

ВЕСТИ *ELECTRIC POWER* NEWS

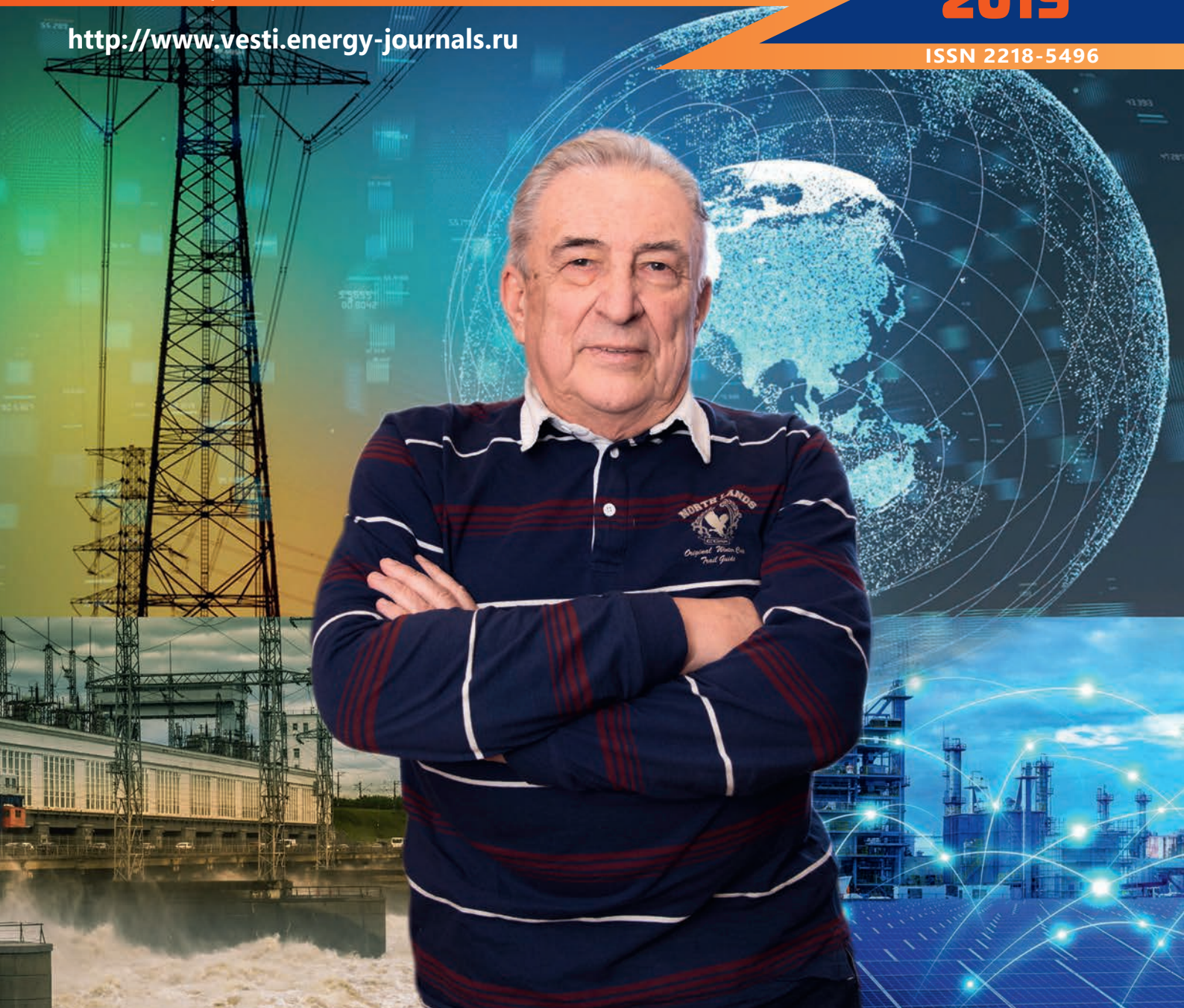
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2019

<http://www.vesti.energy-journals.ru>

ISSN 2218-5496



Виталий
БУШУЕВ

80
лет



ВЫПИСКА

**Министерство энергетики
Российской Федерации**
(Минэнерго России)

П Р И К А З

«30» октября 2019 г.

Москва

№ 167П

О награждении Бушуева В.В.

За большой личный вклад в развитие топливно-энергетического комплекса, многолетний добросовестный труд и в связи с 80-летием со дня рождения п р и к а з ы в а ю:

Наградить медалью «За заслуги в развитии топливно-энергетического комплекса» I степени Бушуева Виталия Васильевича — генерального директора ООО «ГУ ИЭС», Москва.

Министр

А.В. Новак

ВЕРНО:
Советник
30.10.2019



В.В. Фоничкина



Уважаемый Виталий Васильевич!

Сердечно, от всей души поздравляю Вас с юбилеем!

Вся Ваша славная трудовая деятельность, а это почти 60 лет, неразрывно связана с электроэнергетическим комплексом страны. Вы более 15 лет успешно возглавляли Сибирский научно-исследовательский институт энергетики Главниипроекта Минэнерго СССР, создали уникальную научную школу по энергетической безопасности и энергетической стратегии, стали основателем нового направления теории эргодинамики.

В разные годы Вы также блестяще проявили себя в качестве депутата Верховного Совета СССР, председателя подкомиссии по энергетике Комиссии Совета Союза Верховного Совета СССР, заместителя министра топлива и энергетики России. В непростой для страны период Вы внесли значительный вклад в формирование новой энергетической политики нашей страны. С 1998 года Вы являетесь бессменным главой Института энергетической стратегии, который под Вашим руководством стал ведущим научным центром в сфере энергетического стратегирования.

Почти 25 лет назад Вы организовали выпуск общественно-делового, научного журнала «Энергетическая политика», а теперь занимаете ключевую должность научного редактора издания. В том числе благодаря Вашему авторитету и профессионализму, журнал стал ведущей научной и экспертной площадкой среди профильных средств массовой информации.

Вы внесли неоценимый вклад в развитие мировой энергетической науки, пользуетесь неизменным уважением коллег как в России, так и за рубежом. Ваше мнение всегда ценно, Вы досконально разбираетесь в самых узких аспектах отрасли и имеете аргументированную выверенную позицию по каждому направлению.

Желаю Вам крепкого здоровья, реализации самых смелых идей и новых научных достижений!



*Министр энергетики
Российской Федерации
А.В. Новак*

Философия энергии

Известный российский учёный, действительный член Инженерной академии и РАЕН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, почётный энергетик СССР, доктор технических наук, профессор Виталий Васильевич Бушуев на протяжении многих лет системно занимается вопросами философии энергетики. Философский подход к осмыслению энергетических процессов и связей «энергия — природа — человек» позволяет государству правильно формировать основы долгосрочной энергетической политики, эффективно решать практические задачи.

Обладая глубокими научными знаниями и большим практическим опытом в энергетике, В.В. Бушуев четырежды входил в рабочую группу по подготовке Энергетической стратегии России (ЭС), возглавлял коллективы разработчиков (ЭС-2020 и ЭС-2030). Он — эксперт в области «энергетический форсайт».

В.В. Бушуев является основоположником двух новых научных дисциплин — энергологии и энергодинамики, запрос на которые уже назрел в научном и энергетическом сообществах.

Путь к философии энергетики органично вписывается в его биографию.

Виталий Васильевич родился 22 ноября 1939 года в городе Соликамске Пермской области в семье гидростроителя. Несмотря на то, что семья постоянно переезжала с одного строящегося объекта на другой и мальчику пришлось сменить девять школ, он окончил школу с золотой медалью.

В 1961 году с красным дипломом окончил Куйбышевский индустриальный институт. Получив специальность «инженер-электрик», по приглашению отправился вместе с женой на работу в Сибирский научно-исследовательский институт энергетики (СибНИИЭ, Новосибирск), где прошёл путь от старшего лаборанта до директора института. За почти 20-летний период руководства СибНИИЭ В.В. Бушуев сумел превратить рядовую периферийную организацию в один из ведущих научных центров отрасли.

СибНИИЭ занимался вопросами обеспечения надёжности параллельной работы восточного крыла Единой электроэнергетической системы страны с учётом дальних и сверхдальних электропередач СВН, а также освоением электропередач СВН и УВН (1150–1800 кВ).

Под руководством В.В. Бушуева в СибНИИЭ активно велись работы по использованию новых методов и средств управления режимами энергосистем, был создан единственный в мире высоковольтный испытательный комплекс (ВИК), где проводились испытания линейной части ВЛ УВН, новых материалов и оборудования, а также уникальный физический комплекс со СПИН в составе общей модели энергосистем.

Работы СибНИИЭ значительно опередили своё время. После распада СССР и существенного снижения общего уровня научных исследований они оказались невостребованными. Но сегодня, когда возрождается интерес к вопросам живучести энергосистем и высоковольтным электропередачам, к использованию СПИН и работам по электромагнитной совместимости, опыт СибНИИЭ может быть эффективно использован и в современных условиях.

Поворотным моментом в жизни В.В. Бушуева стало его избрание в 1989 году депутатом Верховного Совета СССР. Вплоть до окончания депутатских полномочий в 1991 году он занимал в ВС СССР пост председателя подкомитета по энергетике.

С 1992 по 1998 год работал председателем Комитета по энергосбережению, заместителем министра топлива и энергетики России, исполнял обязанности председателя Комитета нетрадиционных видов энергии и энергоресурсосбережения.

В 1998 году организовал Институт энергетической стратегии (ИЭС), который возглавляет до сих пор. Является экспертом в области «энергетический форсайт».

Выполняя исследовательские проекты по заказу крупных энергокомпаний и научных организаций, ИЭС в то же время ведёт глобальные научные разработки для будущих поколений.

В.В. Бушуев — автор более 200 научных трудов, в том числе 18 монографий по вопросам системологии, методологии устойчивого развития и энергоэффективности, энергетической политики и прогнозирования будущего мировой энергетики.

Награждён орденом «Знак Почёта» и медалями СССР.

У Виталия Васильевича большая семья: два сына, четыре внука, два правнука. А это самая большая награда!

Интеграция материи и духа



Посмотреть на энергетику с высоты философии дано не каждому. Поэтому многие мысли, высказанные Виталием БУШУЕВЫМ, могут показаться не просто неожиданными — ошеломляющими. Но главное — они заставляют по-новому взглянуть на казалось бы привычные вещи.

— Виталий Васильевич, первый вопрос к вам как к большому учёному, понимающему систему связей в науке и мире, основоположнику двух новых направлений в энергетике — энергологии и эргодинамики. Что общего между электроэнергетикой и философией? Как эти сферы влияют друг на друга?

— Сейчас в печати находится моя новая работа «Введение в энергологию». Там есть ответ и на ваш вопрос, и на многие другие. Надеюсь, книга окажется полезной, прежде всего, с научной точки зрения.

Как-то мой младший внук спросил меня: «Дед, ты занимаешься энергетикой?» — «Да». — «Ты учёный?» — «Да». — «Значит, изучаешь энергологию?» — «А что это такое?» — спрашиваю. — «Как что? Наука об энергии». С тех пор термин «энергология» я взял на вооружение. Энергология — это система знаний об энергии. В традиционном понимании она относится только к энергии человека. На самом деле между энергией человека, энергией Космоса и энергией технических средств нет принципиальной разницы. Существует разница в количественных параметрах, но все существующие виды энергии являются разновидностями одной общей энергии. Это исповедовали ещё античные философы.

В науке я исповедую принцип Аристотеля, который рассматривал «энергию» как всякое действие, в противовес «потенции» как возможности и «результат» как новый источник дальнейшего развития.

Принцип замкнутости Аристотелевской триады «потенциал — работа — результат» я положил в основу науки об энергии.

Термин «энергия» я трактую в духе основоположника энергетизма, лауреата Нобелевской премии по химии Вильгельма Оствальда: энергия —



это всё. Энергия интегрирует материю и дух. Такой энергетический подход позволяет уйти от многовекового спора философов: что первично — материя или сознание? На самом деле, всё замкнуто, всё связано между собой, нет начала и нет конца. В этом заключается и суть энергологии: энергия — это система взаимных и обратных связей, составляющая замкнутое кольцо и отрицающая принцип причинно-следственных связей (они возможны только на искусственно выделенных отдельных участках времени). Энергетическая система — наглядный пример реализации триадического подхода «потенциал — работа — результат» в философии на примере электроэнергии.

Философский подход позволяет понять глубокие процессы, которые происходят в энергетике. Мы являемся свидетелями нового технологического перехода в энергетике и очевидцами и участниками изменений, связанных с этим переходом. 20-й век был веком силовой энергетики, потому что индустриализация экономики требовала концентрации мощностей, развития конвейерного производства, создания промышленных предприятий, колхозов и т.д. XXI век — век распределённой энергетики, когда есть потребность в больших и малых элек-

троустановках, в разных видах источников энергии. Поэтому я не противопоставляю большую и малую энергетику, традиционные и нетрадиционные источники и категорически против понятия «альтернатива». ВИЭ-энергетика не может быть альтернативой топливной энергетике, она занимает своё место в энергобалансе и имеет крайне важное значение для определённых территорий.

Переход к новой парадигме заставляет нас отказаться от ряда привычных ориентиров и сравнений, выводя на передний план ключевое значение энергетики: она должна быть удобной для потребителя и радовать его.

Как-то мы были в Швеции на конференции по энергосбережению. Мероприятие проходило в большом светлом зале, днём. И при этом горит роскошная люстра. Говорю организаторам: «Ребята, вы что? У нас конференция по энергосбережению, а у вас тут люстра светит!» Вы знаете, какой был ответ? «Так ведь это красиво». То есть, для человека важен не только функционал энергетики, но и красота. И это должно быть постоянно в уме энергетиков.

Новая философия, которую я пытаюсь донести до профессионального сообщества, состоит в том, что надо уходить от чисто технических понятий и физических представлений об окружающем мире и переходить к комплексным, где окружающая среда, природа, человек, общество как социальная сфера составляют единое целое. Энергетика является системой жизнедеятельности этого целого. Если мы поставим такую задачу, то будем выбирать, какие энергетические источники, в каком количестве, в каком виде использовать, чтобы обеспечить требования этой жизнедеятельности.

Самое главное — сформулировать эти требования. Они не поддаются традиционному количественному измерению, поскольку количественные понятия с точки зрения результата жизнеобеспечения системы не очень подходят.

— **В мире есть сторонники вашей теории?**

— Не могу пересчитать их по пальцам, но точно знаю, что похожие представления зреют в головах многих людей, в том числе у энергетиков.

— **Какую роль в понимании развития энергетики играет фундаментальная наука?**

— К сожалению, фундаментальной энергетической науки уже нет. Она ведь у нас была великолепная! Начиная с Велихова — Александрова и заканчивая Иркутским НИИ им. Мелентьева, который науку об энергии понимал очень широко вплоть до ноосферы. Сейчас этими вопросами практически ни-

кто не занимается. Потому что фундаментальные исследования стоят дорого, а платить некому. Раньше платило государство, потому что думало о будущем и понимало важность постановки новых задач перед академиками. Теперь на академические мудрствования денег никто не даёт, от академиков требуют практических решений, приносящих скорую отдачу.

Тем не менее, есть руководители, которые понимают ценность глобальных исследований. В своё время у меня был хороший альянс с профессионалами из РАО «ЕЭС России», среди которых были и люди науки. Они заказывали нашему институту разработки по нормативной базе в электроэнергетике. А когда я просил у них деньги на философские исследования, делали большие глаза: «Да ты что! Нам нужны конкретные разработки!» И добавляли: «В сумму на конкретику заложены и расходы на теоретические исследования. Философствуй, мы тебе доверяем». Такое доверие очень выручало, давало возможность заниматься фундаментальной работой. С ликвидацией РАО «ЕЭС России» исследованиями удаётся заниматься от случая к случаю.

Последним удачным проектом был заказ от «РусГидро», которое заказало нам разработать Комплексную программу развития гидроэнергетики, причём не только по производству и передаче электроэнергии от ГЭС, но и по комплексному использованию водохранилищ, по другим направлениям. Часть денег нам негласно разрешили пустить на теоретические исследования. Благодаря этому мы смогли рассмотреть гидроэнергетику как составляющую часть водно-земельного комплекса, занялись проблемами геотории (экономической географией территорий) потенциальными возможностями получения энергии из гидросферы, проработали вопрос о том, что такое природоподобные технологии и т.д.

Ещё раз подчеркну, что наш институт во многих вопросах является не самостоятельным разработчиком проблемы (от «а до я»), а выступает как научный координатор, формулируя комплексную проблему и пути её решения матасистемным методом «System of System». И лишь в силу нашего авторитета в таком качестве удаётся реализовать некоторые идеи, в частности по разработке Энергетической стратегии России. К сожалению, системной теоретической работы в стране не ведётся вообще. А она должна быть. Мир меняется, необходимо новое научное представление об энергетике во всех её связях и трансформациях. Крайне необходимы форсайт-ные научные исследования. Возможно, они кажутся преждевременными, но очень скоро без них нельзя будет двигаться дальше. Есть компании, которые это понимают.

К ним я отнёс бы ФСК ЕЭС. Они нам заказали форсайт развития Единой национальной энергетической системы. Предупредили: нужна не программа, а представление о том, как будет развиваться ЕНЭС в перспективе. Этот заказ позволил нам «порезвиться» с точки зрения обоснования роли накопителей энергии, определения энергетической инфраструктуры не как следствия созданных объектов, которые нужно соединить между собой линиями электропередачи, а как источника требований, предъявляемых к элементам замкнутой системы.

Мы несколько трансформировали понятие «азиатское энергетическое кольцо», идею создания которого в XX веке высказали советские исследователи, а сейчас продвигают китайцы. Китайские эксперты выдали хорошую идею — создать энергокольцо вдоль БАМа, через Китай и Казахстан. Но не до конца понимали, как её осуществить. Мы предложили (и они согласились) рассматривать энергетическое кольцо как систему сборных шин, к которым будут постепенно подключаться и энергопотребители, и генерирующие источники. По нашим представлениям, правильнее заняться не строительством линий электропередачи от точки А до точки Б, способных выдать ту или иную мощность, а созданием инфраструктурного кольца, которое даст толчок к развитию и оптимальному размещению новых источников энергии и новых потребителей. «Евразийское энергетическое кольцо» даст импульс к системному экономическому развитию востока нашей страны. Да, оно потребует серьёзных вложений. Но они окупятся завтрашним днём. А мы обязаны думать о завтрашнем дне.

Нельзя решать проблемы энергоснабжения в пожарном порядке: сегодня появилась мощность — срочно строим линию. Это тупиковый путь. История создания Единой энергетической системы

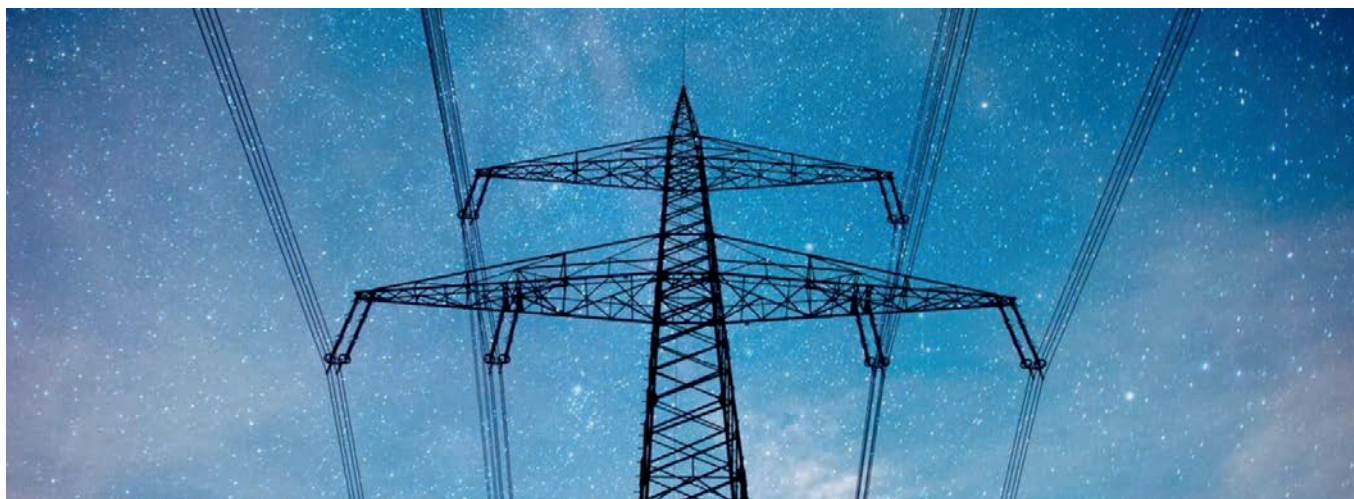
России демонстрирует нам, какими должны быть подходы к системным вопросам.

