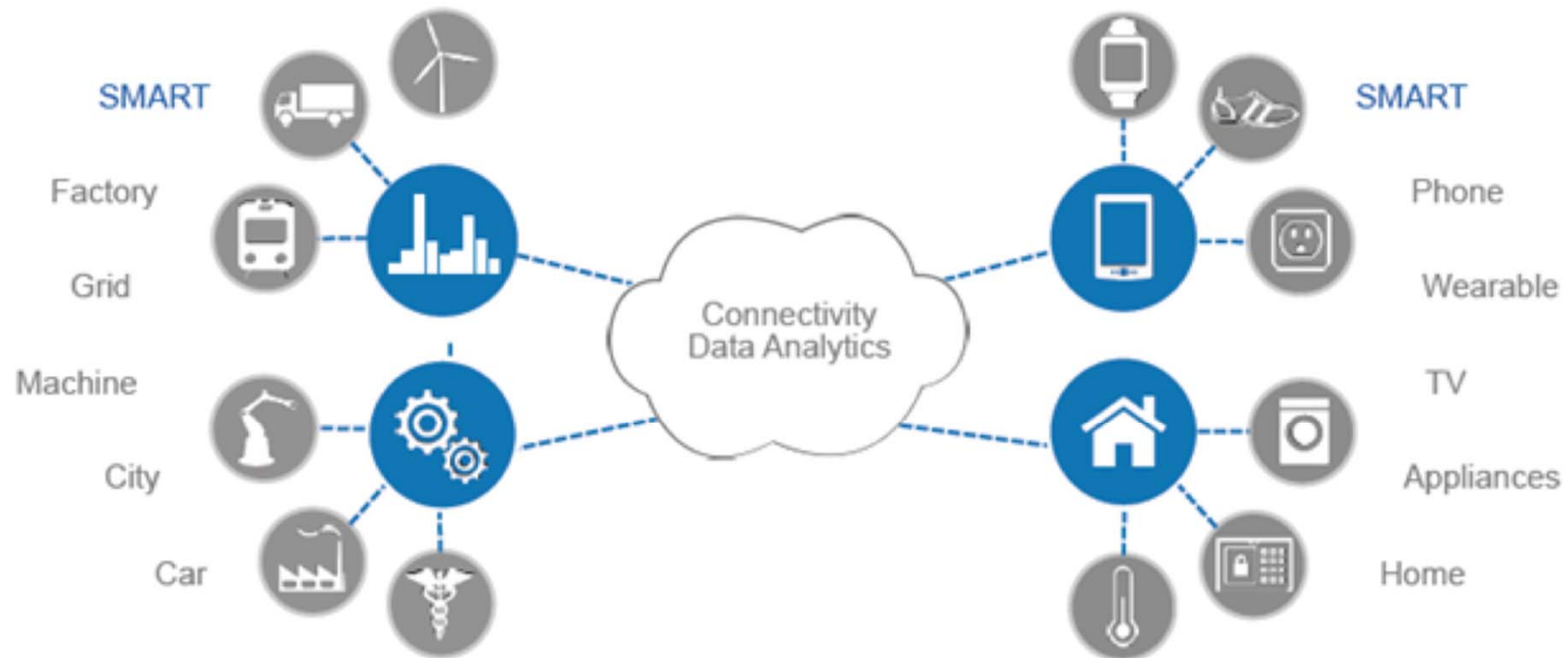
# Облачные технологии и потоки разных энергоресурсов



