

МЕТАСИСТЕМНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭНЕРГЕТИКИ

В.В. БУШУЕВ

Общие принципы энергетизма

Энергетика является не только системой жизнеобеспечения, но и в целом системой жизнедеятельности в нашем общепланетарном Доме – Экосе (от греч. *oikos* – дом, жилище, местопребывание). Однокоренные понятия: эко-номика означает систему хозяйствования, а экология – систему гармонизации отношений в Экосе. Поэтому триада “3 Э”: экономика – экология – энергетика является метасистемой, определяющей основные условия нашего пребывания на планете и развития земной цивилизации.

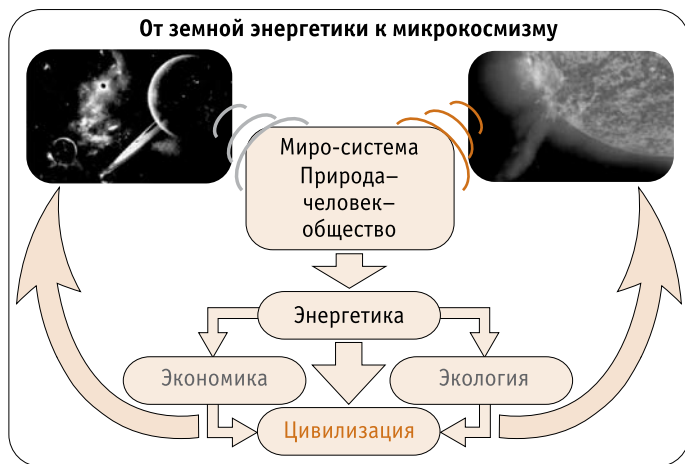
Само понятие “цивилизация” (ци – энергия, вл – владеть) означает систему: природа – общество – человек как совокупность природных, социально-производственных и человеческих ресурсов (потенциала развития) и всех возможных форм реализации этого потенциала в процессе жизнедеятельности челове-

чества на нашей планете (рис. 1). В свою очередь, цивилизация развивается на пути к энергокосмизму.

Энергия как работа, совокупное действие выступает в трёх видах жизнедеятельности: **движение** (механическое и физическое), **преобразование** (химическая и биологическая трансформация) и **развитие** (социальный и технологический прогресс). Каждый из этих видов совокупного энергетического процесса характеризуется своим КПД, определяющим эффективность системы преобразования потенциала в конечный результат – материальные и духовные блага цивилизации. В свою очередь эти блага, оцениваемые как национальное богатство мира (или отдельной страны – части общепланетарного Дома), являются новым потенциалом развития. И как правило, этот новый потенциал является уже не ресурсным, а структурным фактором эволюции. Итак, эволюция есть процесс: **ресурсный потенциал** → **энергетическое преобразование** → **структурный фактор**.

Учёт структурного фактора в процессе эволюции потребовал перехода от классических принципов термодинамики, адекватных замкнутым системам при отсутствии обмена веществом, энергией и информацией с внешним миром и без учёта изменяющейся внутренней структурной организации системы, к развитию эргодинамических принципов, основанных на исследовании открытых систем и

Рис. 1.
От земной энергетики к энергокосмизму.



| Свойства | “Система” | “Система систем” |
|--------------------|-------------------------|------------------|
| Сфера деятельности | Единственная | Множество |
| Структура | Радиально-иерархическая | Ячеисто-сотовая |
| Индикаторы | Интегральный | Многофакторный |
| Управление | Иерархическое | Мультиагентное |
| Интерфейс | Общесистемный | Сетевой |
| Целеположение | Программное | Адаптивное |

основанного не просто на комплексном рассмотрении проблем Экоса, а на принципах “системы систем” (System of System – SoS). Принципиальное отличие этого нового метасистемного подхода от уже традиционного системного анализа сложных социо-технических конструкций приведено в таблице.

учёте возможного изменения структуры энергопреобразователя в приведённой выше общей схеме эволюции¹.

Устойчивое развитие цивилизации сопровождается непрерывным повышением энергоэффективности самого эволюционного процесса за счёт того, что новый структурный потенциал обладает большими возможностями для совершения новой полезной работы. Вся социоприродная эволюция – наглядное свидетельство энергоэффективного развития нашего земного Дома – Экоса.

Понять общие законы социоприродной эволюции мира и творчески использовать их при формировании нашего энергоэффективного Дома с гармонизацией отношений в нём в процессе хозяйственного (экономического) развития и общенергетической жизнедеятельности – главная задача науки, направленной на решение стратегических и насущных задач нашей цивилизации.