Идея формирования Единой энергетической системы заключалась в том, чтобы не просто соединить источники генерации линиями электропередачи, а создать предпосылки для развития новых мощностей — гидротехнических, тепловых, атомных — в разных точках, для эффективного использования ресурсов, разнесённых по территориям (угольные, водные и т.д.), создавать условия для размещения производительных сил.

Сегодня вопрос инфраструктурного развития для России крайне актуален. Невозможно построить всё и сразу, и не надо этого делать. Достаточно в уме держать целостность будущей инфраструктурной сети, уметь рисовать её на бумаге, постепенно создавать отдельные элементы этой сети, понимая, как они будут вписаны в общую систему. Наша идея формирования единой энергетической инфраструктуры Евразии — не только электроэнергетической, но и железнодорожной, водной (Северный морской путь) — на мой взгляд, очень перспективна. На данном этапе она важна не столько для практической реализации, сколько для осмысления, какой она должна быть и как впишется в общее развитие страны.

— Минэнерго России готовит Энергетическую стратегию России до 2030 года, которую обещает обнародовать в декабре 2019-го. Вы были руководителем группы по разработке ЭС-2020 и ЭС-2030, в связи с этим вопрос: какие цели и параметры должны быть поставлены в новой стратегии? На какую основу она может опираться?

— Работу над стратегией 2030 начинал ещё наш институт. В 2012 году мы вышли с концептуальными идеями новой Энергетической стратегии страны.





Документ поддержали и министр энергетики РФ и Общественный совет при Минэнерго России. Но председатель Общественного совета Герман Греф потребовал, чтобы в энергостратегию были внесены новые технологии, которые за 15 лет перевернут всю энергетическую сферу. Мы доработали документ с учётом *возможных* технологических прорывов, а когда пошли согласовывать по инстанциям, оказалось, что этого нет, того не будет, а средства на технологический прорыв вообще не предусмотрены. Короче, стратегию начали обрезать, и дообрезались до того, что она потеряла инновационную значимость и перспективность.

Могу сказать только одно: то, что сейчас готовит Минэнерго — это стратегия не развития, а выживания. Тем не менее, она должна быть принята. Потому что необходимо приступить к разработке новой Энергетической стратегии — до 2050 года.

— Какой должна быть ЭС-2050?

— Я глубоко убеждён, что это должна быть стратегия инфраструктурного развития. Уверен, что в этот период в развитие в полной мере будет вовлечён Дальний Восток.

Какие будут создаваться мощности — атомные, гидро-, ВИЭ — не важно, какие будут построены заводы и предприятия — тоже никто пока не знает. Важно, что они там будут. Потенциальные инвесторы придут на те территории, где есть энергетическая инфраструктура. В этом и должна состоять суть новой энергетической стратегии.

— Ещё один идеологический вопрос касается плана ГОЭЛРО. Вы как-то сказали, что план ГОЭЛРО должен быть на столе каждого современного руководителя, каждого специалиста, занима-

ющегося вопросами электроснабжения и электрификации. Вы и сейчас того же мнения? Что может дать специалисту XXI века старая книга?

— Позвольте спросить: зачем современному человеку Библия? План ГОЭЛРО — это Библия для энергетиков. Не с точки зрения цифровых расчётов, которые там есть, и не с точки зрения генеральных схем и перечня размещения объектов, которые поистине великолепны. Это Библия с точки зрения органической нацеленности электрификации на конечный результат — на развитие общества. В то время нужно было что? Электрические лампочки в деревнях, энергоёмкости для создания крупной промышленности. План ГОЭЛРО отвечал этим задачам. Сегодня целевые задачи другие. Но план ГОЭЛРО по-прежнему актуален — не как руководство к действию, а как напоминание о том, что есть вечные непреходящие ценности, объединяющие цель и средства её достижения.

Сама идея, заложенная в плане, демонстрирует, как конечная социально-политическая задача решается с помощью организации общества и применения технических средств. Тогда она звучала так: «Коммунизм есть советская власть плюс электрификация всей страны». Сегодня её звучание, на мой взгляд, выглядит так: «Новое информационное общество есть сочетание государственного целевого видения плюс техническая реализация в виде энергетического интернета». Несмотря на видимую разность выражений, это одна идея Большого плана.

— Вы более полувека работаете в энергетике. Почти 20 лет возглавляли Сибирский научно-исследовательский институт энергетики, были заместителем министра топлива и энергетики РФ, затем вернулись в науку. Какие ключевые вехи случались на вашем пути за это время? Как менялись отрасль, страна и ваши взгляды?

— На протяжении жизни у любого человека есть примерно три поворотных этапа. Есть они и у меня. Первый — когда я закончил Куйбышевский индустриальный институт по специальности «инженер — электрик» и попросил направление в Новосибирский академгородок. Красный диплом открывал большие возможности: у меня была масса предложений, позволявших пойти на производство, заниматься релейной защитой, быть ближе к родительскому дому. Но мы с женой решили жить самостоятельно, и я принял приглашение от СибНИИЭ из Новосибирска, что кардинально изменило мою жизнь. Сибирь дала мне очень много с точки зрения научного и идеологического становления, морального роста, возмужания, материального благопо-

лучия. Я почти 20 лет руководил институтом, куда в своё время пришёл совсем молодым учёным. На протяжении всех этих лет средний возраст сотрудников института составлял 33–34 года, т.к. мы активно привлекали талантливую молодёжь.

Разработки СибНИИЭ на много лет опередили развитие мировой энергетики. Мы занимались испытаниями действующей линии 1150 кВ и проработками следующего класса напряжения 1800 кВ, создали первую действующую установку по сверхпроводящим накопителям (сейчас о них только начинают говорить, а у нас она работала), массу новых полимерных материалов для конструкций линий электропередачи, организовали опытное производство по промышленному изготовлению новых конструкций с внедрением в энергосистемы Западной Сибири, Казахстана и Урала.

В теоретическом плане мы занимались проблемами живучести, надёжности объединений, направленных на параллельную работу энергосистем Востока, Сибири, Казахстана и Урала.

Я участвовал в натурных экспериментах по передаче мощности 1 млн кВт из Волгограда в Москву на расстояние 3 тыс. км по линиям электропередачи 500 кВ, соединённых в одну полуволновую цепь, которые до сих пор в мире никто не смог повторить. Перенимать опыт к нам приезжали специалисты со всего мира, в том числе из Китая. К сожалению, всё, что мы в своё время сделали, остаётся не востребованным.

Второй поворотный этап — выборы народным депутатом и переходом на работу в Верховный Совет. Верховный Совет дал возможность интегрировать политические и практические решения.

Продолжением моей государственной деятельности стал переход в Министерство топлива и энергетики России, которое было создано после развала СССР. Министр топлива и энергетики Юрий Константинович Шафраник пригласил меня своим замом по вопросам стратегического развития и НТП. С самого начала он сказал: «Делай, что считаешь нужным. Я тебе доверяю».

Я курировал несколько направлений, в том числе вопросы стратегического развития, науки и техники, экологии, энергетического законодательства и др., и в меру своих знаний и умений старался приносить пользу.

Третий поворотный этап произошёл в 1998 году, когда после пяти лет работы в Минтопэнерго и смежных руководства в министерстве я ушёл в отставку.

У меня давно была идея создать институт, который бы занимался стратегическими вопросами развития энергетики. Поначалу создал «контору» из

трёх человек. За первые десять лет контора выросла в крупный консультационный центр — не по количеству людей, а по масштабам выполняемых работ. Мы курировали подготовку Энергетической стратегии, работали с огромным количеством экспертов из других организаций. Институт позволял и пока ещё позволяет не только выполнять практические задачи, но и параллельно заниматься философскими вопросами энергетики.

— **Почему вы выбрали электроэнергетику?**

— На самом деле передо мной стоял выбор, чем заниматься: физикой или литературой? Отец мне сказал: «Если хочешь писать — пиши. Но сначала надо жизнь познать». Попытка поступить на отделение ядерной физики в МГУ — не прошёл. Вернувшись в Самару, поступил на энергетический факультет, который заканчивал мой старший брат. Познакомившись с энергетикой, ни разу в жизни о выборе не пожалел.

— **Вы всегда были отличником?**

— Всегда. Так получилось, что с самого начала у меня была жизненная установка — быть первым. И не только в учёбе, но и в общественной жизни.

— **От кого вам достался теоретический ум?**

— В нашей в семье не было философов. Скорее всего, на формирование моих интересов оказали влияние учителя. Они задавали мне задачи полуфилософского свойства, что впоследствии стало определяющим фактором в моей склонности к науке.

— **Ваши дети тоже работают в энергетике?**

— Нет. Оба моих сына пошли по пути финансовой математики, внуки — тоже. У меня три внука и внучка, два правнука. Возможно, и правнуки пойдут по стопам родителей. Не буду им мешать. Мне ведь никто не диктовал условия выбора.

— **Чего вы ждёте от нового поколения энергетиков? Чего бы вы с высоты своего опыта им пожелали?**

— Новое поколение будет решать проблемы энергетики по-своему. Они грамотные, умные, увлечённые. Знаю это точно, потому что много лет тесно сотрудничаю с Губкинским институтом.

А пожелать им могу только одного: думайте! Это очень важно.

— **Спасибо. С юбилеем!**

Беседовала Людмила ЮДИНА



Виталий Васильевич Бушуев. В этом человеке счастливо соединились многие таланты. Казалось бы, электроэнергетика с её всепоглощающим техническим наполнением — турбинами, генераторами, трансформаторами, электросетями, физической наукой и высшей математикой подчинит любого специалиста исключительно своему технологическому содержанию.

Но Виталий Васильевич — удивительно всесторонне развитая личность. Он — доктор технических наук, профессор, известный учёный в области энергетической политики России, создатель научной школы по энергетической безопасности и энергетической стратегии и вместе с этим философ и мыслитель.

Его новаторская мысль возвысилась над техническими задачами и объединила проблемы энергообеспечения человеческой жизни и деятельности с перспективами развития социума в быстро меняющемся мире. Он основатель нового научного направления — теории эргодинамики — науки об энергетических процессах устойчивого развития в социоприродных системах, в основе которой лежит комплексный энерго-эколого-экономический подход к развитию единой системы «природа — общество — человек». Последовательно отстаивая и пропагандируя этот научный метод, Виталий Васильевич фактически вышел на глобальный масштаб сформулированной им проблемы и призывает сегодня всех задуматься над поиском гармонии в будущем человеческом обществе с позиций максимально эффективных способов выработки и использования энергии.

Виталию Васильевичу свойственно не только возвыситься над сложными практическими задачами и заглянуть в перспективу. Его духовная работа показывает, как надо подняться над каждодневной суетой и увидеть перспективы развития. В качестве заместителя министра, отвечавшего за электроэнергетический комплекс в возглавляемом мною Министерстве топлива и энергетики РФ в 90-е годы, он высказал идею разработать энергетическую стратегию России до 2020 г. Это было неожиданно смело для того времени, когда происходил обвал промышленного производства, останавливались громадные предприятия — флагманы советской индустрии и даже целые отрасли экономики, а директорский корпус, освободившийся от контроля, увлекся переводом личной деятельности на рыночные методы работы.

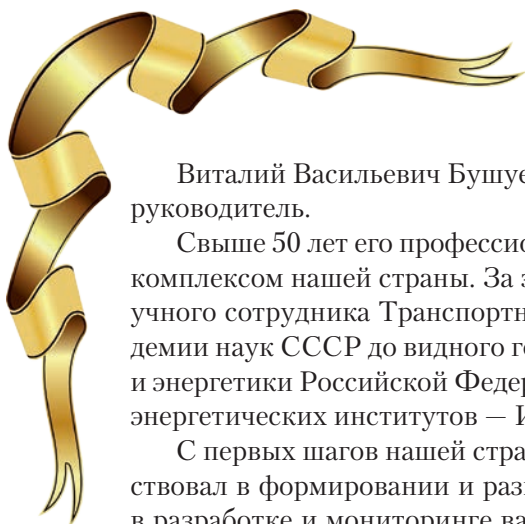
Идея В.В. Бушуева о разработке энергетической стратегии побуждала определить перспективы развития страны, выйти на путь созидания. Не случайно Виталий Васильевич возглавил группу учёных, которая разрабатывала Международный проект Европейской экономической комиссии ООН «Энергоэффективность в XXI веке», Энергетическую стратегию России на период до 2020 года, Энергетическую стратегию России на период до 2030 года, концепцию Энергетической стратегии России до 2050 года.

Виталий Васильевич прекрасный организатор науки. Когда ухудшающаяся ситуация в экономической жизни страны привела к реформированию управления отраслями и оказались невосстребованными многие и многие крупные специалисты и учёные, В.В. Бушуев организовал Институт энергетической стратегии, который объединил группу учёных — энергетиков и экономистов, успешно работал в течение многих лет и продолжает служить энергетике страны.

Дорогой Виталий Васильевич! Поздравляю Вас с 80-летием. Ваша деятельность приносит стране большую пользу. Ваш потенциал способен к работе на многие годы вперёд, к новым научным достижениям, философским открытиям. Успехов Вам, здоровья и счастья, всего самого доброго!



*Председатель Совета
директоров Института
энергетической
стратегии
Ю.К. Шафраник*



Виталий Васильевич Бушуев — талантливый и широко известный учёный, грамотный руководитель.

Свыше 50 лет его профессиональная деятельность связана с топливно-энергетическим комплексом нашей страны. За это время он прошёл выдающийся путь — от младшего научного сотрудника Транспортно-энергетического института Сибирского отделения Академии наук СССР до видного государственного деятеля — заместителя министра топлива и энергетики Российской Федерации, а затем и генерального директора одного из ведущих энергетических институтов — Института энергетической стратегии.

С первых шагов нашей страны как суверенного государства Виталий Васильевич участвовал в формировании и развитии её долгосрочной энергетической политики, а также в разработке и мониторинге важнейших для отраслей ТЭК документов, в том числе нескольких энергетических стратегий Российской Федерации. Благодаря своему аналитическому мышлению, эрудиции и таланту, он вносит неоценимый вклад в решение сложнейших стратегических задач по взаимоувязанному развитию ТЭК, экологии и экономики нашей страны.

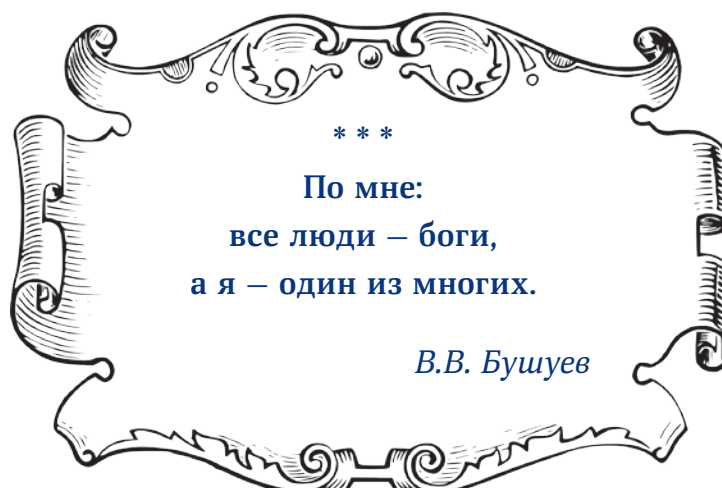
Сегодня доктор технических наук, профессор Виталий Васильевич Бушуев является автором более 200 научных работ, в том числе 61 монографии. Среди них работы в области энергетической безопасности и стратегического планирования в энергетике. За свои заслуги в научной деятельности он удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники и звания «Почётный работник топливно-энергетического комплекса», награждён орденом «Знак Почёта», медалью «Ветеран труда», отмечен знаком «Почётный энергетик СССР». Это далеко не полный список его наград.

Уверен, что активная жизненная позиция и творческая энергия Виталия Васильевича будут ещё долгие годы способствовать развитию научной мысли на благо российской энергетики.

В день торжественного юбилея от лица Минэнерго России и себя лично желаю Виталию Васильевичу крепчайшего здоровья, благополучия, долгих и счастливых лет жизни!



*Заместитель министра
энергетики РФ
А.Б. Яновский*



Энергетика — за 50-летним горизонтом

От фантазий — к цели и целевому видению¹

Энергетика в современном виде существует многим более 100 лет. И план ГОЭЛРО, принятый в 1920 г., в своё время казался фантазией, а его вдохновителя Г. Уэллс назвал «кремлёвским мечтателем». Но жизнь показала, что, объединив мечту и государственную энергетическую политику, мы получили новую энергопромышленную цивилизацию, позволившую стране перейти от ручного крестьянского плуга к уникальным фабрикам электричества и мощным энергометаллургическим и энергопромышленным комплексам.

И на новой энергетической основе страна не только выиграла «войну моторов» во время Великой Отечественной войны, но и проложила дорогу в Космос, оставаясь ядерной военной и гражданской державой.

Сегодня развитие электроэнергетики требует нового организационно-технологического подхода, ибо будущее страны — это социогуманитарная (по цели) и энергоинформационная (по средствам) цивилизация. Каков будет конкретный облик будущей энергетики — сегодня предсказать трудно и даже невозможно, ибо темпы технологического развития, тем более в сочетании с информационным обновлением на основе интеллектуальных человеко-машинных систем, всё более и более ускоряются.

И всё же заглядывать за полувековой горизонт — не только нужно, но и можно. Нужно — потому что в силу инерционности масштабного развития электроэнергетики то, что будет составлять основу новой энергетической цивилизации, через полвека должно пройти путь промышленного освоения, а перед этим — стадию пилотных проектов, а главное — организационно-технологический формат. Можно — потому что общие принципы развития любых социотехнических систем, в том числе и электроэнергетики, определяются общими законами энергологии, справедливыми как для энергетики самого человека, так и для инновационных энергоинформационных систем новой цивилизации.

Поэтому, говоря об инновационной энергетике — 21², следует отразить как ожидаемые в ближай-

шие 15–20 лет (до 2035 г., в соответствии с новой Энергетической стратегией России) информационно-технологические решения, так и «прорывные» организационно-технологические инновации, которые в этот период ещё только будут рассматриваться в виде ожидаемых форсайтных предположений. Цифровизация обеспечивает синергетический эффект энергоинформационного развития энергетической цивилизации, обеспечивая не только поставки.

К числу таких «прорывных» решений, радикально изменяющих облик будущей энергетики, следует в первую очередь отнести космическую энергетику, энергетику экстремальных состояний и новую энергоинформационную структуру «умной энергетики» (Smart Energy).

Эта инфраструктура будет развиваться на основе как минимум трёх принципиально новых подходов:

- она будет не радиально-кольцевой, с явно выраженными крупными центрами генерации и потребления, а ячеистой (распределённой), обладающей большей надёжностью и живучестью и отражающей необходимость сочетания электрических связей большой и малой мощностей, централизованных и децентрализованных систем, традиционной топливной (в первую очередь газовой) и нетрадиционной возобновляемой энергетики. Эта сеть, по аналогии с информационными интернет-сетями, будет формироваться структурно как «энергонет» (рис. 1);
- не следует ожидать даже на столь отдалённый период появления каких-либо принципиально новых энергоисточников, альтернативно заменяющих существующую генерацию.

Даже если будут осуществлены научно-технологические «прорывы» в области термоядерной или космической энергии большой мощности, они не смогут решить проблему комплексной электрификации страны, где будут зоны с высокой и низкой концентрацией нагрузки.

Более перспективным представляется развитие исследований и пилотных проектов по малой атомной энергетике, включая микроисточники на радиоактивных изотопах (карманные атомные батарейки).

Качественно новыми источниками энергии могут стать топливные (электрохимические), а так-

¹ Введение в Энергологию. Бушуев В.В. — М: ИД «Энергия», 2019, с. 236–241.

² Инновационная электроэнергетика — 21 (под ред. Батенина В.М., Бушуева В.В., Воропая Н.И.). — М.: ИАЦ «Энергия», 2017, 584 с.

же биоэнергетические элементы, обеспечивающие широкий спектр новых энергетических услуг, в том числе для тригенерации — одновременного производства электроэнергии, тепла и пресной воды.

Новая инфраструктура не будет однородно сетевой, а обязательно будет включать в себя различные накопители, преобразователи частоты и напряжения, быстродействующие контакторы с ограничителями восстанавливающегося напряжения, импульсные установки, позволяющие использовать у потребителя не только постоянный и переменный (50, 60 или 400 Гц) ток, но и энергопотоки с большей упорядоченностью (лазерные, направленно-взрывные, на основе изменения фазо-частотных характеристик системы).