# Облачные платформа обратных связей производителя и потребителя

Промышленный интернет вещей

Потребительский интернет вещей



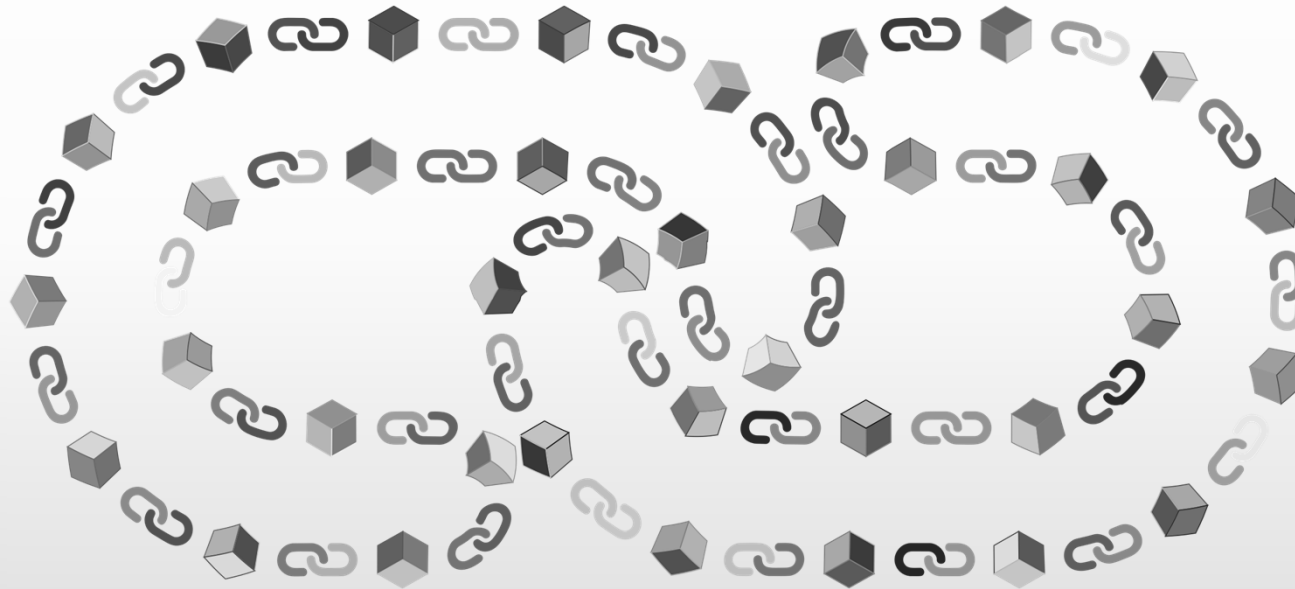
# Основные задачи цифровизации



# Методология и технология блокчейна в электроэнергетике

Распределенные финансовые сети

Интегральная оценка и перераспределение  
энергетических, финансовых и организационных  
ПОТОКОВ



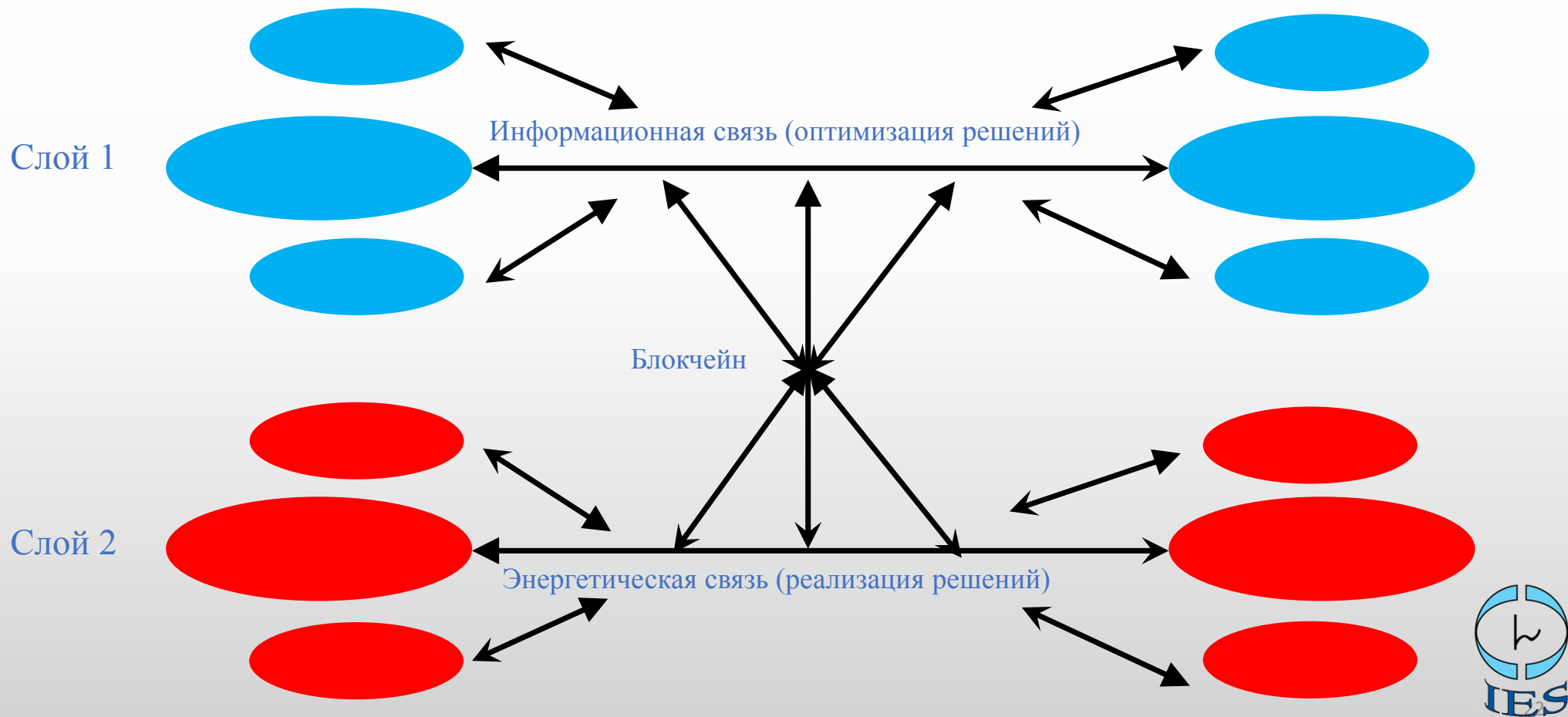
Майнинг криптовалют как «энергетических рублей»

Распределенный акционерный капитал



# Мультиагентное управление и метасистемная интеграция

Структура метакорпоративной связи представлена двумя слоями: информационным и энергетическим, которые связаны технологией blockchain, в частности, через процесс майнинга



# Когнитивные процессы



- Восприятие и оценка ситуации
- Оценка эффективности технологических и бизнес-решений
- Оценка взаимодействия объектов и поведения субъектов



- Метасистемная интеграция функционирования и развития ситуации
- Облачное прогнозирование
- Риск-анализ



- Текущие алгоритмические коррективы
- Перестройка системы управления
- Формирование психологического климата

*Спасибо за внимание!*