Сегодня, основываясь на новых представлениях о роли энергии во всех сферах нашей жизни: космической и геополитической, социально-экономической и организационно-технологической, полезно вернуться к идеям энергетизма как науки о жизнедеятельности и социоприродной эволюции, включая идеи В. Оствальда, В. Вернадского, С. Подольского и Н. Чижевского.

Общие энерго-эколого-экономические задачи устойчивого развития требуют нового метасистемного подхода,

Использование метасистемного подхода в сочетании с принципами эргодинамики (с ключевой ролью изменяющейся структуры систем в процессе их эволюционного развития) позволяет качественно по-новому подойти к проблемам стратегического анализа и форсайта (целевого видения) цивилизации как саморазвивающейся системы владения и эффективного использования комплексного (ресурсного и структурного) энергетического потенциала во благо человечества. При этом эргодинамический подход, базирующийся на расширенном представлении об энергии как общем процессе жизнедеятельности, позволяет использовать такие фундаментальные принципы эволюции как фрактальное и циклическое подобие пространственных и временных моделей развития. Это даёт возможность рассматривать метасистемные конструкции как саморазвивающиеся за счёт структурного обновления модели Экоса в целом и его важнейших энерго-космических, социально-экономических и эколого-технологических систем.

Поскольку мы “живем в объятиях Солнца”, то всё наше земное существование связано с потоками космической энергии, её запасанием и разрядкой в так называемом “социоприродном конденсаторе” (в недрах Земли и в пассивном обществе). Природные катаклизмы, технологические катастрофы, обусловленные, в том числе, экстремальными состояниями вещества на Земле и в Космосе², экономические

¹ Бушуев В.В., Голубев В.С. Социоприродное развитие (эргодинамический подход). М.: ИАЦ “Энергия”, 2007; Веллер М.И. Энергоэволюционизм. М.: Астрель, 2010.

² Фортон В.Е. Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе. М.: Физматлит, 2008.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ФРАКТАЛЬНОСТЬ

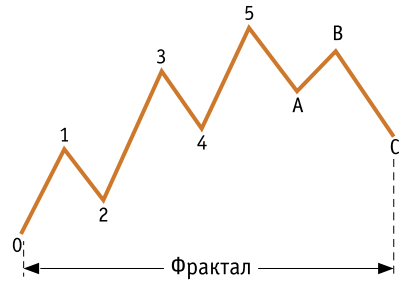
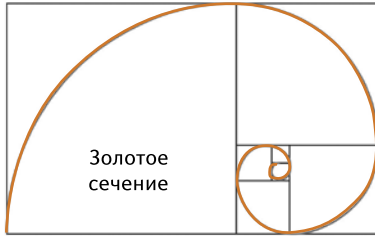
Мир трудно прогнозируем, но вполне закономерен...

“Что наверху, то и внизу”.

Трисмегист

“Что было, то и будет”.

Экклезиаст



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

Рис. 2.
**Идеология энергетической
фрактальности.**

кризисы и военно-революционные события в мире тесно коррелируются по времени с пиками солнечной активности³, и это дает возможность прогнозировать ожидаемые энергетические проявления, массовую активность населения, циклическую смену технологических укладов и всплеск инноваций в социоприродной среде⁴.

Развитие миро-системы представляет собой фрактально-циклическое подобие повторяющихся политических, экономических и социальных технологических структурных волн, имеющих периоды взлёта и падения, экстремальных состояний кризиса и качественного обновления.

Волновая структура миро-системы представляет собой 4-волновую конструкцию (рис. 2), где 3 восходящие волны представляют собой череду этапов политического расцвета, экономического расцвета и социального развития (с соответствующими корректирующими откатами), а нисходящая волна – пе-

риод стагнации и деградации системы. Соотношение длин ветвей этих волн определяется “золотой пропорцией”, имеющей в своей основе энергетические соотношения⁵.

Почему необходим метасистемный энергетический подход? Дело в том, что любой исходный потенциал (ресурсный и структурный) подвергается различным видам энергетических воздействий и в результате проявляется в конечном спектре разнообразных энергетических услуг для потребителей и в структуре национального богатства общества. Множество различных условий и многофакторный результат нельзя характеризовать единим индикатором по системе “вход–выход”, здесь необходим анализ многоцелевой и многокомпонентной “системы систем”. И уж тем более необходимо выбрать самый эффективный путь энергетической трансформации ресурса в результат, дающий возможность последующего количественного и качественного приумножения полезной работы. В этом и состоит задача нового метасистемного анализа и управления.

SoS-методология не претендует на некую “науку наук”. Но, базируясь на общих принципах энергетизма, на посту-

³ Энергетические истоки и последствия глобального кризиса 2010-х годов (под ред. Бушуева В.В., Громова А.И.). М.: ИАЦ “Энергия”, 2012.