При формировании структуры будущей электроэнергетики важно оценить социальные и геополитические последствия централизации электроэнергетики, в том числе создание межгосударственных объединений и развитие децентрализованных систем с распределённой генерацией, автономными схемами энергоснабжения и активным потребителем.

К сожалению, подобные подходы к оценке эффективности различного вида энергетических систем как на стадии их функционирования, так и на стадии их проектирования пока не имеют чётких критериев и показателей. Поэтому, говоря об инновационной электроэнергетике — 21, необходимо вести речь не только (и даже не столько) о новых технологических устройствах и средствах управления, а об организационных инновациях инфраструктуры будущей энергетики. Опыт централизованной ЕЭС СССР в новых социально-экономических и политически-рыночных условиях мало применим, но и развал всего энергообъединения на отдельные автономные системы

малоэффективен. Поэтому востребован именно новый подход к разумному построению энергоинформационных систем типа ЕЭС-2.0, сочетающий в себе рыночные и централизованные способы формирования энергетики будущего (рис. 2).

Это тем более важно, что будущая инфраструктура будет интегрировать не только региональные, но и межгосударственные объединения, не только



Рис. 1. Сетевая энергетическая инфраструктура



Рис. 2. От ЕЭС-1.0 к ЕЭС-2.0

физические, силовые, но и информационные потоки энергии, а также рыночные связи, посредством которых могут формироваться энергообъединения нового типа ЕЭС-2.0.

В составе энергетической инфраструктуры найдут применение смешанные коммуникации (трубопроводного, железнодорожного и электросетевого типа). В составе нового объединения перспективными станут и коммуникации с трансформируемыми видами передаваемой энергии (водно-энергетические связи, водородные кабели, энергоёмкие металлокерамические провода и конденсаторы).

Энергоинформационная инфраструктура, объединяющая с помощью новых связей «большую» и «малую» энергетику, комплексную генерацию и активного потребителя, станет не просто увязывать все элементы в одно целое, но и позволит формировать саморазвивающуюся и самообучаемую электроэнергетику, обеспечивающую потребителя не только достаточными (в количественном и качественном выражении) поставками энергии и широким спектром новых энергетических услуг.

Инфраструктура будет не только адаптивно встраивать новые технологические решения и уста-

новки. Она по принципу направленной генной инженерии будет формировать требования к новым звеньям энергоинформационной системы, обеспечивая при этом повышение общей эффективности всей системы.

Определяющим при этом станет новая роль человека в такой энергетической системе, которая придаёт ей черты «умной» (а не просто роботизированной) интеллектуальной системы, направленной на обеспечение жизнедеятельности нового социогуманитарного общества.

Поэтому одной из важных задач формирования инновационной электроэнергетики – 21 становится задача формирования самого человека нового типа — не просто квалифицированного специалиста, инженера широкого профиля, но и человека-творца, умеющего мечтать о будущем и последовательно стремиться к его осуществлению.

При решении всех этих технологических задач важное место займут принципы энергологии, которые наряду с использованием идеологических и методологических утверждений позволят на практике реализовать подходы к формированию энергоинформационных систем новой цивилизации.

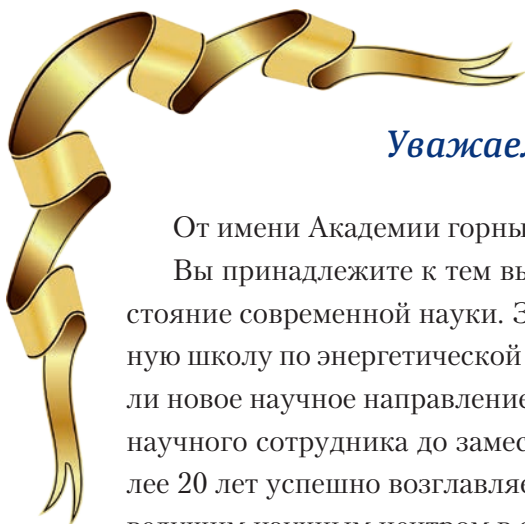


Бушуев В.В. Введение в Энергологию.

М: ИД «Энергия», 2019, 252 с.

В работе на основе базового постулата энергетизма «всё есть энергия» изложены основные принципы энергологии как науки об энергии, как физической — силовой, так и «тонкой» энергии, циркулирующей в теле человека. На основе определений Аристотеля, что «энергия есть всякое действие, тогда как потенция есть лишь возможность этого действия» представлена замкнутая триада: потенциал — энергия — энтелехия (результат как новый потенциал). Охарактеризованы различные виды потенциала.

Показано, что различные виды энергии представляют собой лишь результат энергетической трансформации общей энергии как сущности мира, перекрывающей собой и материю и дух. Энергия не возникает и не исчезает, а существует вечно и неизменно. В результате энергетических преобразований формируется новый потенциал, представляющий собой информацию, которая, как и любая иная форма (математическая и вербальная) реальной действительности представляет собой модель мира. А цифровая интернет-модель цивилизации («ци» — энергия) вместе с физической и ментальной реальностью представляет собой гибридный энергетический мир, в котором мы живём уже сегодня и который станет завтра естественной средой обитания наших потомков. Книга предназначена всем, кто пытается разрешить парадоксы нашего миропонимания, используя для этого энергетические законы мира.



Уважаемый Виталий Васильевич!

От имени Академии горных наук и от себя лично поздравляю Вас с 80-летием!

Вы принадлежите к тем выдающимся учёным, чья деятельность определяет состояние современной науки. За свою профессиональную карьеру Вы создали научную школу по энергетической безопасности и энергетической стратегии. Вы основали новое научное направление теории эргодинамики. Вы прошли путь от младшего научного сотрудника до заместителя министра топлива и энергетики России и более 20 лет успешно возглавляете Институт энергетической стратегии, являющийся ведущим научным центром в сфере энергетического стратегирования.

Ваши научные интересы включают такую важную для экономики страны область, как энергетическая стратегия. При вашем непосредственном участии и на основании созданной вами методологии были подготовлены документы государственного значения: «Стратегия формирования и реализации международного проекта ЕЭК ООН «Энергоэффективность в XXI веке»; «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года и на период до 2030 года»; Концепция Энергетической стратегии России до 2050 года. Ваши научные достижения в этом направлении являются бесспорными и получили свою практическую реализацию.

Приятно отметить, что Вы продолжаете вести активную научную и общественную работу по пропаганде энергетической безопасности и энергетической стратегии, являясь действительным членом Российской академии естественных наук, академиком Российской Инженерной академии, действительным членом Международной энергетической академии, вице-президентом Российского Союза энергоэффективности, членом правления Международной топливно-энергетической ассоциации.

Ваши научные достижения, Ваша гражданская позиция отмечены множеством наград, среди которых ордена и медали, почётные звания, Вы являетесь лауреатом премии Правительства РФ в области науки и техники за создание системы мониторинга энергетической и экономической безопасности регионов России.

В этот знаменательный день от всей души желаю Вам крепкого здоровья, новых творческих успехов, неиссякаемой энергии, счастья и благополучия!



*Президент Академии
горных наук,
академик РАН
Ю.Н. Малышев*

Опыт энергетического стратегирования в России¹

Энергетическое стратегирование всегда (и в советский период, и в новейшей российской действительности) было важнейшим элементом государственной энергетической политики. Это связано с той ролью, которую играла, играет и будет играть энергетика в жизни страны. В СССР энергетика была основой промышленного развития и во многом определяла территориальное размещение производительных сил. План ГОЭЛРО с самого начала задумывался как общий народно-хозяйственный план индустриального развития страны, и недаром один из его авторов — Г.М. Кржижановский — стал Председателем ВСНХ (будущего Госплана). И хотя конкретные действия советского правительства напрямую не вытекали из этого документа, его внутренняя логика полностью соответствовала курсу на ускоренную электрификацию и индустриализацию.

При этом параллельно шли два сопряжённых процесса: энергетика развивалась в соответствии с требованиями социально-экономического развития регионов и страны в целом, а крупные энергетические объекты становились центрами новых территориально-производственных комплексов. Так, на базе «второго Баку» в Центральном Поволжье был создан мощный нефтегазовый (и нефтеперерабатывающий) комплекс Башкирии и Татарстана, Жигулёвская ГЭС стала основой Тольяттинского машиностроительного, электротехнического и энергоёмкого комплекса по производству химических удобрений. Кузбасс стал центром новой угольно-металлургической базы на востоке страны, а ГЭС Ангара-Енисейского каскада позволили сформировать Братско-Усть-Илимский и Саянский ТПК.

ЕЭЭС СССР стала уникальным интегрирующим звеном, объединившим ТПК и отдельные энергорайоны в единый народно-хозяйственный комплекс. На параллельную синхронную работу были включены все ОЭС страны, в том числе Урал и Сибирь. Шла работа по формированию КАТЭК и его объединению с ОЭС Дальнего Востока.

К сожалению, после распада СССР крен был сделан в сторону энергетического самобаланса всех регионов, а использование ресурсов нефти и газа Западной Сибири свелось во многом не к стимулированию внутреннего энергопромышленного развития, а к форсированию экспорта. Ибо только эти

ресурсы оказались востребованы на мировом рынке, в условиях скоропалительного открытия нашей экономики к его реалиям промышленной конкуренции.

Спад экономической активности в России в начале 90-х гг. прошлого века, с одной стороны, совпадал с общемировой тенденцией стагнации экономики после окончания холодной войны, а с другой — резко усугубился при отказе от государственного управления в экономике и переходе к рынку.

Комплексный анализ ситуации в энергетике и экономике постсоветской России, начиная с 1991 г. до 2010 г., а также прогноз стратегического развития ТЭК с учётом его новой роли в жизни страны до 2030 г. представлены в работе [1].

Опыт энергетического стратегирования в России имеет не только общественно-познавательное значение, но и является, по сути, одним из немногих примеров комплексного подхода к долгосрочному индикативному планированию развития энергетике, роль которой в социально-экономическом развитии страны неизмеримо (хотя и не всегда обоснованно) возросла.

Обеспечить такой подход удавалось благодаря постоянной (не всегда финансовой, но неизменно организационной) поддержке со стороны Правительства РФ и Минтопэнерго (Минэнерго) России, Федерального Собрания РФ (Госдумы и Совета Федерации), РАН, компаний и общественных организаций (РСПП, ТПП, Союза нефтегазопромышленников и др.).

Хорошо это или плохо, но сложилась устойчивая команда исполнителей. Это, в первую очередь, Институт энергетической стратегии (В.В. Бушуев, А.И. Громов, В.В. Саенко, А.А. Троицкий), ИНЭИ РАН (А.А. Макаров), ИНП РАН (А.С. Некрасов), ЭНИН им. Кржижановского (Э.П. Волков, В.А. Барин), ИСЭМ СО РАН (Н.И. Воропай, Б.Г. Санин, В.А. Стенников), ИНКРУ (А.Б. Ковальчук), ОИВТ РАН (В.М. Батенин), ИПНГ (А.Н. Дмитриевский, А.М. Мастепанов), Институт геологии СО РАН (А.Э. Конторович). Организаторами и руководителями разработок Энергетической стратегии были также В.С. Черномырдин и министры Ю.К. Шафраник, П.С. Родионов, А.В. Новак и их заместители В.В. Бушуев, А.Б. Яновский, А.Л. Текслер.

¹ Статья опубликована в журнале «Энергетическая политика», № 2, 2014, с. 16–25.

Постоянное участие в этих работах принимали руководители Департамента стратегического планирования Минэнерго России А.М. Мастепанов, В.В. Саенко, А.И. Кулапин, Ю.Л. Барон.

Как на стадии разработки, так и на стадии общественной апробации Стратегия рассматривалась на НТС Минэнерго России и его секциях, парламентских слушаниях, международных и внутрироссийских конференциях.

Коллектив разработчиков неизменно составляли десятки человек, объединённых во временные творческие коллективы (ВТК), а число экспертов, участвовавших в обсуждении Стратегии, превышало 100–150 человек.

Это позволяет говорить о том, что Стратегия всегда была не камерным произведением членов ВТК, хотя их персональная ответственность за предлагаемые приоритеты и меры государственной энергетической политики неизменно была обозначена.

Все завершённые документы проходили апробацию и согласование в министерствах и ведомствах, после чего рассматривались и утверждались решениями Правительства РФ.

К сожалению, Стратегия не является нормативным документом прямого действия. Она, как правило, содержала приоритеты государственной энергетической политики, устанавливала реперные индикаторы развития ТЭК, формировала основные «вехи» дорожной карты институциональных механизмов и мер.

Как правило, ориентиры Стратегии использовались как вводные данные при формировании Генеральных схем, федеральных, отраслевых и региональных программ долгосрочного развития, а также инвестиционных и инновационных программ корпораций ТЭК.

В период с 1992 по 2014 гг. было разработано шесть последовательных вариантов Стратегии. Четыре из них (Концепция и ЭС-2010, Основные положения и ЭС-2020) представлены в работе [2].

Каждый из этих вариантов отражал важнейшие внешние и внутренние факторы (геополитические, макроэкономические, ресурсные, технологические, институциональные, включая таможенные и ценовые) для развития ТЭК, а также результаты мониторинга прошлых стратегий и программ и новые вызовы.

Мониторинг вёлся ежегодно, и по его результатам представлялся доклад в Правительство РФ о ходе реализации Стратегии с предложением о корректировке плана действий — дорожной карты или с обоснованием необходимости разработки нового

варианта (обычно через пять лет) с пролонгацией действия Стратегии на последующий период.

ТЭК на протяжении последней четверти века обеспечивал (и в целом достаточно успешно) всю жизнедеятельность страны: качество жизни населения, энергетическую безопасность регионов, потребности экономики, валютные доходы бюджета; стимулировал инвестиционное и инновационное развитие, был «донором» и «локомотивом» этого развития; пытался играть сдерживающую роль в нарастающих экологических проблемах.

Общий вывод мониторинга свидетельствовал, что ТЭК развивался в пределах прогнозируемого диапазона параметров ТЭБ, структурно соответствовал намеченному плану реформ (создание ВИНК, реструктуризация угольной промышленности, разделение бизнеса в электроэнергетике, развитие энергосбережения), но конкретные механизмы этих реформ нередко либо опаздывали, либо шли вразрез с заявленными целями.

Говоря о конкретных приоритетах развития ТЭК на определённый период, отражённых в соответствующих вариантах Стратегии, следует отметить, что целью энергетической политики России является максимально эффективное использование природных ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействие укреплению её внешнеэкономических позиций [3].

А вот задачи каждого варианта Стратегии неизменно уточнялись в соответствии с требованиями времени. Как правило, эти задачи обосновывались необходимостью принятия как первоочередных антикризисных мер, так и намечаемыми мерами долгосрочного развития, исходя из той роли, которую должен был играть ТЭК в жизни страны.

Так, в Концепции энергетической политики в новых экономических условиях, принятой в 1992 г. и рассматривавшей период до 2010 г., ТЭК отводилась роль «донора» российской экономики и общества в целом. Ибо за счёт ранее накопленного потенциала он обеспечивал все потребности в первичных (нефть, газ, уголь) и конечных (электрическая энергия, тепло, моторное топливо) энергоносителях, которые снижались гораздо медленнее, чем падала экономика. В этот момент на первый план вышла проблема энергосбережения, ибо при отсутствии нового энергетического строительства обеспечение баланса спроса и предложения требовало снижения энергорасточительности во всех сферах.

Надежда на то, что рост цен на энергоносители будет способствовать энергосбережению, по боль-

шому счёту не оправдала себя, ибо эластичность спроса от динамики цен была очень малой.

Энергетические затраты в промышленности и на транспорте либо механически переносились на плечи следующих потребителей, либо приводили к инфляции, массовым неплатежам, введению бартерных схем и других суррогатов товарообмена.

Так, только за период 1991–1995 гг. цены на продукцию топливной промышленности и электроэнергетики возросли более чем в 700 раз, тогда как на продукцию машиностроения и лёгкой промышленности — менее чем в 300 раз. Неплатежи доходили до 50% стоимости всех энергопоставок. О новых инвестициях не могло быть и речи, государство было вынуждено стимулировать экспорт, и доля ТЭК в экспорте выросла до 60%.

Антикризисные меры, предлагаемые в Концепции-2010, были направлены на смягчение негативных последствий и для ТЭК, и для всей промышленности того экономического спада, который был связан с распадом СССР и огульным переходом к рыночной экономике.

Правительство Е.Т. Гайдара, поддержав на словах эту Концепцию, на следующий же день приняло ряд постановлений о дальнейшей поспешной либерализации и приватизации. Поэтому ход экономического и энергетического развития реально оказался гораздо хуже намеченного уровня.

В то же время в Концепции впервые была однозначно выражена поддержка созданию вертикально-интегрированных компаний в нефтегазовой отрасли, реструктуризации угольной отрасли, конкуренции между поставщиками ТЭР с сохранением государственного контроля за ценами на предприятиях естественных монополий в электроэнергетике и в газовой отрасли. Газовая энергетика провозглашалась приоритетным направлением развития генерации на ТЭС. Многие механизмы недропользования, инвестиционного развития, привлечения средств для инноваций и энергосбережения, ориентация на конечного потребителя, экологические требования — всё это было для того времени, да и сегодня, весьма актуально. В то же время Концепция в качестве главного средства решения поставленных задач посткризисного периода предлагала механизмы регулируемого энергетического рынка как в сфере недропользования, так и в сфере конечного энергопотребления.

Рыночная эйфория не оправдала себя, и реальное состояние ТЭК к середине 1990-х годов оказалось значительно хуже, чем предполагалось в Концепции.

В то же время антикризисные меры сработали, падение энергетического производства приостановилось, хотя и на гораздо более низком уровне, чем предполагалось.

Поэтому в конце 1993 г. — начале 1994 г. был подготовлен проект Меморандума Правительства России об основных приоритетах и принципах государственной энергетической политики и проект Федерального закона «Об основах энергетической политики».

В этих документах основным приоритетом энергетической политики на ближайший период и на перспективу было названо энергосбережение и повышение эффективности использования ТЭР. В области энергопроизводства намечалось активное использование «газовой паузы» для технологической реконструкции всех отраслей ТЭК с приоритетом глубокой переработки и комплексного использования углеводородного сырья.

Хотя эти документы и не были приняты, но в 1995 г. была разработана новая Энергетическая стратегия на период до 2010 года. (ЭС-2010), основные положения которой были одобрены Постановлением Правительства РФ № 1006 от 13.10.1995 года. А общие направления энергетической политики и структурной перестройки ТЭК на этот период закрепились Указом Президента РФ (№ 472 от 07.05.1995 г.).

В ЭС-2010 впервые была обозначена проблема энергетической безопасности регионов России, решение которой, помимо снижения издержек, используемых ТЭР во всех сферах, подразумевало преодоление кризиса неплатежей, отказ от дорогостоящего создания только крупных энергетических объектов с активным развитием малой энергетики на базе местных энергетических ресурсов. Тем самым подчёркивалась социальная роль ТЭК — оказание населению широкого спектра энергетических услуг в части теплоснабжения, электрификации быта, газификации села, надёжного снабжения моторным топливом. Важной задачей ЭС-2010 стало обоснованное прогнозирование и формирование энергетического спроса на конечные энергоносители, а уже через это, с учётом экспортного спроса в странах СНГ и дальнего зарубежья, — формирование сценариев развития ТЭК. Оптимистический сценарий предполагал восстановление докризисного уровня экономики уже к 2000 г. с выходом к 2010 г. на показатели жизненного уровня стран Европейского союза, характерные для того времени.

Вероятный сценарий откладывал эти достижения ближе к 2005 г., а пессимистический — имитировал продолжение экономической стагнации на

срок жизни целого поколения. Во всех сценариях особое место отводилось региональной энергетической политике, в том числе правилу «двойного ключа» в недропользовании, устранению диспропорций между экономическим уровнем энергодобывающих и энергодефицитных районов, широким полномочиям региональных энергетических компаний в части формирования цен и инвестиционных программ, а также фондов энергосбережения на территориях.

Восстановление работоспособности многих промышленных предприятий, рост малоэнергозатратной сферы услуг по сравнению с энергоёмкими отраслями привели к заметному снижению энергоёмкости ВРП и ВВП в целом.

Правда, следует отметить, что в этот момент началось активное реформирование электроэнергетики, которое не было прописано в ЭС-2010. Благие цели реформаторов — снижение цен для потребителей за счёт конкуренции между поставщиками, привлечение частных инвестиций в генерацию — по большому счёту не оправдались. Справедливости ради следует признать, что с помощью руководства РАО «ЕЭС России» была решена проблема неплатежей, но развитие (не только ввод новых мощностей, но и модернизация действующего оборудования электростанций и сетей) электроэнергетики застопорилось на долгие годы.