⁴ Плакиткин Ю.А. В поисках закономерностей циклического развития глобальной энергетики. Междисциплинарный подход // Энергетическая политика, 2012, № 3.

⁵ Бушуев В.В. Пространственно-временные фракталы энергетического развития цивилизации. В сб. “Глобальные тенденции развития мира”. Материалы Всероссийской научной конференции 14.06.2012/ Центр проблем. анализа и гос-упр. проект. М.: Научный эксперт, 2013.

лате эргодинамики (устойчивое развитие есть непрерывное повышение энергоэффективности метасистемы за счёт расширенного воспроизводства структурного потенциала для совершенства полезной работы), именно SoS-методология даёт возможность качественно, по-новому комплексно подойти к исследованию сложных социоприродных систем с многообразием показателей функционирования и целей развития.

Одним из главных отличительных свойств этой методологии является переход от иерархического принципа организации и управления метасистемой к сетевой модели, основанной на локализации различных видов энергетических проявлений в отдельных подсистемах, энергоинформационной связности этих подсистем и мульти-агентном управлении. Это управление обеспечивает саморазвитие всей метасистемы за счёт локального самостоятельного поведения всех агентов (объектов и субъектов), сочетающих принцип “разумного эгоизма” каждого и общие интегральные цели устойчивого энергоэффективного функционирования, риск-анализ индивидуальных действий для обеспечения устойчивости и живучести всего сообщества, а также предотвращение действий, представляющих опасность для коллективного существования и развития в рамках общей метасистемы.

Для иллюстрации возможностей, новых механизмов и эффективности SoS-подхода рассмотрим общий алгоритм анализа и развития сложных объединений на примере трёх метасистем: энергоэкономической интеграции стран Евразийского сообщества, инфраструктурной интеграции энергетического комплекса мегаполиса (Большой Москвы) и энергоинформационного мира.

Метасистема энергоэкономической интеграции Евразийского сообщества

Начавшаяся трансформация Таможенного союза России, Республики Казахстан, Республики Беларусь поло-

жила начало новой форме интеграции стран на постсоветском пространстве Евразии. Попытки воссоздать на базе этого объединения иерархическую, политическую и экономическую систему типа нового СССР не только обречены на неудачу, но и грозят провалом любых интеграционных форм организации совместной жизни народов этих стран. Интеграция на новых метасистемных принципах организации социально-политического и экономико-производственного содружества, с сохранением суверенитета стран в вопросах самоуправления и координацией межгосударственных отношений в пределах “нового союза”, могла бы стать началом нового политического, а затем и экономического расцвета для этих стран. А задача и лидеров, и общества – сделать эти объективные возможности реальностью, основанной не на спонтанных решениях, а на осознанном применении принципов сетевой организации “нового союза” на Евразийском пространстве (от Бреста до Китая).

Метасистемный подход к организации такого “союза” предполагает выработку общей стратегии и последовательности интеграции, формулирующей как текущие решения, так и перспективные направления на период до 2050 года – время действия нового фрактала развития миро-системы. Политическая волна этого фрактала должна быть обеспечена разработкой и принятием приемлемых для всего сообщества новых принципов сетевой организации “союза” и мультиагентного управления социально-политическими процессами интеграции без неоправданной эйфории, но с ясными и привлекательными целями, дабы возбудить общественный интерес к новым формам совместного обустройства общего евразийского дома. И здесь, несомненно, конструктивную роль может сыграть наша общая историческая память – не противостояние Московии и Орды, а их единение в далёком прошлом для внутренней организации жизни и противостояния внешним силам (от Чингисхана и Ивана Калиты до Великой России и СССР в XX веке, кото-

рые были не “тюрьмой народов”, а единым многонациональным государством, хотя и построенным по имперскому принципу). В такой единой, совместно живущей в общем доме “семье народов” была неизбежна иерархия отца, старшего и младших братьев. Но сегодня, когда все люди и народы живут в своих индивидуальных квартирах, эти принципы централизованной иерархии жизни уже не работают, хотя тяга к совместному общежитию неискоренима. Пример Европейского союза показал, что политические лозунги интеграции сплавляют народы, хотя совместные экономические действия не всегда срабатывают, особенно в условиях существенного различия государств по величине экономического потенциала. Союз “угля и стали”, с чего, собственно, и началась экономическая интеграция Евросоюза, немало способствовал послевоенному возрождению Западной Европы, а нынешние финансовые взаимоотношения стран, объединённых общей валютой, но находящихся в экономически разных “весовых категориях”, например, Германии и Греции, не способствуют развитию единого экономического пространства.

Европейская энергетическая хартия как политический документ способствовала энергетической интеграции всех стран, и не только Евросоюза, а попытки принятия юридически обязывающего Договора к этой Хартии, как и третьего энергетического пакета, эту начавшуюся было интеграцию “рвут на части”.

Во избежание подобного рода ошибок необходима выверенная программа деклараций и действий при формировании Евразийского экономического союза. К сожалению, Евразийская экономическая комиссия пока не продемонстрировала подготовки к разработке такой программы, а конкретная реализация отмены таможенных пошлин привела не к укреплению товарооборота между странами будущего союза, а к излишним трениям между поставщиками и потребителями промышленной продукции.

Посткризисное развитие мира в начале 2010-х гг. (см. сн. 3) остро диктует необходимость перехода ко второй экономической волне фрактака – возврату от “виртуальной экономики” к неоиндустриализации. Это предполагает не просто быстрый рост промышленного производства как в развивающихся, так и развитых странах, а качественный переход к “умной” и “зелёной” экономике, основанной на сочетании идей “трёх Э” (экономики, экологии, энергетики) и информационных систем интеллектуального управления. Это требует нового энергетического фундамента вновь создаваемого дома.

Общие метасистемные принципы экономической интеграции стран предполагают, что начинать надо с формирования общей транспортно-энергетической и институциональной инфраструктуры больших объединений. А для этого необходима разработка документа общественного согласия – Евразийской энергетической доктрины. **Концептуальный проект** такой Доктрины⁶ в инициативном порядке при поддержке Правительства Республики Казахстан был разработан в 2012 г. совместными усилиями Института энергетической стратегии (г. Москва) и Казахского института экономических исследований (г. Астана). В нём сделан акцент на приоритеты и принципы **энергетического сотрудничества**, обеспечивающего:

- сетевую организацию инфраструктуры по принципу создания высоконадежных ячеистых структур;
- мультиагентное управление энергосистемами различных государств;
- ограниченный набор функций, передаваемых на уровень межнационального арбитражного регулирования⁷;
- единство нормативно-правового обеспечения режимной эксплуатации

⁶ *Евразийская энергетическая доктрина (концептуальный проект). Приложение к журналу “Энергетическая политика”. Москва–Астана, ИД “Энергия”, 2012.*

⁷ *В основном, принятие правил технической унификации (класса напряжения воздушных линий электропередачи, мощности агрегатов, типов новых источников генерации, накопления энергии).*

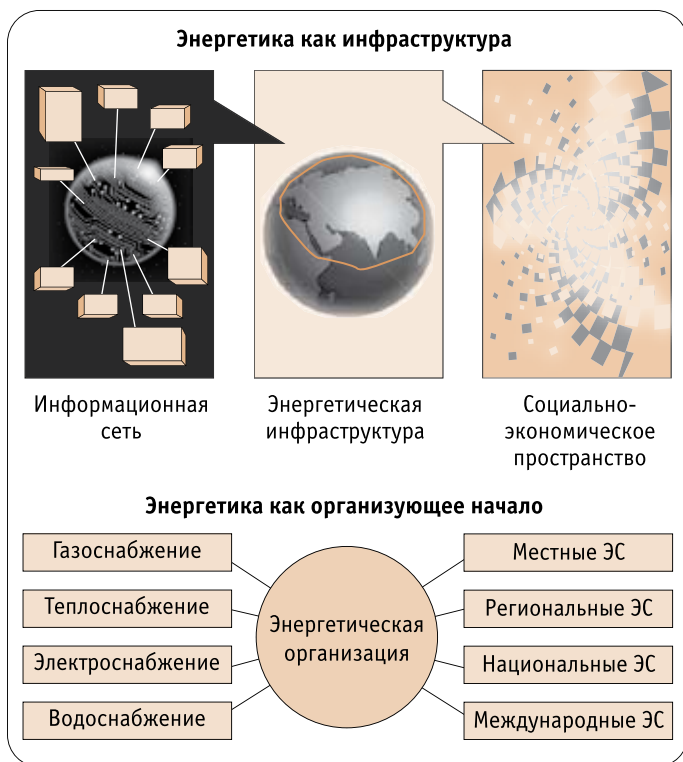


Рис.3.
Энергетика как система систем.

и развития объединенной энергосистемы;

- распределение ответственности за обеспечение энергетической безопасности регионов;

- риск-анализ живучести.

Широкое публичное обсуждение этой Доктрины среди специалистов, политиков и населения позволит заранее определить границы размежевания прав и ответственности национальных энергетических структур, обеспечения эффективного использования природных энергетических ресурсов стран и размещения энергоёмких производств с наименьшими затратами на их энергоснабжение.