Не удалось решить главную задачу инвестиционного развития ТЭК — снижения доли финансовых ресурсов самих предприятий с объёма привлекаемых средств. По-прежнему стратегическое развитие ТЭК и энергетической инфраструктуры остаётся финансовой заботой государства, а компании свои ресурсы расходуют только на текущие цели.

Впервые в ЭС-2010 была обоснована целостная система нормативно-законодательных актов, призванных закрепить те меры и механизмы, которые необходимы для реализации Стратегии. В середине 1990-х гг. были приняты базовые законы «О федеральных целевых программах», «Об энергосбережении», «О нефти и газе», «О соглашениях о разделе продукции» и др., определившие основные принципы государственной энергетической политики.

К сожалению, начались, но не были завершены разработки Доктрины энергетической безопасности, Доктрины энергетической дипломатии и Энергетического кодекса России.

Конец XX в. был ознаменован тем, что энергетический сектор обеспечил необходимые условия для экономического возрождения страны. Были реализованы многие из целевых установок, задач и рекомендаций ЭС-2010. Вместе с тем Стратегия,

оставаясь «рамочным» документом, не стала тем основным эталоном, с которым сверялись бы все практические действия государственных органов и хозяйствующих субъектов в энергетическом секторе. ТЭК выполнил свою роль «донора» бюджета и всего народного хозяйства, пополняя финансовые закрома государства, но сам стал заложником новых проблем, в первую очередь на пути технического перевооружения энергетики.

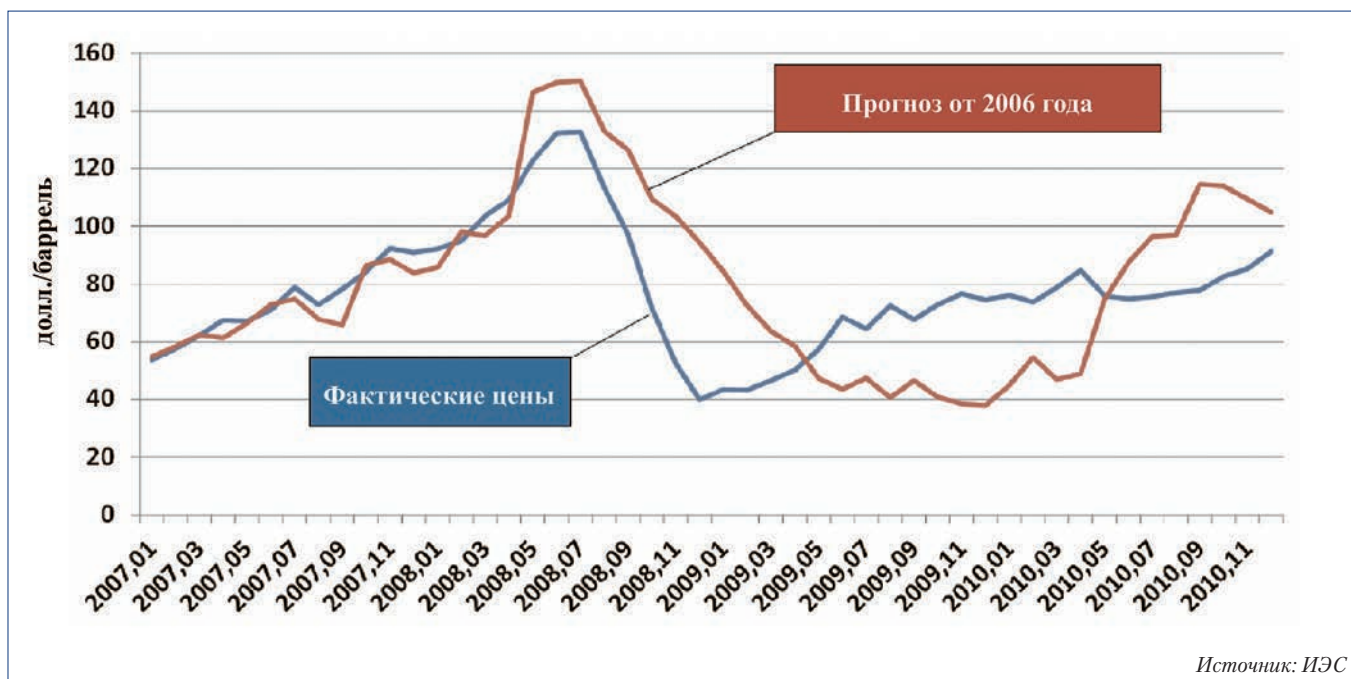
Главной задачей экономического развития страны к началу XXI в. стало повышение эффективности использования природных ресурсов и обеспечение достойного уровня жизни. Переход на траекторию устойчивого развития в России потребовал укрепления роли государственного регулирования, в том числе и в сфере энергетики.

Энергетика, завоевавшая прочные позиции внутри страны и на мировом рынке, была призвана стать «локомотивом» промышленного развития, обеспечивая своими заказами обновление не только энергомашиностроительной, но и других смежных отраслей. Эта новая роль энергетики и стала основной идеей новой Энергетической стратегии, основные положения которой на период до 2020 г. были рассмотрены и одобрены на заседании Правительства РФ (протокол № 39 от 23.11.2000 г.).

Наряду с задачей обеспечения энергетической безопасности, по-прежнему сохранявшей свою актуальность, устойчивое развитие экономики и энергетики предполагало активизацию структурной политики в ТЭК, в том числе переход от «газовой паузы» к новой угольной волне, опережающее развитие АЭС и крупных ПГУ, развитие ГТУ, «малой» и нетрадиционной энергетики, реформу энергетического сектора ЖКХ. В сфере повышения энергоэффективности акцент делался на модернизацию оборудования и применение новых технологических решений. Была обоснована необходимость модернизации НПЗ и газохимических производств. Из соображений укрепления экспортного энергетического потенциала страны был взят курс на развитие систем трубопроводного транспорта.

Предусматривалась коренная модернизация угольной промышленности и развитие систем углеобогащения. Для развития ЕЭС России предполагалось создание сильной электрической связи между сибирской и европейской частями энергообъединения.

Ясно, что эти новые задачи модернизационного развития энергетики требовали новых отношений со смежниками. При этом государственные интересы стимулировали обновление энергетических мощностей не только за счёт импорта новых техно-



Источник: ИЭС

Рис. 1. Прогноз цен от 2006 года

логий, но и за счёт стимулирования отечественного машиностроения. Требовался новый инвестиционный климат в стране и инвестиционная привлекательность энергетических проектов.

Как говорил на Всероссийском совещании по проблемам развития ТЭК в марте 2000 г. Президент РФ В.В. Путин, «В последние годы ТЭК являлся фактором стабилизации в экономике России. В предстоящем десятилетии он должен стать фактором роста» [2]. Эти задачи и были положены в основу Энергетической стратегии России на период до 2020 г. (ЭС-2020), утверждённой решением Правительства РФ № 1234 от 28.08.2003 г.

Мировой финансовый кризис 1998 г. привёл к тому, что наряду с задачами обеспечения внутренней энергетической безопасности и энергоэффективности остро встал вопрос об устойчивости энергетического сектора к внешним экономическим, техногенным и природным угрозам. В ЭС-2020 впервые были обоснованы семь взаимоувязанных направлений государственной энергетической политики, включая недропользование, развитие внутренних рынков, рационализацию ТЭБ, научно-техническую и инновационную политику в энергетическом секторе. Широкая сфера взаимоотношений хозяйствующих субъектов и государства стала предметом частно-государственного партнёрства в энергетике. А сама ЭС-2020 — базовым ориентиром для разработки самостоятельных Генеральных схем развития и размещения объектов электроэнергетики, нефтяной и газовой, угольной и атомной промышленно-

сти, федеральных, отраслевых и региональных программ энергоэффективности и развития энергетики.

Реализация ЭС-2020 в начале 2000-х гг. подтвердила обоснованность выдвинутых положений. А в ряде случаев, например по экспорту нефти и развитию газотранспортной инфраструктуры, шла с опережением намеченных показателей. Этому способствовала мировая энергетическая конъюнктура, с ростом цен на нефть с 12 долл. за баррель в 2000 г. до 140 долл. — к 2008 году.

Апофеозом успешного развития ТЭК стало признание роли России в обеспечении глобальной энергетической безопасности на саммите «Большой восьмёрки» в Санкт-Петербурге летом 2006 г. [2].

Однако уже при подготовке этого саммита прогнозы мировой конъюнктуры показывали (рис. 1), что к 2008 г. можно было ожидать запредельного всплеска цен на нефть, после чего — их глубокого падения — до 40 долл. в 2009 году, что и произошло.

Этот скачок цен (вверх — вниз) не был отражён в ЭС-2020, хотя в Стратегии и упоминалась возможная высокая волатильность мирового рынка, обусловленная не колебаниями «спрос — предложение», а действием финансовых спекуляций.

В известной мере они были спровоцированы осознанным стремлением США к реализации собственного энергообеспечения. А эффективная добыча нефти и газа в США могла быть обеспечена только при высоких мировых ценах.

Разразившийся кризис вынудил оперативно не просто внести коррективы в ЭС-2020, а разра-

ботать новый вариант Стратегии — ЭС-2030. Предполагалось, что вслед за восстановлением мировых цен на нефть быстро восстановится и мировая (и отечественная) экономика. Более того, считалось, что кризис 2008–2009 гг. явится началом нового технологического уклада в энергетике. И это предположение поддерживалось так называемой «сланцевой революцией» в США, успехами в развитии ВИЭ в Европе, ренессансом атомной энергетики, успехами в развитии СПГ, новой угольной энергетикой в Китае.

Но оптимизм разработчиков не был достаточно обоснован. Стагнация мировой экономики затянулась, спрос на ТЭР в России и на мировых рынках не рос. К тому же финансовый кризис в 2010-х гг. сопровождался массовыми геополитическими, социальными и природными катастрофами, в том числе приведшими к разбалансировке нефтяного рынка в Северной Африке и на Ближнем Востоке, аварией на АЭС «Фукусима», газовой войной России и Украины.

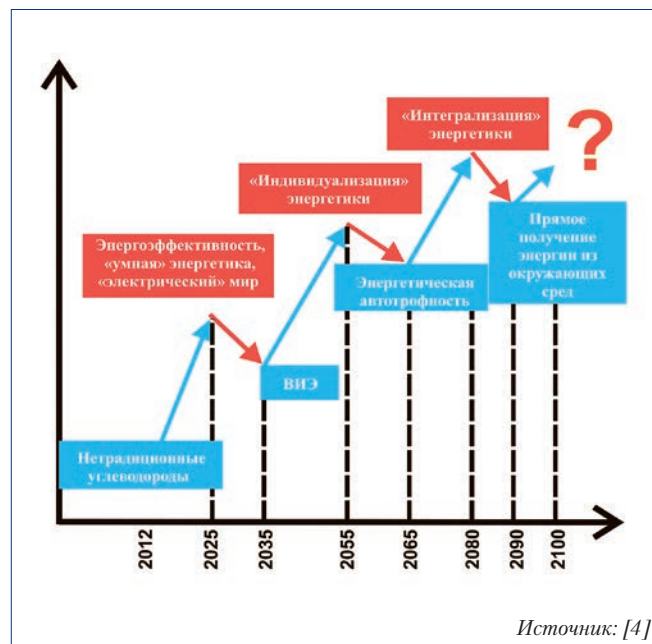
Поэтому оптимистический сценарий ЭС-2030 оказался нереалистичным. Конкуренция на мировом энергетическом рынке резко обострилась, внутри страны цены на энергоносители выросли до запредельного уровня по условиям экономической доступности поставок ТЭР потребителям. Спрос на энергоносители упал, доходы страны от ТЭК перестали расти.

Сам ТЭК в своей технологической модернизации остановился. Поэтому вполне обоснованно встала постановка вопроса не только о корректировке ЭС-2030, но и о разработке нового варианта ЭС-2035 и Концепции ЭС-2050.

Обобщая опыт энергетического стратегирования на протяжении более чем 20-летней истории, в которой автор принимал самое непосредственное участие, следует констатировать:

1. Долгосрочный прогноз, учитывающий мониторинг предыдущих редакций Стратегии, а также новые внутренние и внешние вызовы, является важным и необходимым этапом энергетического стратегирования, а обновление ЭС, осуществляемое раз в пять лет, позволяет не только актуализировать параметры энергетического развития, но и сформировать новые приоритеты.

2. Опыт прогнозирования, в том числе и использование комплексных межотраслевых моделей макроэкономического и энергетического развития мировой и российской энергетики, свидетельствует о вполне приемлемом сценарном варианте стратегирования, в диапазон которого укладывается реальная динамика параметров будущего ТЭБ.



Источник: [4]

Рис. 2. Переход от неоиндустриализма к социогуманизму

3. С началом 2010-х гг. мир вступил в новую стадию развития энергетической цивилизации [4], когда определяющим становится не ресурсная обеспеченность спроса, а изменение самой структуры мирового энергетического рынка. Доминирующим становится переход к новому технологическому укладу, использующему всё более широкий спектр нетрадиционных энергоресурсов и их модификаций (газогидраты, матричная нефть, алюмоводородные технологии, накопители, Smart Grid и др.).

Главное в новой цивилизации состоит в том, что она знаменует переход от неоиндустриального (энергоинформационного) развития к социогуманизму (рис. 2), где энергетика становится не системой жизнеобеспечения, а системой жизнедеятельности в триаде «природа — общество — человек».

ЛИТЕРАТУРА

1. *ТЭК и экономика России (вчера — 1990, сегодня — 2010 и завтра — 2030)*. Под ред. Ю.К. Шафранника. М.: Энергия, 2011, 488 с.
2. *Энергетика России. 1920–2020 гг. В 2-х т.* М.: Энергия, 2008, т. 2. *Энергетическая политика на рубеже веков*.
3. *Энергетическая стратегия России на период до 2030 года*. Прил. к журн. «Энергетическая политика», 2010.
4. *Кризис 2010-х годов и Новая энергетическая цивилизация* / под. ред. В.В. Бушуева и М.Н. Муханова. М.: Энергия, 2013.



Дорогой и уважаемый Виталий Васильевич!

От всей души поздравляю Вас с юбилейным днём рождения!

Желаю крепкого здоровья, бодрости, радости и счастья!

В этот знаменательный день многие будут вспоминать различные события, участником которых были вместе с Вами, большие и малые дела, реализованные при Вашем участии, те или иные начинания, которые связаны с Вашим именем.

Для меня Ваше имя ассоциируется, прежде всего, с такими понятиями, как энергоэффективность и энергетическая политика.

Экономическая стагнация последних лет Советского Союза после его развала сменилась в России глубочайшим общеэкономическим кризисом системно-структурного характера, небывалым в мирное время спадом производства и ухудшением практически всех показателей жизни населения. В этих специфически переходных условиях как никогда ранее был востребован опыт передовых зарубежных стран. Такой страной в области энергоэффективности и возобновляемых источников энергии как раз и была Дания.

И Вы, будучи народным депутатом СССР, председателем Комиссии по энергетике Верховного Совета СССР, активно поддерживали становление сотрудничества с государственными органами, энергокомпаниями и научными кругами Дании в области энергосбережения, энергоэффективности и ВИЭ. Эта поддержка была продолжена и в новой России, где Вы стали заместителем министра топлива и энергетики России. В частности, при Вашем непосредственном участии 16 февраля 1994 г. было подписано Соглашение о сотрудничестве в области энергетики между Министерством экологии и энергетики Дании и Министерством топлива и энергетики России, составной частью которого стало Соглашение о сотрудничестве в области энергоэффективности и ВИЭ. В последующие годы в рамках этого Соглашения в российских регионах осуществлялось от 5 до 30 различных демонстрационных проектов. Большая часть из них была связана с поставками и монтажом современного энергоэффективного оборудования датского производства, а около трети было направлено на повышение квалификации российских специалистов-энергетиков и лиц, принимающих решения в области энергоэффективности.

Одной из инициатив в рамках этого Соглашения стало открытие в 1995 г. Российско-Датского Института энергоэффективности (РДИЭ), председателем Наблюдательного совета которого от российской стороны стали Вы.

Становление Российской Федерации как самостоятельного государства в условиях одновременного перехода к рыночной экономике потребовало, кроме всего прочего, и формирования новой энергетической политики. При Вашем непосредственном участии на базе научных разработок коллективов академических и отраслевых институтов в 1992 г. была подготовлена «Концепция энергетической политики России в новых экономических условиях», основные положения которой были одобрены на заседании Правительства Российской Федерации (протокол № 26 от 10.09.1992 г.). В этом документе были сформулированы необходимость разработки новой энергетической политики страны, её принципиальные отличия от прежних энергетических программ, создававшихся в рамках планово-административной системы управления, новое содержание и главные задачи. На следующем этапе, в 1993–1994 гг., руководствуясь этой Концепцией, специально созданной Межведомственной комиссией, заместителем председателя которой Вы были назначены, была разработана первая в стране Энергетическая стратегия России (Основные положения).

А дальше с мониторингом, актуализацией и подготовкой новых редакций подобных стратегий Вы связали свою жизнь на многие и многие годы.

Дорогой Виталий Васильевич! Вы многого достигли в жизни своей целеустремленностью, упорством, трудом и любовью к профессии. Дальнейших Вам успехов в творчестве и трудовых начинаниях, творческого вдохновения и активного образа жизни!



*С уважением,
А. Масленков,
д.э.н., академик РАН*

Метасистемные принципы энергетики¹

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 эко-логия — 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 человечества на нашей планете (рис. 1). В свою очередь, цивилизация развивается на пути к энергокосмизму.



Рис. 1. От земной энергетики 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, опреде-

ляющим 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 учёте возможного изменения структуры энергопреобразователя в приведённой выше общей схеме эволюции [1].

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. Подолинского и Н. Чижевского.

Общие энерго-эколого-экономические задачи устойчивого развития требуют нового метасистемного подхода, основанного не просто на комплекс-

¹ Статья опубликована в журнале «Энергия: экономика, техника, экология», № 2, 2015, с. 11–21.

ном рассмотрении проблем Экоса, а на принципах «системы систем» (System of System — SoS). Принципиальное отличие этого нового метасистемного подхода от уже традиционного системного анализа сложных социотехнических конструкций приведено в таблице.

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

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 «живём 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 пассионарном обществе). Природные катаклизмы, технологические катастрофы, обусловленные, в том числе, экстремальными состояниями вещества на Земле и в Космосе [2], экономические кризисы и военно-революционные события в мире тесно коррелируются по времени с пиками солнечной активности [3], и это даёт возможность прогнозировать ожидаемые энергетические проявления, массовую активность населения, циклическую смену технологических укладов и всплеск инноваций в социоприродной среде [4].

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 четырёхволновую конструкцию (рис. 2), где три восходящие волны представляют собой череду этапов политического расцвета, экономического расцвета и социального развития (с соответствующими корректирующими откатами), а нисходящая



Рис. 2. Идеология энергетической фрактальности

волна — период стагнации и деградации системы. Соотношение длин ветвей этих волн определяется «золотой пропорцией», имеющей в своей основе энергетические соотношения [5].

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 едиными индикаторами 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 постулате эргодинамики (устойчивое развитие есть непрерывное повышение энергоэффективности метасистемы за счёт расширенного воспроизводства структурного потенциала для совершения 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 мультиагентном 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 рассмо-

трим 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 положила 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, которые были не «тюрьмой народов», а единым многонациональ-

ным 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 спланируют 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 годов [3] остро диктует необходимость перехода ко второй экономической волне фрактала — 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

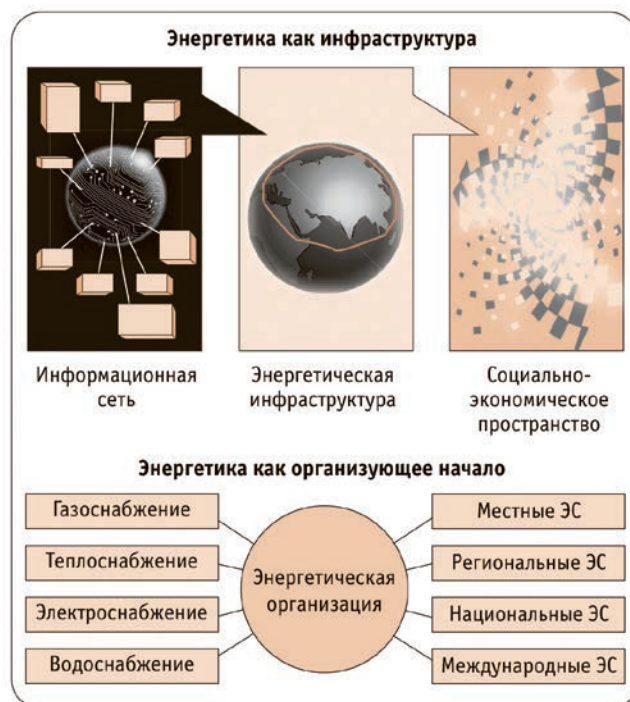


Рис. 3. Энергетика как система систем

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 Доктрины [6] 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 высоконадёжных ячеистых структур;
- мультиагентное управление энергосистемами различных государств;
- ограниченный набор функций, передаваемых на уровень межнационального арбитражного регулирования²;
- единство нормативно-правового обеспечения режимной эксплуатации и развития объединённой энергосистемы;

² В основном, принятие правил технической унификации (класса напряжения воздушных линий электропередачи, мощности агрегатов, типов новых источников генерации, накопления энергии).