Если для Единого экономического пространства энергетика представляет собой инфраструктурную основу такого объединения, то информационная сеть является инфраструктурой

энергетической интеграции стран. В то же время сама энергетика выступает как организующее метасистемное начало различных видов энергоснабжения (газо-, тепло-, электро- и водоснабжения) с пространственной их интеграцией в энергосистемы различного уровня (рис. 3).

Инфраструктурная интеграция энергетического комплекса мегаполиса (Большой Москвы)

Среди пространственной интеграции различных систем энергоснабжения в единую инфраструктуру особое место занимает энергосистема мегаполиса типа “Большой Москвы”.

Применительно к этой задаче идеология мета-

системного подхода означает концепцию комплексного развития топливно-энергетического хозяйства и коммунальной инфраструктуры в “энергоэффективном городе”.

Энергоэффективность в данном случае означает комплексное использование всех ресурсов: природных, социально-производственных, человеческого капитала для обеспечения качества жизни населения и развития удобного проживания коллективного дома – городской агломерации. В качестве критерия эффективности метасистемы может рассматриваться отношение прироста результирующего национального богатства региона к величине используемых ресурсов. Особенностью SoS-методологии является возможность использования комплексных оценок всех ресурсов на входе и выходе метасистемы на основе изложенных в работах⁸ (см. также

⁸ Астахов А.С., Бушуев В.В., Голубев В.С. Устойчивое развитие и национальное богатство России. М.: ИАЦ “Энергия”, 2009.



Рис. 4.
Энергетическая инфраструктура
города Москвы.

сн. 1) интегральных оценок национального богатства мира, России и её регионов.

Применительно к задачам оценки эффективности энергетического сектора этот критерий должен также отражать и специфические показатели, в том числе:

- индикаторы энергетической безопасности региона (достаточности ресурсов и мощностей, ценовой доступности, технологической и экологической допустимости);

- КПД различных систем энергоснабжения в виде энерго- (электро-, газо-, тепло- и водо-) ёмкости конечного результата (валовый региональный продукт и/или прирост национального богатства);

- оценки живучести системы энергоснабжения, учитывая надёжность оборудования и схемных решений обеспечения управляемости мультиагентных систем с участием “активного” потребителя;

- инвестиционный эффект капиталовложений в развитие энергетики и смежных систем (транспорта, строительства, производства оборудования);

– социальный эффект “интеллектуальных” систем энергоснабжения.

Именно по этим общесистемным показателям будет учитываться не только эффективность каждой из подсистем энергоснабжения, но и формироваться общая инфраструктура энергетической “системы систем”.

Для “Большой Москвы” исключительно важно не повторять прежних ошибок, когда вся инфраструктура города развивалась по радиально-кольцевой схеме (рис. 4).

Такая централизация инфраструктуры уже привела к транспортному коллапсу, недопустимой по экологическим соображениям концентрации ТЭЦ и растущим энергетическим перетокам из “старого” города внутри МКАД в новые районы Москвы и области. С учётом неодинаковой концентрации нагрузок в новой городской агломерации необходимо отказаться от сверхжёсткой централизации размещения генерирующих источников в пользу их сбалансированного развития вблизи центров энергопотребления. 98%-ная монополизация газа как основного ресурса в ТЭБ Москвы всерьёз угрожает энергетической безопасности города. Это означает, что в энергетической схеме “Большой Москвы” должны учитываться и возможности децентрализованного энергоснабжения (рис. 5) не только на газе, но и на местных ресурсах, в том числе с помощью ВИЭ.

В результате эта схема будет иметь ячеистую (сотовую) конструкцию с учётом внешнего энергетического кольца линии электропередачи сверхвысокого напряжения и глубоких кабельных и сетевых вводов к центрам концентрированной нагрузки. Именно ячеистые (сотовые) схемы энергетических коммуникаций (по сравнению с равномерно распределённой и узловой структурой) обладают повышенной надёжностью и удобны для энергетического самообеспечения. Подобные инфраструктурные