- 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 метасистемного 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 работах [7] 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 мульти-агентных 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»



Рис. 4. Энергетическая инфраструктура города Москвы

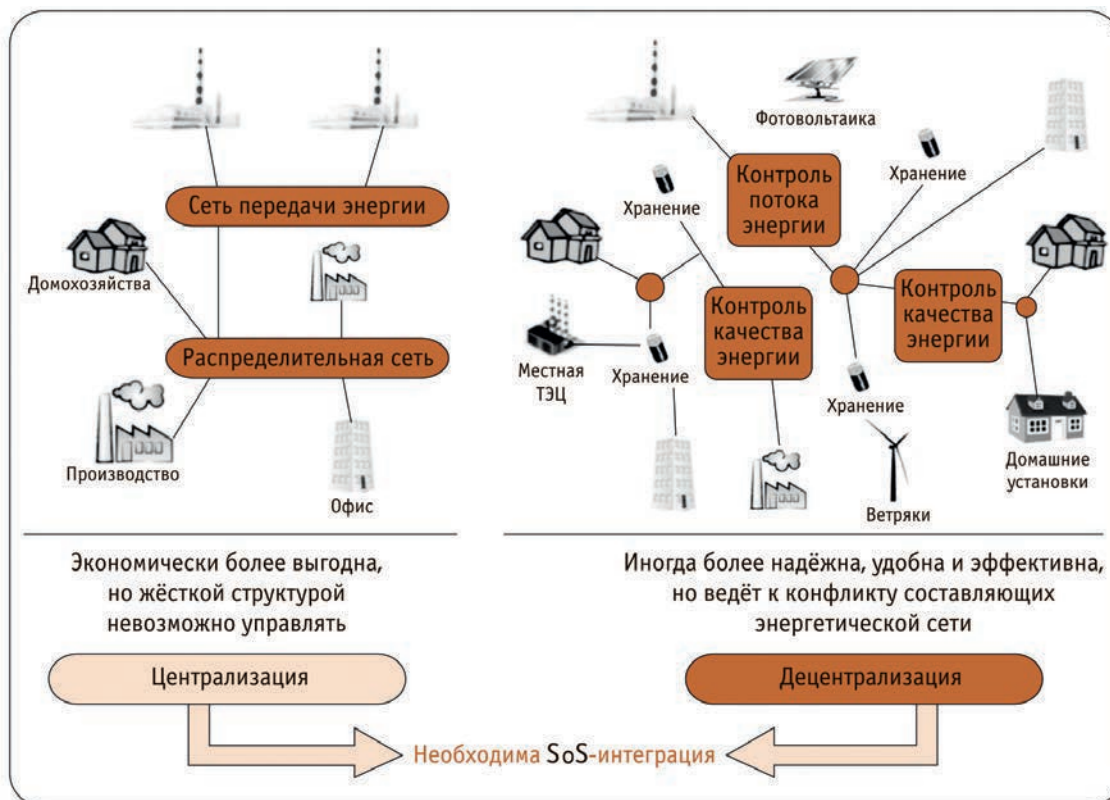


Рис. 5. Централизация и децентрализация энергоснабжения

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-процентная 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 линий 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 схемы являются прообразом будущих сетевых структур мультиагентного управления, ибо не тре-

буют 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 учётом 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 централизации 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, тригенерации³ и накопления энергии с расширением номенклатуры, качества и надёжности предоставляемых энергетических и энергосервисных услуг;
- стимулирование к освоению новых энергосберегающих и энергоэффективных технологий у потребителя с целью улучшения конечного результата — производительности труда, качества и комфорта быта у населения, утилизации отхо-

дов 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 общеэнергетической 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 демополизации 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 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)

³ **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.

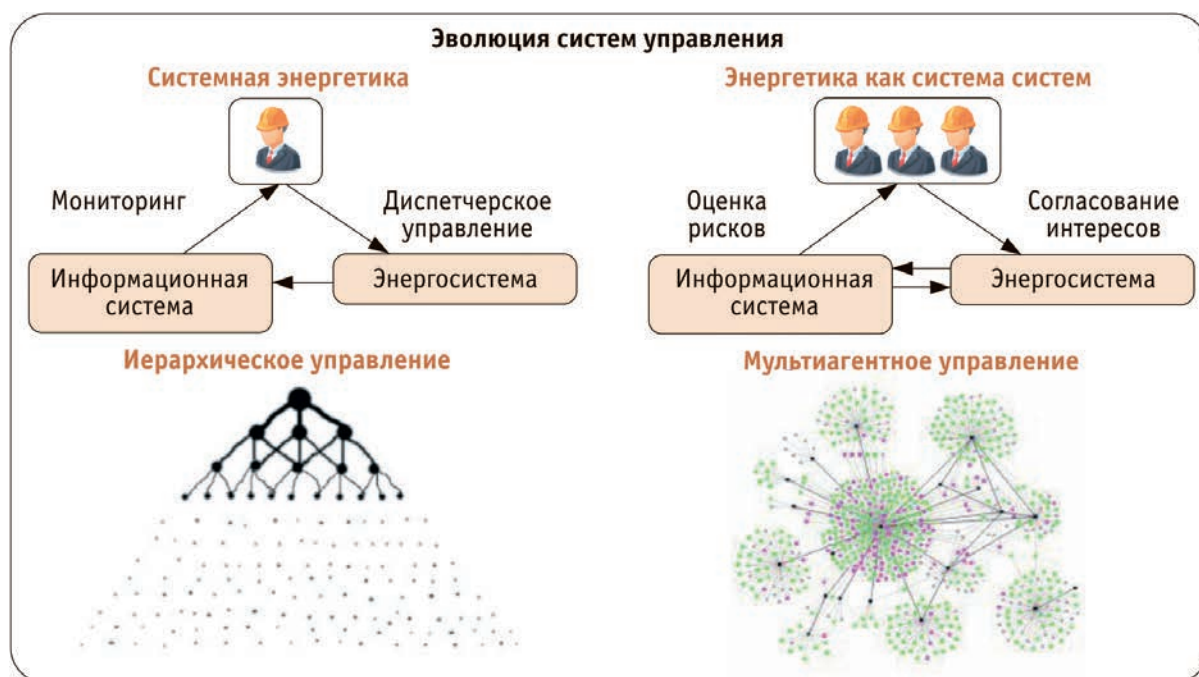


Рис. 6. «Умная и интеллектуальная» энергосистема: нейронная энергоинформационная система

ростом, увеличение газопотребления (в том числе и преимущественно для выработки электроэнергии) составит 2,1 раза, то потребление 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 электропередачи [8].

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

ки 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 энергетики 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 нейромоделирование [9] с последующим переходом к использованию когнитивных систем.

Нейронные сети являются разновидностью структур искусственного интеллекта, моделирующих разветвлённый (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 требует 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 освоённости различных технологий, но и оценку их общей эффективности.

Новая методология формирования интегрированного банка заключается в формировании такой нейроразнообразной 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуев В.В., Голубев В.С. Социоприродное развитие (эргодинамический подход). М.: ИАЦ «Энергия», 2007; Веллер М.И. Энергоэволюционизм. М.: Астрель, 2010.
2. Фортков В.Е. Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе. М.: Физматлит, 2008.
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, № 3, 2012.
5. Бушуев В.В. Пространственно-временные фракталы энергетического развития цивилизации. В сб. «Глобальные тенденции развития мира». Материалы Всероссийской научной конференции 14.06.2012/ Центр проблемного анализа и государственного-управленческого проектирования. М.: Научный эксперт, 2013.
6. Евразийская энергетическая доктрина (концептуальный проект). Приложение к журналу «Энергетическая политика». Москва–Астана, ИД «Энергия», 2012.
7. Астахов А.С., Бушуев В.В., Голубев В.С. Устойчивое развитие и национальное богатство России. М.: ИАЦ «Энергия», 2009.
8. Крюков В.А. Формирование энергоинформационной инфраструктуры на основе парадигмы интегрированной интеллектуальной распределительной сети передачи электроэнергии и данных // Энергетическая политика, № 4, 2012.
9. Каменев А.С., Королёв С.Ю., Сокотущенко В.Н. Нейромоделирование как инструмент интеллектуализации энергоинформационных систем. М.: ИАЦ «Энергия», 2012.



Дорогой Виталий Васильевич!

Позвольте от души поздравить Вас со славным юбилеем — 80-летием — и пожелать Вам ещё многих лет активной жизни!

Вы уникальный человек, поскольку уже многие годы успешно служите нескольким музам: энергетике, философии, поэзии. Казалось бы, они совершенно разные, но Вы находите между ними естественные связи. Ваши фундаментальные результаты в области стратегии развития энергетики России и мира, энергетической безопасности всегда безукоризненны по логике и убедительности представления. Ваши философские размышления не отвлечённо, а всегда связаны с осмыслением места человека в современном и будущем энергоинформационном мире. Ваши проникновенные стихи навеяны мыслями о тесной взаимосвязи внешней материально-энергетической субстанции и внутреннего Эго человека.

Желаю Вам, Виталий Васильевич, крепкого здоровья, которое является залогом осмысления Ваших новых идей и представления новых уникальных результатов!



*Ваш Н.И. Воронай,
член-корр. РАН*



Инновационное развитие электроэнергетики России¹



Глубокая электрификация страны признана одним из важнейших приоритетов новой Энергетической стратегии России [1].

Среди основных вызовов современности, оказывающих наибольшее влияние на характер развития электроэнергетики, выделяются: постоянный рост энергопотребления, в том числе электропотребления; повышение требований к надёжности энергоснабжения и качеству услуг конечных потребителей; стремление к использованию всё более экологически чистых источников энергии и минимизации негативного воздействия на природу; глобализация рыночных отношений на континентальном и межконтинентальном пространстве, в том числе внедрение рыночных отношений в электроэнергетику.

Так, на период до 2035 г. предполагается рост электропотребления в 1,6 раза, а к 2050 г. — в 2 раза по сравнению с 2010 г. с темпами, существенно превышающими спрос на ТЭР в целом. Но стратегически важен не только количественный масштаб развития электроэнергетики, но и качественная структурно-технологическая трансформация как самой отрасли, так и всех связанных с ней сегментов энергетического и энергопромышленного секторов.

К сожалению, основная технологическая база электроэнергетики имеет не только «почтенный» физический возраст (почти 50% всего оборудования электростанций и ВЛ электропередачи проработали более 40 лет), но и устарела морально (70% распределительных электрических сетей выработали нормативный срок службы).

В ответ на вызовы современности изменяется направление развития электроэнергетики как симбиоз гармоничного развития большой и малой энергетики, при котором потребитель играет всё более значимую роль.

В целом электроэнергетика требует не только технической модернизации, но и инновационной перестройки материальной базы, организационной структуры и системы управления функционированием и развитием единой системы: потребитель —

поставщик — производитель (нагрузка — сеть — генерация).

Это — и развитие «электрического мира» потребителей, и **поиск новых источников энергии**, в том числе и нетопливных, для централизованного и децентрализованного энергоснабжения, и **формирование Единой энергетической системы нового поколения ЕЭС-2.0** с управляемой инфраструктурой.

Обновление электроэнергетики на новой технологической основе требует решения трёх основополагающих (и фундаментальных и практически обусловленных) задач:

- проведение структурно-технологического форсайта и формирование нового облика энергетики будущего, а в соответствии с этим формирование банка инновационных технологий на среднесрочную и долгосрочную перспективу;
- создание целостной системы инновационного развития — от фундаментальных путей и прорывных технологий до интеллектуального проектирования не только отдельных энергоустановок, но и энергетических комплексов, а также подготовка кадров для их освоения;
- разработка частно-государственного партнёрства с целью экономического, инвестиционного и институционального стимулирования качественного обновления систем и обеспечения общих интересов науки и бизнеса, власти и общества.

¹ Бушуев В.В., Кучеров Ю.Н. (ОАО «СО ЕЭС»), журнал «Энергетическая политика», № 6, 2014, с. 66–71.

В данной статье делается попытка показать возможные пути и приоритеты решения этих задач для всего электроэнергетического комплекса. При этом электроэнергетика не рассматривается как независимая совокупность генерации, распределения и нагрузки, и даже не как отрасль, целью которой является обеспечение необходимого объёма энергопоставок (либо предоставления мощности). **Электроэнергетика — это метасистема** (SoS — System of System, система систем), которая объединяет всех участников общего процесса энергоснабжения в единое целое, включая не только их синхронную работу, но и взаимоувязанное по целевой задаче и конечному результату функционирование и развитие всего комплекса.

Целью электроэнергетики нового поколения является как надёжность и эффективность (экономическая, технологическая и социальная) всей системы энергоснабжения на территории страны, так и её стимулирующая роль драйвера экономического развития регионов.

Главным инструментом достижения этого целевого развития электроэнергетики является инновационность, обеспечивающая качественно новый облик «электрического мира» потребителей и Единой энергетической системы ЕЭС-2.0.

Это достигается также путём развития инфраструктуры, обеспечивающей как интеграцию регионов (крупных территориально-производственных комплексов и рассредоточенных потребителей) в единый электроэнергетический комплекс, так и стимулирование появления новых потребителей

в коммунально-бытовой, транспортной и промышленной сферах для роста качества жизни населения и производительности труда за счёт глубокой электрификации.

Структурно-технологический форсайт (целевое видение) электроэнергетики — это, прежде всего, тренды и прогнозы развития спроса и производства (масштабы и направления электрификации, анализ структурных схем межрегиональных энергообъединений и локальных энергетических систем, формирование новой технологической платформы интеллектуальной (энергоинформационной) энергетики и банка новых прорывных технологий генерации, передачи и комплексного использования новых типов энергоустановок у потребителя.

К сожалению, в полной мере такого форсайта в нашей стране так и не проведено. Существуют отдельные обстоятельные исследования по вариантам развития ВИЭ, электромобильного транспорта, Единой национальной электрической сети (ЕНЭС), но все они проведены с позиции лоббирования тех или иных инноваций, оставляя без внимания общий качественный облик электроэнергетики в целом. Такая фундаментальная задача — это прерогатива не отдельных компаний и даже не министерств, а прежде всего Российской академии наук, где, к сожалению, пока что отсутствует комплексная программа системного развития электроэнергетики. Множество работ посвящено отдельным фундаментальным исследованиям новых принципов генерации (тригенерация, электровзрывные генераторы, импульсные и вихревые энергоустановки, электрохимические



источники тока, термоядерные реакторы и реакторы на быстрых нейтронах, отдельные схемы солнечной энергетики и т.п.). Но в целом из этих разрозненных работ, проводимых во множестве лабораторий и институтов РАН, пока не складывается тот будущий облик электроэнергетики, который будет основан на прорывных технологиях, позволяющих существенно расширить арсенал новой генерации.

А эта новая генерация, как и электроэнергетика, в целом неминуемо будет многоукладной. Неправомерно говорить об альтернативной энергетике: или на базе топливной генерации (угольных и газовых ТЭС), или с помощью ВИЭ, АЭС (включая реакторы на БН) или ГЭС (включая приливные станции), космических электростанций или мини-аккумуляторов для бытовых электроприборов.

«Электрический мир» потребителя чрезвычайно многогранен. Это — «умные» энергоэффективные дома, оборудованные различной техникой для обеспечения комфорта и удобства жизни. В мире известно более 500 различных видов бытовой электротехники: от индивидуальных биоэнергетических и физиологических медицинских приборов до осветительных установок без использования ламп накаливания, от строительных конструкций и панелей со встроенными электронагревателями до управляемых установок климат-контроля (кондиционеров и воздухообогревателей, вентиляторов и увлажнителей, ламп Чижевского и инфракрасных излучателей), не говоря уже о кухонных комбайнах, установках для приготовления пищи и утилизаторах бытовых отходов. И хотя сегодня большая часть этой бытовой техники питается от розетки, быстро растёт доля устройств со встроенными источниками питания, в том числе микроаккумуляторами. А ещё быстрее появляются новые виды электрофизических и электрохимических приборов, работающие не на традиционных источниках (переменного или постоянного тока с адаптерами) и не с помощью зарядных устройств, а на биорезонансных принципах, пьезокристаллических эффектах, волновых усилителях различного происхождения.

Ещё более широкий спектр возможных энергоустановок связан с транспортно-промышленным сектором.

Помимо развития литий-ионных и водородных аккумуляторов для электромобилей (личного и общественного транспорта), разрабатываются и находят всё более широкое применение импульсные, термомеханические и взрывные установки для обработки материалов.

Электрохимия и нанотехнологии позволяют создавать новые материалы и конструкции с за-

данными структурными механическими и физическими свойствами. При этом все возможные физико-химические реакции основаны на использовании процессов преобразования одних видов электрической энергии в другие, не ограничиваясь только стандартными электромагнитными процессами частотой 50 Гц.

Это понуждает более широко рассматривать всю совокупность энергетических преобразователей, служащих как для изменения параметров электрического тока, так и для решения более широкого класса задач формирования «электрического мира», в том числе и согласования новых потребителей и новой генерации.

Так, например, для получения тугоплавких материалов с помощью токов сверхвысокой частоты обычные энергоустановки не годятся, а с успехом используются концентраторы солнечной энергии.

Для нанесения тонких покрытий на материалы могут быть использованы не традиционные гальванические установки, а специальные электрохимические электролизеры. Суперконденсаторы могут создаваться с использованием мембранных биоэнергетических технологий.

Атомные станции имеют возможность не только генерировать электрическую энергию по графику нагрузки, но и вместе с мощными накопителями, запасаящими энергию в ночные часы, будут представлять энергетические центры для питания крупных потребителей теплом и электрической энергией.

Тригенерация тепла, электрической энергии и холода может быть адекватна потребителям, в равной степени заинтересованным в использовании всех этих ресурсов, например, предприятиям криогенного профиля.

Гидроэнергетические установки целесообразно использовать не только для производства электрической энергии, но и для управления водными потоками для ирригации и борьбы с наводнениями, а также для электролиза воды и получения водорода.

Примеров такого нестандартного (не моноспециализированного) подхода к генерации и потреблению энергетических ресурсов достаточно много уже сейчас, а будущая энергетика станет комплексом для широкого использования всех видов энергии для соответствующих потребителей широкого профиля.

Применение новых материалов для силового энергетического и электротехнического оборудования позволило увеличить плотность энергии, преобразуемой на объектах электроэнергетики, а также повысить ресурс и продолжительность межсервисного (межремонтного) интервала. Развитые ин-

формационные системы диагностики и контроля состояния оборудования, в том числе встроенные системы диагностики, предоставили возможность гибкого подхода к определению допустимой нагрузки и необходимости проведения технического обслуживания.

Особенно интенсивное развитие технологий в настоящее время наблюдается в области сверхмощных дальних электропередач, необходимых для связи крупных источников электроэнергии и центров потребления, и распределительного сектора ЭЭС, что отражает общую тенденцию к возрастанию роли потребителей и веса распределённой генерации. В связи с этим необходимо выделить развитие высоковольтной преобразовательной техники и высокоамперной техники на низком напряжении.

Технологическое развитие связано не только с ростом технических параметров силового высоковольтного оборудования. Например, развитие электротехнической промышленности позволило повысить надёжность выключателей, кабельных линий, преобразователей вида тока, что положительным образом сказывается на надёжности функционирования ЭЭС и предоставляет новые возможности для новых схемных решений в развитии электрической сети, коммутационных узлов ЭЭС, схем электроснабжения потребителей.

Поэтому одной из важных задач **энергетического форсайта** должно стать формирование банка новых технологий, построенного не по отраслевому принципу, а по принципу модульного построения системы. Эта система собирается на базе отдельных блоков — отдельных технологических установок, ре-

ализующих тот или иной энергетический процесс, но системно конструируемых и интегрируемых в общую многосвязную сеть. Тем самым могут быть получены (синтезированы) технологические системы с заданными свойствами либо обеспечивающими качественно новый эффект.