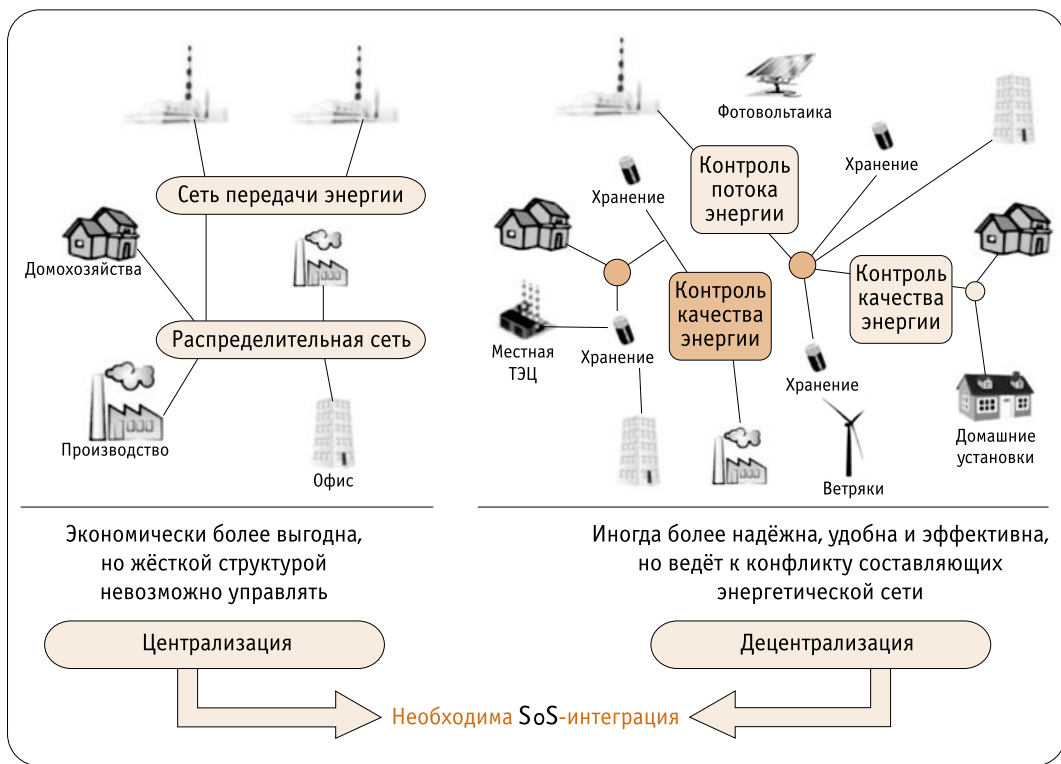


Рис. 5.
Централизация и децентрализация энергоснабжения.

схемы являются прообразом будущих сетевых структур мультиагентного управления, ибо не требуют избыточной информации обо всей системе и идущих сверху управляющих сигналов.

Сетевые энергетические структуры являются отражением фрактального подхода и SoS-методологии, формируя не вертикальную иерархию, а горизонтальные связи между подобными блоками пространственной инфраструктуры мегаполиса.

Формирование общей энергетической инфраструктуры требует интеграции электро- и газораспределительных систем в единый комплекс, как с точки зрения согласованности показателей их развития, так и технологической взаимоувязки конфигурации сетей, взаиморезервирования и общего управления режимами, а главное – с учё-

том социальной энергоэффективности для населения.

Построение системы газификации и электрификации потребителей в мегаполисе в соответствии с SoS-методологией также потребует новых решений. В частности, в условиях плотной городской застройки вряд ли необходимо тянуть газораспределительные сети к каждому дому. Растущая величина аварий и взрывов газа в этой сети и у населения ставит под сомнение эффективность сплошной газификации быта. Энергоснабжение крупных мегаполисов всё больше развивается по пути электрификации ЖКХ, в том числе и за счёт электроотопления. Нынешняя схема централизованного теплоснабжения неудовлетворительна хотя бы потому, что свыше 40% тепла не доходит до потребителя, а ежегодные ремонты тепловых сетей и плановые перерывы в подаче горячей воды летом – это анахронизм, недопустимый для города XXI века.

Разговоры о якобы общепризнанной экономической эффективности цен-

трализации энергоснабжения не учитывают того факта, что за всё платит потребитель, и он должен иметь право выбора вида и схемы своего энергообеспечения – собственного или внешнего. Во многих городах мира наблюдается переход от асимметричной схемы внешнего энергоснабжения промпредприятий и даже жилого сектора к симметричной схеме, когда потребитель не только выходит на самобаланс, активно используя вторичные ресурсы – отходы своей бытовой и производственной деятельности, но и отправляет избыточную энергию, получаемую за счёт индивидуальных ВИЭ, в электрическую сеть.

Технологические задачи и направления развития энергетической инфраструктуры мегаполиса включают в себя:

Инвестиционные задачи, в том числе:

– анализ структуры энергопотребляющего сектора и спроса на различные виды энергоносителей;

– анализ структуры и размещения энергопроизводящего сектора, собственного производства электроэнергии и внешнего энергоснабжения, централизованного и децентрализованного энергоснабжения “Большой Москвы”;

– структурные трансформации энергоснабжающих систем в региональные и местные энергетические системы с активным участием потребителя как соинвестора развития энергетики.