Идеология построения такого банка представлена в работах ИЭС [2], но основная задача — сделать его предметом многостороннего формирования и использования для инновационного развития электроэнергетики.

Инновационность — это не самоцель, а только средство для создания энергоэффективной электроэнергетики, которая должна отличаться не только энергосберегающими характеристиками, но и новым результатом, расширяющим спектр энергетических услуг для населения и создающим возможности качественного улучшения производственных и социальных характеристик использования электроэнергии.

Костяк банка должны составить прорывные технологии, требующие как использования новейших фундаментальных знаний в энергетике и смежных науках, так и организации всего цикла — от идеи до замкнутой широко используемой технологической системы.

Ключевым звеном в такой системе станет творческий человек, способный понимать и формировать исходный замысел SoS, участвовать в интеллектуальном проектировании многоукладной и многосвязной энергетики на базе Smart и Super Grid, а также способный обучаться новейшим технологиям и учить этому подрастающее поколение.



Под разработку инновационных технологий необходимо формирование новых творческих коллективов из числа специалистов РАН, вузов, отраслевых НИИ, бизнес-компаний и государственных структур.

Но главным в этих коллективах должен стать системотехник — идеолог и системный менеджер для постановки задач и совместной организации работы. Поэтому до рассмотрения предложений по финансированию таких комплексных работ необходимо выделить специальных грантов под идею и под возможный качественно новый результат формирования таких технологических цепочек из общего банка. По сути дела, банк новых технологий должен стать ядром физического и финансового формирования инновационной энергетики будущего. А его обеспечение должно стать предметом заботы как государственных (бюджетных) фондов, так и частного бизнеса — потребителя новых технологий.

Ещё одной крупной проблемой инновационного развития электроэнергетики должно стать формирование Единой энергетической системы нового поколения ЕЭС-2.0. В отличие от ЕЭЭС советских времён, являющейся образцом суперобъединения для своего времени, ЕЭС-2.0 должна формироваться не только как совокупность физических (линейных и подстанционных объектов, сетевых и межсистемных преобразователей) коммуникаций, но и как SoS-единство всех систем, энергетических, транспортных, в том числе с перевозками сырьевых и переработанных товаров со скрытой энергией (угля, водорода, цветных металлов, СПГ, моторного топлива и др. энергохимических продуктов), а также информационных (в том числе рыночных) сигналов, институциональных связей. ЕЭС-2.0 охватывает не только зону синхронных связей между отдельными межрегиональными и межгосударственными системами, но и является глобальной сетью Super Grid — инфраструктурой всей Евразии.

Её отличительные особенности:

- разрешение ограничений параллельной работы систем за счёт создания межсистемных преобразований (ВПТ, СПИН, кабельных сверхпроводящих вставок и системных накопителей различного механического, индуктивного, гидроаккумулирующего, пневматического типа), обеспечивающих эффект «складирования» энергии;
- возможность интеграции с другими транспортными связями за счёт согласованного использования сырьевых энергокоммуникаций (газопроводов, углевозных дорог, водных маршрутов),

ВЛ электропередачи и перевозкой энергоносителей в переработанном виде;

- интеллектуализация связей, объединяющих отдельные региональные и монопродуктовые системы за счёт информационного единства и согласованного управления.

ЕЭС-2.0 — это интеллектуальная и саморазвивающаяся Super Grid, создающая условия для подключения к ней как больших генерирующих центров, так и распределённой по территории генерации, крупных территориально-промышленных комплексов и локальных потребителей.

Тем самым она обеспечивает объединение районов с богатыми запасами природных ТЭР и центров их промышленной переработки и использования, объединение централизованных и децентрализованных систем энергоснабжения.

Структура ЕЭС-2.0 — это сочетание цепочечных схем объединяемых энергосистем Урала, Сибири и Дальнего Востока, а также ячеистых схем по ходу объединения отдельных широтных и меридиальных направлений: вдоль Транссиба и ВСТО, БАМа и газопровода «Сила Сибири», вдоль Севморпути и «Нового шёлкового пути» в рамках общего Трансевразийского пояса развития.

Принципиальной особенностью ЕЭС-2.0, как и всей инновационной электроэнергетики, является то, что она представляет собой не статическую физико-техническую систему с информационными связями, а «живую» человеко-машинную (эргатическую) систему, которая не просто обслуживает Homo Sapiens и общество в целом, а делает человека социального творцом и конструктором будущего. Интеллектуальность Smart Grid и ЕЭС-2.0 достигается не за счёт роботизации техники, а за счёт нового метасистемного принципа объединения физических возможностей новых технологических комплексов и человеческого фактора.

Электроэнергетика при этом становится не средством жизнеобеспечения потребностей социума, а вместе с человеком — системой жизнедеятельности общества и государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. (проект Минэнерго РФ, URL: www.minenergo.gov.ru).*
2. *Материалы проекта «Банк энергетических технологий». М.: Мировая энергетика, 2012.*
3. *Якунин В.И., Осипов Г.В., Садовничий В.А. Единая евразийская инфраструктурная система. М.: ИСПИ РАН, 2013.*



Уважаемый Виталий Васильевич!

Поздравляю Вас с юбилеем!

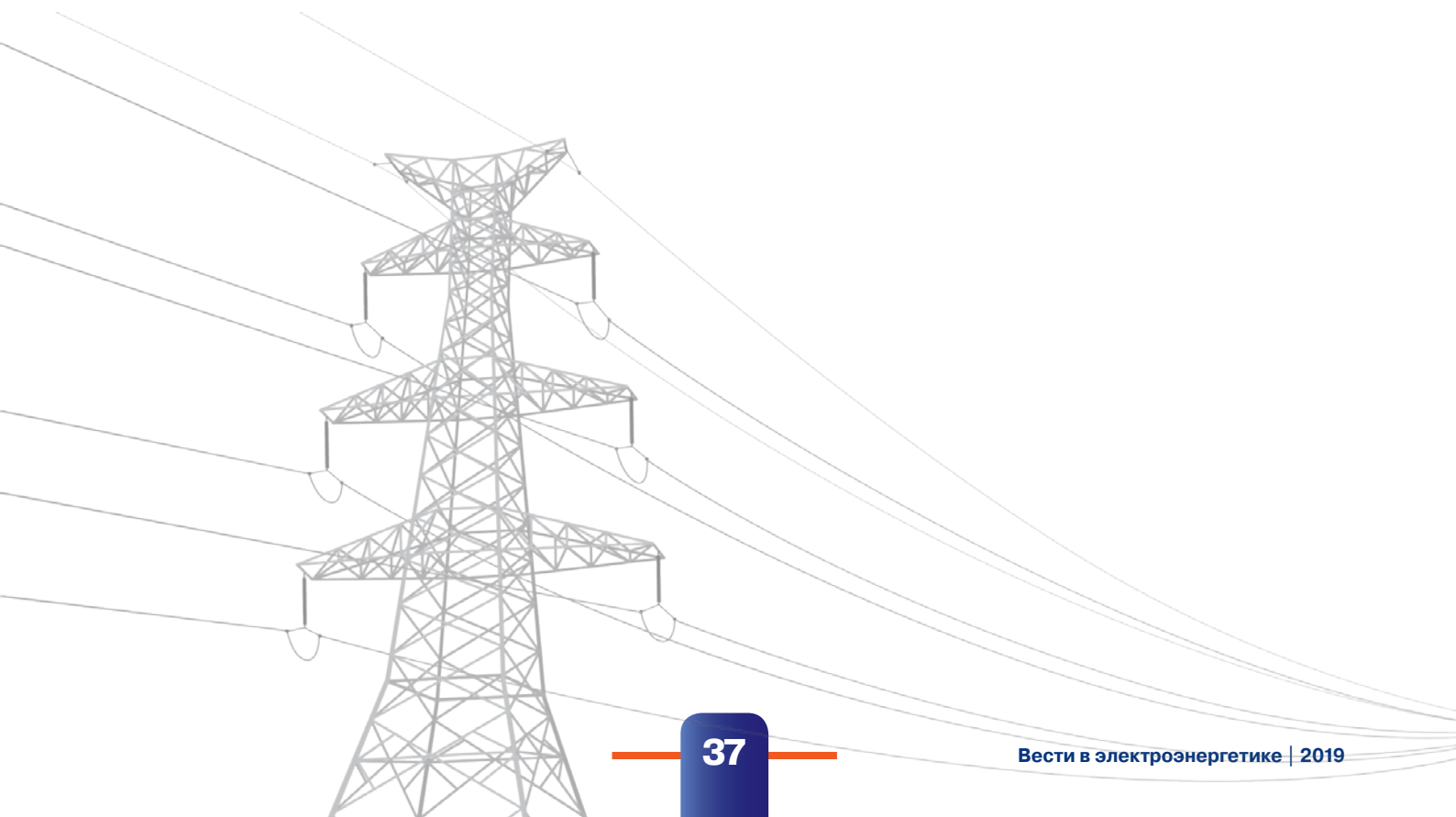
Учёный с мировым именем и опытный руководитель, Вы посвятили энергетике всю жизнь. Как и создатели плана ГОЭЛРО сто лет назад, Вы участвовали в разработке долгосрочной стратегии развития нашей отрасли, без которой невозможно создание стратегии развития страны в целом. Строгий научный подход и системное мышление — вот отличительные особенности Ваших книг, оказавших значительное влияние на ход дискуссий о будущем энергетики России.

Последние двадцать лет Вы возглавляете Институт энергетической стратегии — отраслевой аналитический и инновационный центр, целью которого является создание устойчивой, безопасной для природы и человека энергетики. Именно эта задача стоит перед энергетикой в мировом масштабе, и вклад возглавляемого Вами института в решение этой глобальной задачи востребован.

Примите самые тёплые пожелания крепкого здоровья, активного долголетия и новых достижений!



*Председатель Правления –
Генеральный директор
ПАО «РусГидро»
Н.Г. Шульгинов*



Структурно-технологический форсайт развития ЕНЭС России как инфраструктуры Евразии¹

В современном мире наблюдаются две противоположные тенденции: глобализация (ресурсная, технологическая, информационная) и регионализация (полицентричность экономики, энергетическая самодостаточность, культурная самоидентификация). Для того чтобы мир не оказался на распутье и не разбежался в разные стороны, необходимо найти третий путь — инфраструктурного развития, создающего условия для того, чтобы каждый из мировых субъектов (страна, транснациональная компания, общественное объединение) развивался по собственным представлениям о своих интересах и о своём месте в мире. И в то же время имел возможность подключиться к некоторым «общим шинам» цивилизации как системе владения своими энергетическими (природными, трудовыми, производственными и социальными) ресурсами для достижения успехов в интересах всех и каждого.

¹ В.А. Баринев, В.В. Бушуев, Г.И. Самородов, журнал «Энергетическая политика», № 3, 2014, с. 43–49.

Характерной чертой развития человеческой цивилизации является движение по пути к «электрическому миру». Именно глубокая электрификация быта, производства, транспорта и сельского хозяйства позволит комплексно решать задачу жизнеобеспечения человечества. В быту это электроотопление, электропищеприготовление, электроосвещение; в промышленности — повышение электровооружённости и производительности труда; на транспорте — электромобилизация и электрификация железных дорог; на селе — переработка продукции и сервисные услуги.

Ускоренная электрификация и растущий спрос на электроэнергию в мире и России — это основная тенденция развития, иллюстрируемая табл. 1 и 2. При этом спрос на электроэнергию в России вырастет к 2050 г. в 1,7–2 раза, тогда как спрос на первичные ТЭР — всего на 27–30%.

Но для того чтобы обеспечить всех потребителей необходимым количеством электроэнергии

Табл. 1. Производство электроэнергии в странах мира, млрд кВт·ч

Регионы	2010 г.	2035 г.	2050 г.	Рост 2050/2010
Мир	20 300	34 400	52 000	2,56
Россия	1020	1570	2000	1,96
Китай	3700	8800	15 000	4,05
Индия	700	2600	5500	7,86
Казахстан	90	150	200	2,22
ОЭСР	10 000	12 100	13 500	1,35

Табл. 2. Потребление электроэнергии по федеральным округам РФ на период до 2050 г. (инновационный сценарий), млрд кВт·ч

Федеральный округ	2010 г.	2020 г.	2035 г.	2050 г.	Рост 2050/2010
Центральный	207	230	275	350	1,69
Северо-Западный	101	118	160	220	2,18
Южный и Северо-Кавказский	81	103	125	170	2,10
Приволжский	205	245	280	340	1,66
Уральский	172	203	230	280	1,63
Сибирский	215	258	410	510	2,37
Дальневосточный	40	60	90	130	3,25
Россия, всего	1021	1217	1570	2000	1,96

и качеством энергоснабжения, необходимо развитие многоукладной энергетики (централизованных и децентрализованных систем, АЭС и ВИЭ, ГЭС и тепловых станций, накопителей электроэнергии), а также поиск новых прямых способов получения электроэнергии из окружающей среды (из космоса и ионосферы, из аэро- и гидросферы), от химических источников и структурного потенциала вещества. Ресурсов для этого в мире достаточно (как в недрах, так и в геосфере), поэтому «энергетический голод» планете не грозит при любых темпах демографического развития. Проблема сегодня в другом: как приблизить энергопроизводство к энергопотреблению, с учётом различий в географическом размещении этих центров на планете. Несмотря на широкое использование нетрадиционных ресурсов нефти и газа, возобновляемых источников и новых технологий физико-химических преобразователей энергии, всё же их территориальное размещение часто оказывается удалённым от центров массового потребления — крупных мегаполисов, энерго- и ресурсоёмких территориально-производственных комплексов (ТПК-кластеров), а также от мест рассредоточенного проживания населения. Некоторое представление о текущем состоянии энергетической инфраструктуры Евразии даёт электронная карта, приведённая на рис. 1. Она показывает, насколько компактно размещаются и на-

селение и производство в Центральной Европе; как концентрированными кругами формируется эта инфраструктура в западной части России с центрами в Москве, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, на Среднем Урале; и насколько рассредоточены связи в восточной части России и примыкающих районах Центральной Азии и Дальнего Востока.

Поэтому ключевой задачей энергетического развития Евразии, особенно в связи с созданием Евразийского экономического союза и расширением долгосрочного сотрудничества с Китаем, Индией, Южной Азией, является выбор стратегических путей формирования транспортно-энергетической инфраструктуры континента. Даже если эта инфраструктура будет представлять собой нефтегазовые трубопроводы (ВСТО и «Сила Сибири») и железнодорожные магистрали (Северо-Сибирская магистраль Нижневартовск — Якутск — Магадан), водно-энергетический комплекс Сибири и Центральной Азии и интернет-кабели, она непременно будет дополняться электросетевыми коммуникациями, поддерживающими электроснабжение в районе транспортных коридоров. А кроме того, в ЕНЭС России будут создаваться и новые энергетические мосты для выдачи энергии от удалённых источников, и новые межсистемные коридоры, обеспечивающие условия для интеграции ТПК-кластеров и для опережающего формирования систем энергоснаб-



Рис. 1. Существующая инфраструктура Евразии



Рис. 2. Инфраструктура Трансевразийского пояса развития

жения — драйверов экономического развития территорий, по которым будут проходить эти коммуникационные связи. На территории Евразии (рис. 2) можно локализовать ряд районов — центров энергопроизводства и центров энергопотребления.

В отличие от традиционных районов Урала, Каспия и Ближнего Востока, где сосредоточено до 70% всех запасов углеводородного сырья, и объединённого угольного бассейна Северного Казахстана (Экибастуз) и Южной Сибири (КАТЭК, Кузбасс), в перспективе упор делается на развитие регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока, включая развитие Якутского (уголь, газ и нефть на севере) и Сахалинского (углеводороды) центров.

Что касается центров потребления, то евразийская инфраструктура в крайних точках опирается на Китай и Центральную Европу, а важными промежуточными центрами станут Верхневолжский

район и Южная Сибирь. Новыми центрами, которые существенно повлияют на инфраструктуру, станет район Севера Западной Сибири — от Полярного Урала до Ямала и Таймыра, а также район ДФО с активным развитием горнорудной, нефтегазоперерабатывающей и военно-космической промышленности.

В этой общей Евразийской инфраструктуре ЕНЭС будет состоять из сверхдальних электропередач, соединяющих объединённые энергетические системы (ОЭС), а также цепочки межсистемных электрических связей (МЭС) между ними (рис. 3).

Пропускные способности МЭС к 2035 г. по условиям реализации выгод от совместной работы объединённых энергосистем должны составить по 3–3,5 ГВт по каждому из сечений внутри страны и 6 ГВт в сечении Урал — Сибирь. К 2050 г. в связи с ростом потоков обменных мощностей может потребоваться увеличение пропускной способности этих сечений ещё в 1,5 раза.

ЕНЭС свои инфраструктурные функции будет выполнять, развиваясь внутрь и вглубь. С одной стороны, электропередачи, входящие в состав ЕНЭС, будут служить межрегиональными и межгосударственными связями, формируя общее энергетическое кольцо Евразии [1, 2]. В приведённой на рис. 4 схеме ЕЭС Евразийского континента выделена синхронная зона энергообъединения, включая западную зону UCTE и энергосистему Среднеазиатских стран, а также электрические связи на постоянном токе между энергообъединениями России и северной зоны NORDEL, ЕЭС Индии, Японии и Китая.

Среди перспективных внешних связей рассматривается вариант электрической связи Южно-Якутский ГЭК — Северный Китай при передаче 6 ГВт на расстояние 2500 км постоянным и переменным током [3], а также передача «CASA-1000» [4] из Таджикистана в Пакистан, дополненная свя-

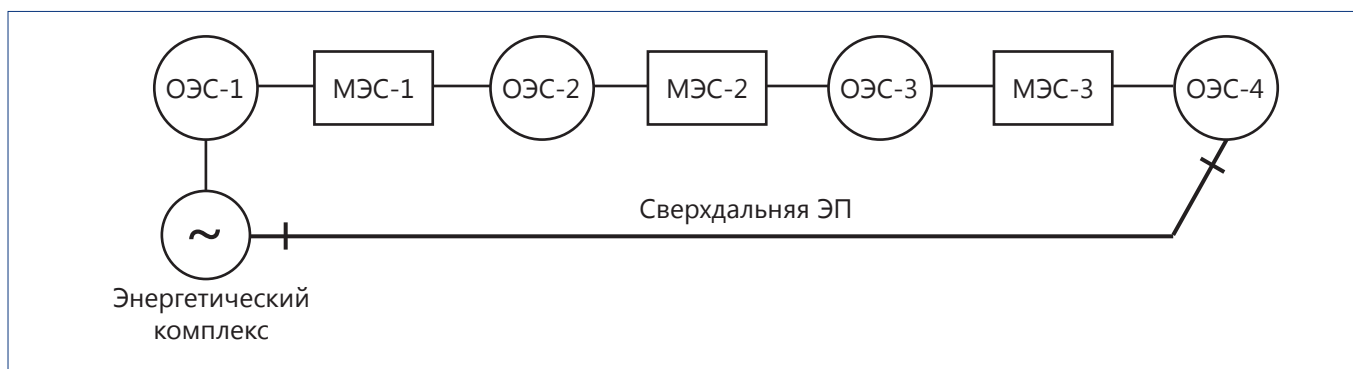


Рис. 3. Совместное функционирование МЭС и сверхдальних электропередач

зью Восточная Сибирь — Казахстан — Центральная Азия.

С другой стороны, ЕНЭС является интегратором региональных энергосистем (РЭС) внутри страны и, в свою очередь, формирует внешние условия для централизованных ЕС и модульных (блочных) станций: генератор — нагрузка.

Проблема сочетания централизованных и децентрализованных систем в общей инфраструктурной схеме Евразии стоит особенно остро. Необходимость форсированной электрификации многих регионов России и Казахстана в связи с низкой плотностью нагрузки на малозаселённой территории требует преимущественного развития здесь децентрализованного энергоснабжения и даже локализации отдельных энергетических узлов. Интенсивное развитие децентрализации позволяет быстрее вводить новые мощности (так, в 2013 г. из общего ввода порядка 4 ГВт почти 500 МВт было введено за счёт «малой» генерации). В то же время это не снимает необходимости резервирования этих мощностей на оптовом рынке, формируемом ЕНЭС, объединяющей крупные энергоисточники.

Поэтому в рамках общего энергообъединения приходится по-новому формировать требования и условия надёжного энергообеспечения потребителей за счёт всех уровней ЕЭС, ОЭС и РЭС.

На нижнем уровне повышается роль и значение активного потребителя, который участвует не только в собственном энергообеспечении, но и своими резервными мощностями участвует в регулировании изменённого графика нагрузки, предотвращении каскадного развития аварий и ускорении восстановления режима энергосистемы в целом. На это направлено технологическое развитие новых систем управления нагрузкой, в том числе использование накопителей, которые являются промежуточным звеном энергоснабжения. Запитываясь от внешних сетевых источников, они аккумулируют энергию и поставляют её потребителю в то время и в том объёме, который определяется нагрузкой.

Эти накопители находят всё более широкое применение в инфраструктурных проектах энергообеспечения городского электротранспорта и отдельных групп потребителей. Примером тому может служить проект «Smart City» в г. Йокогама (Япония) [5].

Новым для управления потоками в межсистемных связях ЕНЭС является использование сетевых накопителей различного вида: гидроаккумулирующих электростанций, установок с использованием сжатого воздуха, маховиков и сверхпроводников. Для этих же целей могут быть использованы и ВПТ,

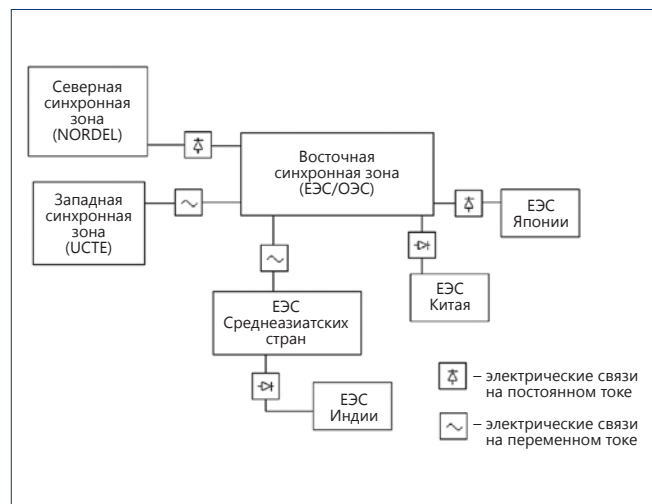


Рис. 4. ЕЭС Евразийского континента

к тому же обеспечивающие и снижение уровня токов КЗ, не прибегая к делению систем в условиях аварийных ситуаций.

В предложенных электропередачах (и МЭС и энергомоствах) приходится считаться с электро-механическими колебаниями низкой частоты. Это требует либо соответствующего выбора систем регулирования возбуждения и скорости генераторов, либо использования интеллектуальной электрической системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) [6].

Сами же электропередачи, в зависимости от степени своего предназначения в структуре ЕНЭС, выступают как традиционные ЭП с управляемыми источниками реактивной мощности (FACTS), компактными ВЛ, нетрадиционные ЭП (четырёхпроводные, многофазные), а также в виде ППТ и новых типов ЭП.

Среди последних на дальнюю перспективу можно рассматривать: электронные (пучковые), волноводные (микроволновые), антенные (в том числе беспроводные космические), резонансные (однофазные) и другие варианты. Они могут применяться как для сверхдальних связей, так и передачи на весьма короткие расстояния.

Одним из основных требований, предъявляемых к ЕНЭС, является адаптивность схемы к новым технологиям. В перспективе сама ЕНЭС должна наращиваться более мощными ЭП 750–1150 кВ и приобретать форму ячеистых схем, покрывающих всю (или большую) территорию Евразии. Один из вариантов такой схемы представлен на рис. 5.

Такая ячеистая схема интегрирует мегаполисы, ТПК-кластеры, крупные узлы генерации и сбалансированные по мощности и энергии РЭС и ОЭС.



Рис. 5. Энергетические кластеры в системе ЕНЭС

Отличительной особенностью такой схемы является наличие явно выраженных широтных магистралей (от Санкт-Петербурга к Полярному Уралу, Тюменской РЭС, Красноярской РЭС и Якутской РЭС), а также южного маршрута — от КАТЭК через Казахстан на Волгоград и в Донбасс.

Восточное крыло ЕНЭС должно объединить Якутию, Восточную Сибирь и Дальний Восток с выходом на Китай. Особого внимания заслуживает зона побережья Северного Ледовитого океана.

Ответственность этого северного (заполярного) региона требует комплексного решения его энергоснабжения, без использования системы дорогого и малоэффективного «северного» завоза в порты Севморпути. Эта проблема ещё требует своего решения, может быть, и за счёт новых типов ЭП от космических и ионосферных энергоисточников.

Необходимо также отметить возможность использования промежуточных энергоносителей: сжиженного водорода, получаемого путём гидролиза морской воды, использования газогидратов в легкотранспортируемом твёрдом состоянии льда. Электроэнергия, производимая с помощью возобновляемых источников, в том числе на ПЭС, может не сразу передаваться в ЕНЭС, а использоваться на месте для получения крупных энергосодержащих продуктов: цветных металлов, водорода, которые затем могут перевозиться по транспортным магистралям к центрам потребления.

Возможно, недалеко и то время, когда электрическая энергия с помощью мощных накопителей навсегда «потеряет» своё нынешнее свойство — невозможность «складирования» и необходимость одновременной генерации и передачи потребителям. А это значит, что уйдёт в прошлое чисто отрасле-

вой подход к инфраструктуре, отдельно транспортирующий топливные ресурсы, электроэнергию и конечную энергоёмкую продукцию. ЕНЭС станет лишь специфическим звеном такой инфраструктуры вместе с транспортными, информационными и институциональными связями.

В будущем ЕНЭС и вся инфраструктура станут одной из модификаций «системы систем», когда энергообъединение нового поколения ЕЭС-2.0 будет представлять собой единую энергоинформационную систему (институциональную систему). Наряду с физическими потоками энергии в явном или скрытом виде, в ней будут фигурировать информационные, рыночные, управляющие сигналы, координирующие действия самостоятель-

ных энергетических агентов, работающих в режиме мультиагентного управления и обмена «каждый с каждым». Это даст возможность полностью реализовать те принципы, которые заложены в Евразийской энергетической доктрине, где обеспечивается оперативная самостоятельность всех национальных ОЭС, а подключённость к общей инфраструктуре обеспечит лишь расширение этих возможностей без директивного вмешательства в автономные системы мультиагентного управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин Н.И., Ершевич В.В., Руденко Ю.Н. Развитие межнациональных энергообъединений — путь к созданию мировой электроэнергетической системы. Иркутск: СЭИ СО РАН. 1995, 29 с.
2. Бушуев В.В. Энергетическая инфраструктура Евразии как основа ее устойчивого развития — доклад на Астанинском экономическом форуме, 22–24 мая 2012 г. / в сб. Бушуев В.В. Энергетика России, ч. 3. Мировая энергетика и Россия. М.: Энергия, 2014, с. 308–314.
3. Зильберман С.М. О совместной работе ОЭС Сибири и Северной энергосистемы Китая // Электричество, № 11, 2008, с. 2–9.
4. Гусева Е.Н. Российская электроэнергия для Центральной и Южной Азии // Электроэнергия. Передача и распределение. № 5, 2013, с. 12–15.
5. «Smart City» в г. Йокогама. Отчёт для ДепТЭХ. 2013.
6. Концепция ИЭС России с активно-адаптивной сетью / под. ред. В.Е. Фортובה и А.А. Макарова. М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2012.



Уважаемый Виталий Васильевич!

От имени коллектива Национального исследовательского университета «МЭИ» примите наши самые добрые и искренние поздравления с 80-летним юбилеем!

Ваши научные достижения получили широкое признание мирового сообщества учёных. Вы внесли большой личный вклад в создание научной школы по энергетической безопасности и энергетической стратегии у нас в стране и в целом ряде зарубежных стран. Вручение Вам почётных званий и премий Правительства РФ вызывает среди Ваших коллег и почитателей в МЭИ искреннее удовлетворение и гордость за Вас и за российскую науку в целом.

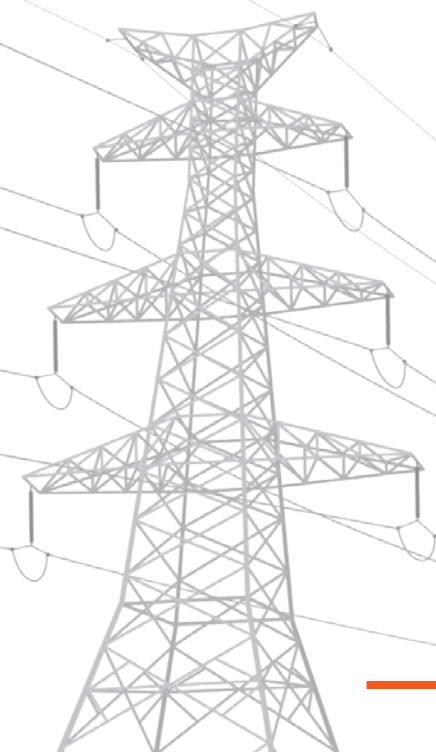
Дорогой Виталий Васильевич! Искреннее уважение и любовь, с которой относятся к Вам коллеги всех поколений, — это не только результат признания Ваших научных заслуг, беззаветного служения науке и делу воспитания научной молодёжи, но и естественные ответные чувства на Вашу исключительно доброжелательную и душевную щедрость.

Пусть ещё долго-долго будет продолжаться этот плодотворный труд в области энергетической политики России, нового научного направления теории эргодинамики — науки об энергетических процессах устойчивого развития в социоприродных системах, в основе которой лежит комплексный энерго-эколого-экономический подход к развитию единой системы «природа — общество — человек» с учётом регионально-отраслевых аспектов, а также перспектив развития ТЭК.

В день юбилея желаем Вам и Вашим близким крепкого здоровья, долгих лет жизни, благополучия, душевных сил и реализации начатых дел! Желаем, чтобы Ваши надёжные партнёры и друзья всегда были с Вами!



*Ректор НИУ «МЭИ»
Н.Д. Роголёв*



Когнитивный энерготехнологический форсайт¹



Целевое видение (форсайт) энергетических трансформаций определяется исходя не из собственной эволюции энергетики, а из общих тенденций развития цивилизации и новой роли энергетики в системе «природа — общество — человек».

Энергетика становится не только средством жизнеобеспечения, но и фактором жизнедеятельности. Человек, как главное действующее лицо этой системы, формирует своё энергетическое будущее на основе собственных когнитивных представлений о потенциальных возможностях и новом структурном образе энергетической цивилизации, действующих силах и гармонизации материальных и духовных приоритетов энергетического развития. При этом субъективность индивидуального человеческого мышления дополняется и нивелируется с учётом общих закономерностей развития цивилизации. В статье рассматривается инновационный (организационно-технологический) подход к целевому видению энергетики будущего и построению его когнитивного образа.

Кризис 2010-х годов знаменует собой начало нового цивилизационного этапа развития человечества. Цивилизация (от *ци* — энергия, *вил*, *вл* — владение) — это, по большому счёту, энергетическая метасистема, характеризующаяся комплексным (ресурсным, материальным, технологическим, социальным, культурным и интеллектуальным) потенциалом и его эффективным использованием для устойчивого и гармоничного развития триады «природа — общество — человек». В этой метасистеме человек является не только одной из составных частей, он является координатором этого развития, формируя целевое видение (форсайт) новой цивилизации, осуществляя выработку приоритетов и направлений эволюции, а также механизмов трансформации энергетики из системы жизнеобеспечения в систему жизнедеятельности в окружающей социоприродной среде.

Энергетическая трансформация охватывает все виды используемого потенциала, переход от доминирования ресурсного фактора к неоиндустриаль-

ным (энергоинформационным) системам, а впоследствии к интеллектуальной социогуманитарной энергетике.

Энерготехнологический форсайт предполагает, что новый этап развития цивилизации будет характеризоваться увеличением роли и значения человеческого капитала в качестве наиболее эффективной формы энергетического потенциала. Человек будет всё в большей степени становиться не только главным действующим лицом этой трансформации, но и объектом новой энергетики. Человеческий фактор становится главным и при выборе идеологии (направлений) энергетической трансформации, и методологии форсайта, основанной на использовании мыслительных алгоритмов целевого видения образа будущей энергетики как системы жизнедеятельности.

Целевое видение будущего, в центре которого человек — одновременно индивидуальное и коллективное существо, предполагает, что для выработки форсайта необходим новый подход, основанный на когнитивном представлении перспективы как цельного образа триады «природа — общество — человек».

Когнитивность — это способность человека воспринимать внешний мир путём образного мышления и выстраивать алгоритм формирования этого образа путём интеллектуального прогнозирования. Этот вид прогнозирования даёт не количественные оценки тех или иных параметров, характеризующих будущее, а структурный образ этого будущего, получаемый умозрительным путём. Когнитивность форсайта определяется не усреднёнными значениями экспертных оценок прогнозистов, а способностью человека сформировать собственное целостное видение будущего.

Этот образ будущего зависит от понимания человеком-прогнозистом общих тенденций развития цивилизации, его умения не потеряться

¹ Журнал «Энергетическая политика», № 4, 2015, с. 3–10.

в частности, его представлений о гармонизации материальных и духовных начал энергетической жизнедеятельности в системе «природа — общество — человек». Социоприродная и социотехническая среда — это единый мир, в котором развивается жизнь человека. И очень важно, как он воспринимает этот мир и его неизбежную трансформацию, как он встраивает себя в этот изменяющийся мир и что он должен делать для гармонизации своего «Я» и окружающей среды. Взгляд на этот мир отражает и общее мировоззрение, и когнитивный образ мышления и поведения индивидуума. При этом формирование будущего невозможно в деталях, но осуществляется по неким общим законам развития.

Ключевым для форсайта является учёт как минимум двух базовых закономерностей:

1) прошлое, настоящее и будущее по своей структуре подобны (обладают временной фрактальностью);

2) любая система составляет часть более сложной, но структурно подобной метасистемы (обладает пространственной фрактальностью: «что наверху, то и внизу» — принцип Трисмегиста).

Принцип пространственно-временной фрактальности является общим структурным свойством социоприродной среды и отражается в виде волно-

вой конструкции Эллиотта: трёх волн, определяющих движущую фазу развития, и двух корректирующих волн угасания процесса. Математической основой этих волн Эллиотта служит последовательность Фибоначчи, отражающая золотые пропорции между плечами этих волн [1].

Известно применение этого структурного подхода к обоснованию закономерностей развития мировой динамики в XX и XXI вв. [1], эконофизике [2], при прогнозировании социальной динамики [3], мировых цен на нефть [4] и в других сферах.

Близкий по смыслу подход был использован Ю.А. Плакиткиным при прогнозировании новых технологических укладов в энергетике [5]. В данной статье показано, как когнитивные структурные представления позволяют формировать энерготехнологический форсайт. Фрактальная структура развития цивилизации и соответствующий образ новой энергетики приведены на рис. 1.

Нынешняя волна неоиндустриального развития переходит в волну сциентизма (научной революции) и социогуманизма. Соответственно, развитие энергетики идёт от сегодняшней многоукладной энергетики и доминанты электрического мира к интеллектуальной энергетике и когнитивной энергетике (энергии мысли).

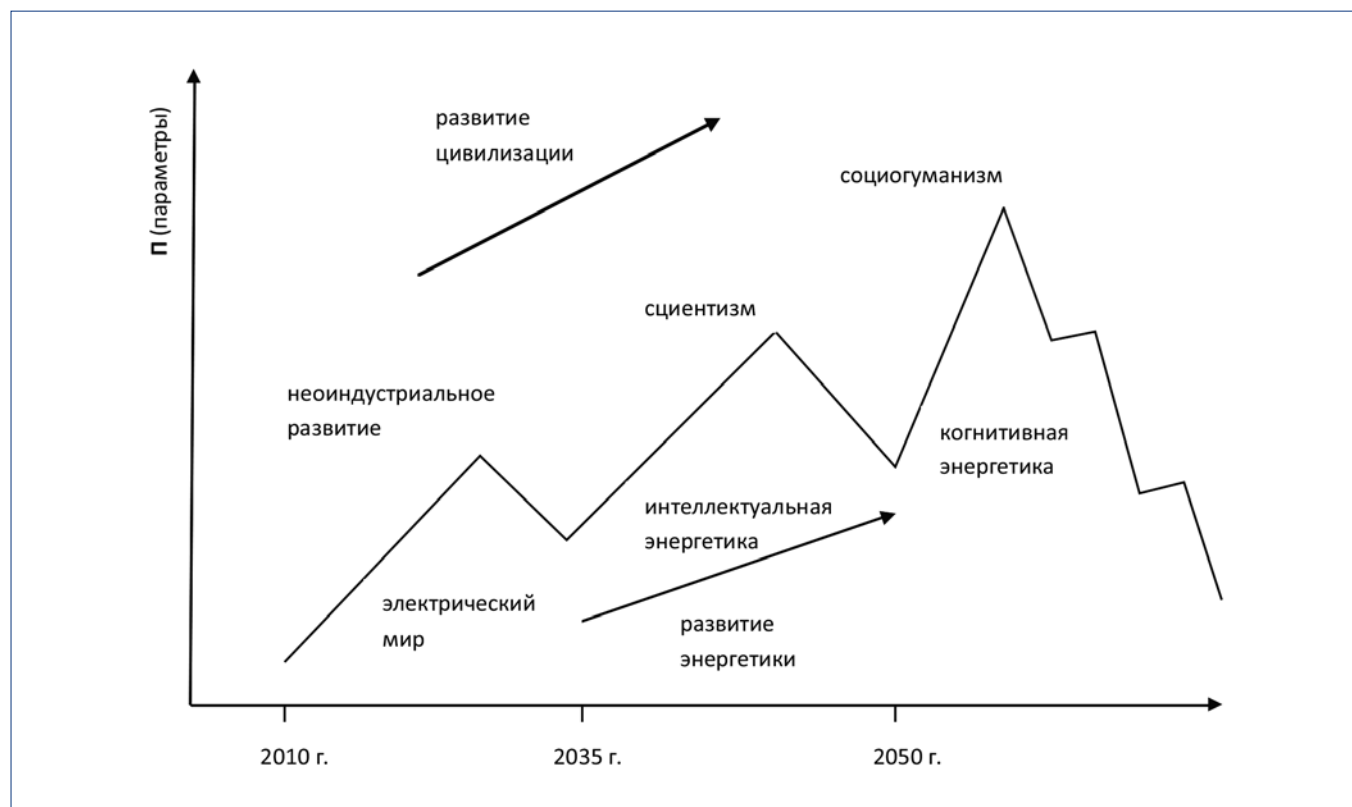


Рис. 1. Фрактальная структура развития цивилизации и новой энергетики

Искусство интеллектуального прогнозирования заключается в том, чтобы правильно разместить на общей траектории мировой динамики начало и узловые точки волновой конструкции Эллиота. Пока не выработано каких-либо общих правил аппроксимации прошлой динамики набором таких волн, а следовательно, не выработан и учёт размещения этих волн на будущей траектории.

Выбор начала этой волновой конструкции остаётся в значительной степени делом субъективным, как и собственно процесс когнитивного мышления.

Единственное, что позволяет аргументированно представлять эту конструкцию — это правило, что система завершает очередной цикл своего текущего существования, входя в «режим обострения», когда динамика изменения тех или иных параметров системы начинает меняться очень интенсивно (рис. 2). Следует ожидать, что продолжение этой тенденции привело бы систему к экспоненциальному росту (демографический взрыв начала XXI в., резкий рост экономики и спроса на энергию, особенно в Китае и странах АТР в первом десятилетии XXI в., глобальное потепление, ажиотаж с нефтяными ценами, информационный бум и т.д.).

Поэтому общий кризис 2010-х годов естественно должен вызвать переход на новую волну развития, в том числе и энерготехнологического, с новым жиз-

ненным (социальным и технологическим) циклом. Подобно тому, как каменный век закончился не потому, что закончились камни, а по причине перехода к более эффективным энергетическим ресурсам, так и нефтяная эра переходит в этом жизненном цикле в стагнирующее состояние и замещается эрой газовой, нетопливной энергетики, с ориентацией на наиболее эффективный энергоноситель — электрическую энергию.

Эта ключевая «развилка» в тенденциях перехода к будущей энергетике: топливной или нетопливной, бензиновым или электромобилям, определяет тот или иной вариант энергетического развития. Какие бы количественные прогнозы, основанные на плавных регрессионных оценках, не делали представители МЭА или ОПЕК, консультанты Гринпис или КЕРА, признать ту или иную альтернативу будущей реальности невозможно, даже несмотря на то, что любое целевое видение будет субъективным. В данном случае речь идёт не об общественном согласии в отношении будущего развития, а о некоторых закономерностях трансформации сложных систем с учётом человеческого фактора. Попробуем отметить некоторые из этих закономерностей применительно к энергетике как отражение того когнитивного видения, которое формируется в процессе интеллектуального прогнозирования.