Инновационные задачи, в том числе:

– разработка новых технологий когенерации, тригенерации⁹ и накопления энергии с расширением номенклатуры, качества и надёжности предоставляемых энергетических и энергосервисных услуг;

⁹ **Когенерация** (название образовано от слов *комбинированная генерация*) – процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии. **Тригенерация** – это комбинированное производство электрической, тепловой энергии и холода. При этом холод вырабатывается абсорбционной холодильной машиной, потребляющей не электрическую, а тепловую энергию.

– стимулирование к освоению новых энергосберегающих и энергоэффективных технологий у потребителя с целью улучшения конечного результата – производительности труда, качества и комфорта быта у населения, утилизации отходов и использования ВИЭ и вторичных энергетических ресурсов;

– развитие новых экологически безопасных систем общественного транспорта (гибридных и электромобилей) в интересах населения, городского хозяйства и социальной сферы мегаполиса;

– развитие интеллектуальных энергоинформационных систем типа “умный город” с комплексным и адаптивным управлением подсистемами интегрированной общенергетической SoS.

Инфраструктурные задачи, в том числе:

– корректировка схемы внешнего энергоснабжения города Москвы и создания “глубоких вводов” 220–500 кВ для присоединения к Единой национальной электрической сети России (ЕНЭС), а также предложения по демонаполитизации внешнего газоснабжения с учётом требований энергетической безопасности региона;

– разработка моделей и схем интеграции электро-, тепло-, газо- и водоснабжения потребителей “Большой Москвы” с учётом взаимоувязки, взаимодополнения и взаиморезервирования подсистем SoS с ориентацией на социальный и экономический эффект конечного энергопотребления;

– развитие сетевой инфраструктуры энергоинформационных систем мониторинга состояния и управления развитием интегрированных SoS в энергетике мегаполиса.

Каждое из направлений технологического развития SoS в энергетике мегаполиса при необходимости может раскрываться через конкретные задачи и их решения, представляющие собой последовательные уровни детализации общей проблемы энергоэффективности “Большой Москвы”. Они могут быть конкретизированы

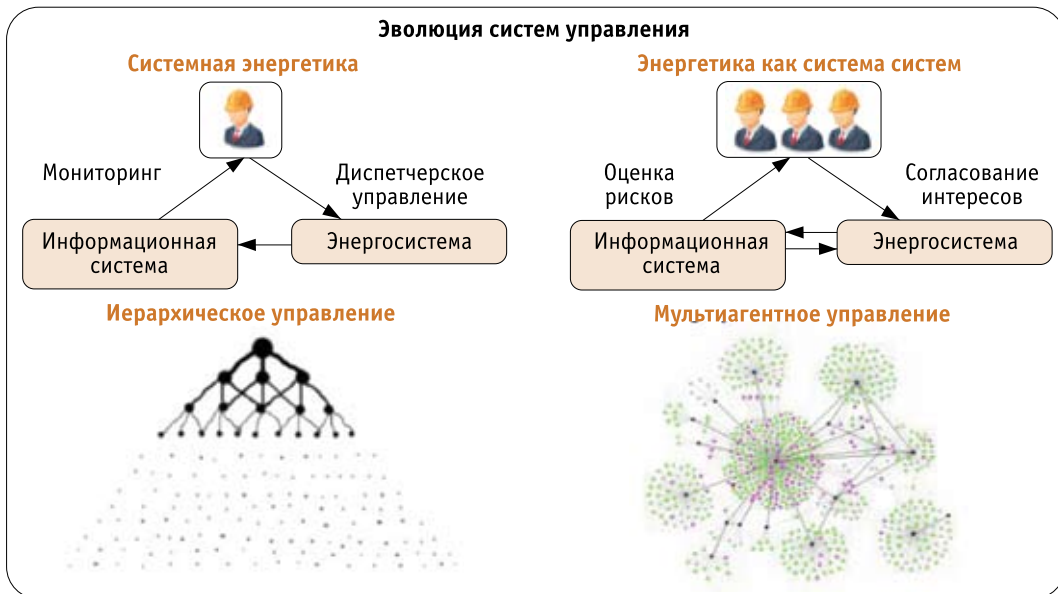


Рис. 6.
**“Умная и интеллектуальная”
 энергосистема: нейронная
 энергоинформационная система.**

при формировании комплексного плана перспективного развития мегаполиса.

Энергоинформационный мир

Цивилизация находится на пути к новому электрическому миру. Это означает, что конечным энергоносителем для большинства потребителей становится электрическая энергия как наиболее эффективная (с точки зрения надёжности и управляемости) и удобная форма осуществления полезной работы.

Это относится как к ЖКХ (электроотопление), промышленному сектору (сталеплавильные печи, чистые способы получения новых материалов), так и к транспорту (гибриды и электромобили). Поэтому, если динамика потребления нефти в мире к 2050 г. ожидается с нулевым (а возможно, и отрицательным) ростом, увеличение газопотребления (в том числе и преимущественно для выработки электроэнергии) составит 2.1 раза, то по-

требление электроэнергии вырастет в 3.2 раза в первой половине XXI в.

Отличительной особенностью нового электрического мира является не только его масштабный эффект, но и высокая степень организованности и управляемости. По сути дела новый электрический мир станет единым энергоинформационным миром, в котором информационная сеть будет не надстройкой над силовой электроэнергетикой, а её инфраструктурной базой (рис. 3). Даже технически уже сегодня по ЛЭП передаются сигналы связи (информационные и управляющие сигналы), а информационные сети используются как направляющие для резонансной электропередачи¹⁰.

Интеграция различных систем энергообеспечения в единую энергетическую инфраструктуру, межгосударственное объединение транспортно-энергетических коммуникаций – всё это требует взаимосвязки энергетических и информационных систем, составляющих

¹⁰ Крюков В.А. Формирование энергоинформационной инфраструктуры на основе парадигмы интегрированной интеллектуальной распределительной сети передачи электроэнергии и данных // Энергетическая политика, 2012, № 4.

единую метасистему. Должна произойти эволюция систем управления – переход от “умной” к “интеллектуальной” энергетике и нейронной энергоинформационной системе с эргатическим (человеко-машинным) мультиагентным управлением (рис. 6).

Если в “умной” энергетике информационная система предназначалась, в основном, для диагностики и мониторинга состояния “силовой” энергосистемы, а диспетчерские и стратегические решения принимались на уровне верхних управляющих, то в “интеллектуальной” энергетике решения принимаются на горизонтальном уровне сетевых структур, а координирующий центр осуществляет оценку рисков принятия (и непринятия) таких решений для живучести и эффективности метасистемы, арбитраж и согласование интересов самостоятельных субъектов управления.

Подобная схема накладывает особые требования к развитию информационной техники и организации взаимодействия объектов и субъектов управления. Интеллектуализация энергетике сводится не только к её оснащению новым оборудованием с развитыми информационно-управляющими блоками, но и к внедрению структур и новых алгоритмов, обеспечивающих самонастройку и саморазвитие систем. Особое внимание при этом должно уделяться “активному” потребителю как субъекту управления. Эргатичность мультиагентного управления предполагает использование алгоритмов подобных тем, которые принимает человек. Поэтому инструментарием для построения таких систем является нейромоделирование¹¹ с последующим переходом к использованию когнитивных систем.

Нейронные сети являются разновидностью структур искусственного интеллекта, моделирующих разветвлен-

ный (во времени и пространстве) процесс экспертной диагностики объекта (в виде ощущений и других качественных оценок), интеграции его образного восприятия в сознании (либо на искусственной панели) и принятия решений либо на основе сопоставления полученного образа с априори заданной эталонной моделью, либо путём самообучения системы эволюционным методом проб и минимизации ошибок.

В настоящее время нейромоделирование находит всё более широкое применение в различных сферах энергетики при прогнозировании цен и спроса, диагностике состояния и оценке надёжности, при выборе приоритетных направлений инновационного развития.

Одной из новых задач, решение которых потребует структурного прогнозирования, является формирование технологического тезауруса (памяти, банка данных) в виде метасистемы, интегрирующей отдельные технологии и технологические цепочки в общие технологические кластеры.

В данном случае SoS-методология предусматривает не только сетевой принцип организации тезауруса с фрактальным подобием информационных подсистем банка знаний по отраслям ТЭК, по степени освоенности различных технологий, но и оценку их общей эффективности.

Новая методология формирования интегрированного банка заключается в формировании такой нейроподобной сети, которая обеспечила бы “интеллектуальную” связь между набором технологических модулей и ожиданиями пользователя, обеспечивая при этом самоорганизацию этих модулей в общую технологическую конструкцию с заданными структурными и функциональными свойствами.

Использование таких технологических кластеров позволяет интегрировать “силовую” часть энергетических установок и технологических структур тезауруса в единую саморазвивающуюся систему.

¹¹ Каменев А.С., Королёв С.Ю., Сокотущенко В.Н. Нейромоделирование как инструмент интеллектуализации энергоинформационных систем. М.: ИАЦ “Энергия”, 2012.