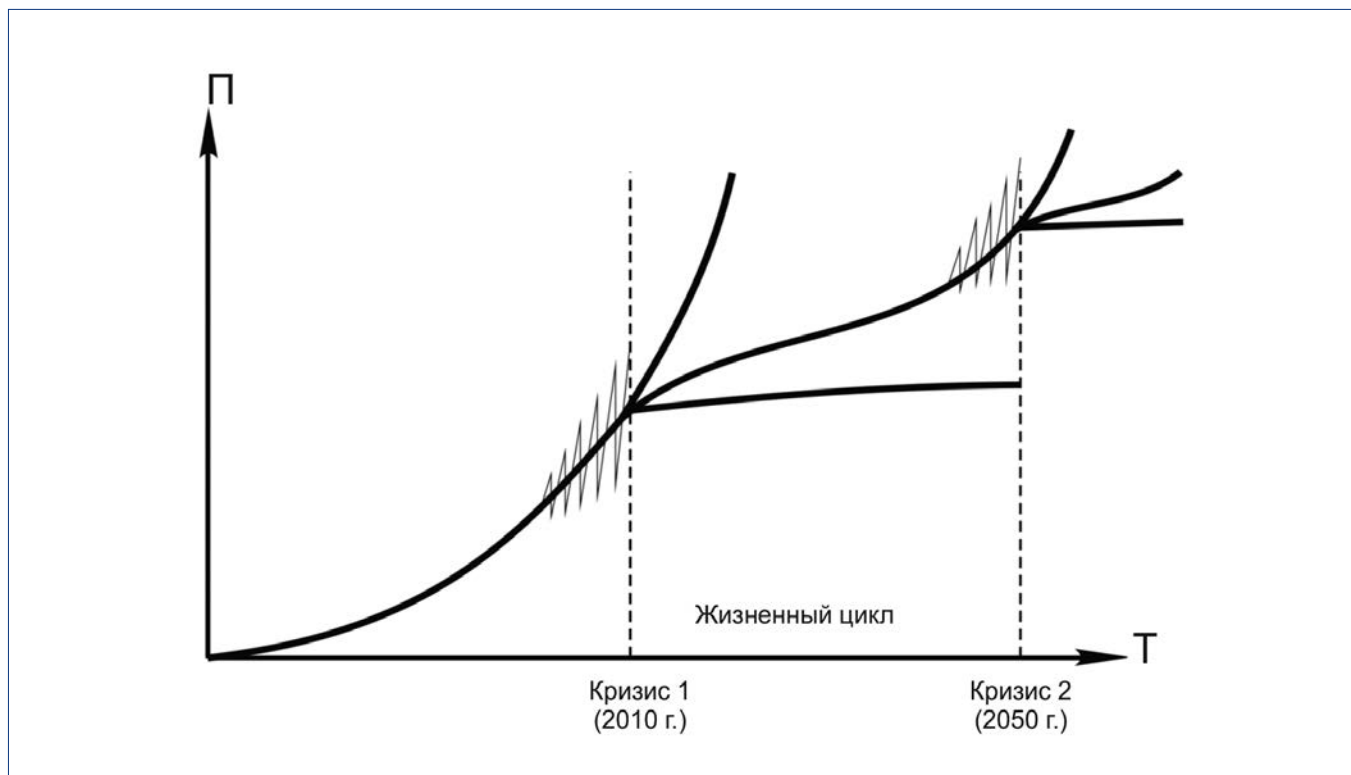


Рис. 2. От экспоненциальной к логистической кривой роста

Будущая энергетика, как минимум до конца столетия, будет многоукладной, состоящей из всех видов энергоисточников и состава потребляемых энергоносителей. Ведь в XXI в., несмотря на появление ракетно-космических транспортных средств, тепловозы и даже паровозы не списали в утиль. Несмотря на развитие Интернета печатное слово не ушло в прошлое. Появление атомной энергетики и развитие ВИЭ не отменили существование тепловой энергетики.

Поэтому, говоря о целевом энерготехнологическом видении будущего, следует иметь в виду не альтернативы углеводородной или возобновляемой энергетике, централизованной или распределённой генерации тепла и электроэнергии, традиционных и нетрадиционных ресурсов нефти и газа. Следует акцентировать внимание на долевом соотношении нынешних источников и видов энергии и тех инновационных решениях, которые получат более интенсивное развитие в будущем. Человек, если он не выдаёт желаемое за действительное, всегда понимает, что его жизнедеятельность будет одновременно проходить и в материальном мире, и в мире желаемых образов.

Чем масштабнее нынешние технологические уклады, тем они более консервативны и инерционны. Крупные объекты, такие как ГРЭС или АЭС, ГЭС или ТЭЦ, менее подвержены радикальным технологическим изменениям, несмотря на появление новых источников, а инновации в большой энергетике всегда будут реализовываться заведомо более медленными темпами. Приливные станции, термоядерные реакторы, тригенерация, новые космические энергоисточники, даже если они будут обладать хорошими технико-экономическими показателями, всегда будут внедряться медленнее, чем инновации в малой энергетике. Во-первых, «большие инновации» более капиталоемки, обладают большими рисками и неопределённостью ожидаемого результата, чем венчурные проекты, где положительный эффект даже одного из десяти проектов уже оправдывает инновации в целом.

Во-вторых, инерционность и консерватизм являются одними из характерных черт человеческого мышления, и потому когнитивное целевое видение будущего всегда сталкивается со стремлением к сохранению status quo по сравнению с коренной реконструкцией форсайта.

Поэтому все инновации будут реализовываться вначале на малых объектах, и только потом массово тиражироваться, если при этом будут получаться качественно новые эффекты. Психологически никто не будет существенно менять структуру и тех-

нологические элементы больших установок, если от этого нельзя ожидать качественно нового потребительского эффекта и последующего масштабного внедрения инноваций.

Если исходить из того, что средний срок службы энергетических объектов большой мощности — не менее 50 лет, что в четыре раза превышает срок окупаемости большого проекта, то на предстоящий полувековой период энерготехнологического прогноза следует ожидать как минимум сохранения 3/4 нынешнего уклада, и максимум на 1/4 — качественного обновления энергетической структуры. Для объектов малой энергетике следует ожидать более быстрой смены технологического уклада и качественного обновления структуры производства и потребления энергии. То же самое относится к обновлению структуры новых углеводородных ресурсов. Даже с учётом естественного истощения действующих месторождений проблемы ресурсного дефицита не существует.

Повышение КИН (коэффициента извлечения нефти) с нынешних 30 до проектных 45–50% позволяет в 1,5–2 раза продлить срок их эксплуатации, а с учётом доразведки новых традиционных запасов углеводородного сырья не следует ожидать быстрее чем за 50 лет масштабного перехода к использованию качественно иных видов ресурсов (газогидратов, матричной нефти и т.п.). Сланцевая революция в США накапливала силы не менее 15 лет, и только сочетание новых геополитических установок (стремление к энергетической независимости) и технологических возможностей (горизонтальное бурение скважин) позволило быстро достичь определённых результатов. Хотя перенос этой революции в другие регионы (Польшу, Украину, Китай) практически не дал никаких результатов. Необходимо считаться с тем, что новые ресурсы и новые технологии их освоения имеют менее глобальное значение для мировой энергетике в целом. С учётом этого глобальный энергетический рынок (и ресурсный, и технологический) распадается на ряд региональных рынков.

При формировании банка данных новых технологий [6] для этого рынка необходимо считаться с тем, что определяющими для выбора и обоснования новой технологической системы станут не только целевой продукт, извлекаемый из природной среды, а и учёт структуры и энергетических возможностей той среды, которую мы осваиваем. Так, наличие керогена в структуре баженновской свиты (российский аналог нефтегазоносной среды) обусловило то, что одной из наиболее эффективных технологических систем для освоения

трудноизвлекаемых ресурсов стало применение газотермических методов. За счёт создания высокотемпературных условий происходит разжижение нефтегазовых флюидов и их более быстрое улавливание в процессе добычи. Другим примером увязки технологий с особенностями нефтегазосодержащей породы является освоение так называемой матричной нефти. По сути, мы имеем дело с породой, уже содержащей не исходный нефтяной продукт, а некую полимеризованную структуру, подобную неким разновидностям продуктов, получаемых из сырой нефти в процессе её полимеризации при нефтепереработке. Осознанное использование нового ресурса в его уже переработанном самой природой виде позволяет по-иному подходить к связке «порода — технология — продукт» и формировать новую схему освоения комплексного природного ресурса. Подобные примеры имеют место при добыче шахтного метана, угля, содержащего редкоземельные материалы и другие ценные компоненты, гелийсодержащего газа и др.

Более того, содержащиеся в угольной золе после сжигания твёрдого топлива алюмосиликаты обладают высокими теплоизолирующими свойствами, что позволяет не только эффективно утилизировать все отходы, но и формировать технологический процесс сжигания угля по критерию максимального выхода нового продукта — алюмосиликатов. Подобного рода технологические задачи и возможности позволяют перейти от традиционной схемы подбора технологий под целевой продукт к выбору комплексной ресурсно-инновационной системы, решающей не одну, а множество задач. Такой путь целевого формирования технологической системы по своей сути близок к методам генной инженерии, когда синтез технологических систем из отдельных модулей с предварительным анализом исходного ресурса производится за счёт интеллектуального формирования системы с заданными свойствами.

В-третьих, эффект массового внедрения инноваций во многом носит психологический характер. Человек и общество воспримут лишь те инновации, которые сулят качественные изменения в образе жизни социума.

Электричество в начале XX в. стало основой промышленного и бытового переворота прежде всего в сознании людей. «Коммунизм есть советская власть плюс электрификация всей страны» — этот лозунг плана ГОЭЛРО отражает прежде всего социальный заказ общества на новую энергетику, создающую качественно новые условия жизнедеятельности. Лампочка Ильича несла не просто свет в дома вместо лучины. Электрификация создала но-

вый стиль жизни — переход к обобществлению труда, фабричному производству вместо кустарного ремесленничества.

Интернет в конце XX столетия дал человеку новые формы общения со всем миром, и силовая энергетика стала энергоинформационной инфраструктурой жизнедеятельности.

В дальнейшем целесообразно говорить о тех инновациях, которые сулят человеку качественные преобразования его жизни. Это, прежде всего, переход к интеллектуальным системам, усиление когнитивных способностей роботов, внедрение методов генной инженерии не только в биологии, но и в конструировании человеко-машинных (эргатических) систем. При этом нельзя выдавать желаемое за действительное — необходимо познание того, что мы хотим использовать, какие ожидаемые результаты надеемся получить, и как осуществить эту трансформацию имеющегося потенциала в конечный результат.

Соединяя знания о структуре и потенциальных возможностях исходного ресурса и ожидаемые результаты использования конечного продукта, мы рассматриваем энерготехнологический форсайт как многоцелевую и многокритериальную задачу создания *техноценоза* [7] и *социоценоза*, под которыми следует понимать совокупность технических объектов человека и общества, а главное — связывающих их отношений, составляющих в целом замкнутую целенаправленную систему.

Особое значение при проектировании социо- и техноценоза играют информационные связи, формирующие структуру этого объединения и обеспечивающие ему признаки «живой» самообучающейся и саморазвивающейся системы. По сути дела, мы имеем дело с интеллектуальной системой, где информационная и технологическая части составляют единое целое и функционируют в соответствии с принципами когнитивного мышления.

Наиболее ярким и выразительным примером такого энергоинформационного техноценоза, а точнее человеко-машинного гомотехноценоза, является новый электрический мир потребителя.

Новый электрический мир является наглядной иллюстрацией того, как традиционное представление о форсированном развитии электрификации производственных процессов, транспорта и бытовой сферы перерастает из чисто количественного развития сферы электропотребления в новый образ поведения человека. Электроэнергия обладает тремя уникальными «у»-свойствами: универсальностью, удобством и управляемостью. Универсальность означает, что она может заменить собой практиче-

ски все другие энергоносители: тепло, моторное топливо, механические двигатели и даже химические процессы. Удобство электрических услуг позволяет обеспечить лучшее качество пищевого приготовления, освещения, электроотопления и климат-контроля (регулирование тепла и холода, влажности и озонирования воздуха). А управляемость электрических процессов позволяет создать «умный» дом с интеллектуальным управлением всей системы жизнеобеспечения и жизнедеятельности.

Разумеется, за удобство надо платить, но замена распределённых тепловых сетей с большими потерями на электрические коммуникации, оперативное регулирование температуры в месте обитания человека, а не по всей кубатуре здания, замена бытовых газовых плит на электрические улучшает экологическую обстановку в жилищах, снижает аварийность системы энергоснабжения. А замена общественного автотранспорта на электрифицированные виды с аккумуляторными батареями качественно меняет социальную и экологическую обстановку в мегаполисах.

Отличительной чертой нового электрического мира является переориентация всех распределительных сетей и так называемой «розеточной психологии» энергоснабжения на подключение потребителей к бытовым и системным накопителям энергии. Тем самым исчезает одна из особых наиболее разительных черт электроснабжения: одновременность производства и потребления энергии при прежней, казалось бы, невозможности «складирования» электрической энергии. Использование накопителей позволяет по-новому решить проблему пиковых нагрузок и необходимость разгрузки станций в ночные часы. Аккумуляторы позволяют «собирать» вместе энергию от распределённых источников, в том числе ВИЭ, и от централизованной генерации, повышая общую эффективность работы локальных и общих систем энергоснабжения, возможности самообеспечения и ответственность потребителя за собственное энергоснабжение.

Освоение системных накопителей большой мощности позволяет по-новому формировать структуру и режимы Единой энергетической системы ЕЭС-2.0, в которой силовые энергетические потоки вместе с сигналами управления создают новую энергоинформационную инфраструктуру в интересах интеграции регионов России и Евразийского союза в единое энергетическое пространство.

Перевод структуры ЕЭС-2.0 из множества физических энергокоммуникаций в энергоинформационное объединение позволяет повысить роль

управляющих агентов и перейти к мультиагентному управлению с использованием верхнего уровня для мониторинга принимаемых решений, оценки рисков и арбитража локальных решений.

По сути дела, новая ЕЭС-2.0 — это новая человеко-машинная (эргатическая) система, представляющая энергетику в роли когнитивной системы [8], формируемой и управляемой в соответствии с принципами человеческого мышления и поведения.

Новая энергетика — это симбиоз больших социотехнических систем и индивидуальных электрических «умных» установок для более полного учёта всех жизненных устремлений как отдельного человека, так и всего общества. И это интегрированное целевое видение определяется когнитивным мышлением, соединяющим индивидуальные представления человека и его общее понимание энергетики как системы гармонизации жизни в триаде «природа — общество — человек».

Форсайт такой энерготехнологической и энергоинформационной системы — это новый взгляд на будущее нашей энергетической цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кризис 2010-х годов и новая энергетическая цивилизация* / под ред. В.В. Бушуева, М.Н. Муханова. М.: Энергия, 2013, 272 с.
2. Панченков А.В. *Экофизика*. Н. Новгород, 2007, с. 314–404.
3. Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н., Сокотущенко Н.В. *Влияние солнечной активности на социально-политические события XX и XXI вв.* М.: Энергия, 2013, 76 с.
4. Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Я.М. *Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз*. М.: Энергия, 2013, 344 с.
5. Плакиткин Ю.А. *Цикличность инновационно-технологических процессов в глобальной энергетике — использование фракталов технологического времени для прогнозирования развития отраслей ТЭК мира и России* // *Энергетическая политика*, № 6, 2014, с. 10–21.
6. Банк энергетических технологий. URL: <http://www.energystrategy.ru>.
7. Гнатюк В.И. *Закон оптимального построения техноценозов — комп. версия*. Изд. ТГУ — Центр стратегических исследований, 2005–2008.
8. *Когнитивный подход: философия, когнитивная наука, когнитивные дисциплины* / отв. ред. В.А. Лекторский. М.: КАНОН, 2008, 464 с.

Развитие электроэнергетики: стратегический и постстратегический форсайт¹

Реформирование российской электроэнергетики было проведено в режиме «движения вспять»: от системного энергообъединения (ЕЭЭС), минуя региональные энергосистемы, к выделению отдельных станций, сетевых объектов и потребительских организаций, брошенных в «омут» рынка. Преобладание товарно-денежных отношений без должного учёта физических связей между ними привело к тому, что рынок стал виртуальной моделью системы, неадекватно отражающей реалии взаимодействия потребителей и поставщиков энергетических услуг, а также стоящих за ними генерирующих, сетевых, сбытовых, сервисных структур. Произошло смещение понятий: цель и средство. Рынок как инструмент саморегулирования режимных и инвестиционных флуктуаций, неизбежных в условиях неопределённости развития экономики, стал самоцелью. Так же, как и стремление топ-менеджеров энергетических компаний приватизировать энергетические активы, находившиеся в их управлении. Приватизация, заявленная как средство повышения инвестиционной привлекательности энергетики, действительно нуждавшейся в модернизации и обновлении, стала лишь средством личного обогащения верхнего уровня топ-менеджеров и связанных с ними банкиров и чиновников.

А разделение РАО «ЕЭС России», проведённое как апофеоз приватизации, окончательно привело к развалу централизованной энергосистемы, доставшейся нам по наследству от советских времён, на ряд территориальных генерирующих компаний. Ситуацию не спасло и то, что «федеральная энергетическая система» в соответствии с Конституцией РФ 1993 г. осталась в государственной собственности. По сути, и ФСК ЕЭС, и ПАО «Россети», хотя и значатся госпредприятиями, стали такими же коммерческими структурами, как и остальные энергетические компании. Стремление к максимизации текущей прибыли энергоснабжающих и электросетевых компаний привело к снижению внимания к поддержанию работоспособности и обновлению основных фондов, режимной оптимизации, надёж-

ности и управляемости. При этом искусственное отделение Системного оператора от электросетевых структур привело лишь к тому, что «у семи нянек дитя без глазу». В результате выросло число аварий не только локального, но и системного характера: в Москве (2005 г.), на Урале (2010 г.), в Сибири и на Дальнем Востоке (2012–2017 гг.).

Региональный монополизм генерирующих компаний привёл к небывалому росту тарифов, не считая платы по договорам о присоединении мощности (ДПМ), что неоправданно увеличивало их капитализацию за счёт потребителей. В ответ стихийно стало набирать силу стремление последних к созданию собственных генерирующих мощностей. Однако это не избавило их от необходимости иметь резервные мощности и по-прежнему зависеть от внешних связей. Потеря крупными компаниями потребителей, уходящих на децентрализованное энергоснабжение, и дополнительные затраты последних на обеспечение своей надёжности привели к дополнительному росту цен и хаосу на энергетическом рынке. Попытки крупных энергоснабжающих компаний «привязать» к себе построенные на собственные средства станции и сети самих потребителей под предлогом их резервирования, по сути, направлены на сохранение собственного монополизма. На самом деле развитие децентрализованных систем энергоснабжения — это объективный процесс разукрупнения энергетики, вызванный структурными изменениями экономики — переходу от крупных энергоёмких промышленных гигантов к мелкомоторному промышленному производству малотоннажной продукции перерабатывающих отраслей, системам по энергетическим услугам в ЖКХ, где малая концентрация нагрузки не требует их подключения к крупным удалённым энергетическим комплексам. Но децентрализация — это не альтернатива крупной генерации, а естественное её дополнение, и соотношение между ними определяется концентрацией нагрузки. И этот вопрос нельзя отдавать стихии рынка — он должен стать одним из главных при формировании долгосрочной программы электрификации России. Но обновлённый план ГОЭЛРО на XXI в. — это не возврат к временам ускоренной

¹ Статья опубликована в журнале «Энергетическая политика», № 6, 2017, с. 3–14

индустриализации страны, а скорее всего, повторение на новой идеологической и технологической основе народнохозяйственного плана возрождения России на основе её сплошной электрификации как базы экономического и социального развития регионов. При этом изменятся и функции федеральной энергетической системы — она станет не базовой конструкцией новой ЕЭС, а интегратором всех региональных систем. А главная функция её межсистемных связей — не передача электроэнергии из одного конца страны в другой, а решение задач взаимопомощи региональным системам в нормальных и аварийных режимах, в том числе за счёт оптимизации размещения резервных мощностей и их эффективного использования, обеспечение живучести всего энергетического хозяйства страны.

Попытки сформировать целевое видение развития всего электроэнергетического комплекса страны были предприняты при формировании общей Энергетической стратегии России на период до 2035 года и на более отдалённый период — до 2050 года [1, 2]. К сожалению, эти проекты так и не были приняты Правительством РФ под предлогом отсутствия общей экономической стратегии развития страны, которая должна сформулировать требования к ТЭК и электроэнергетическому сектору России. Однако, на наш взгляд, эта аргументация несостоятельна, ибо экономика и энергетика настолько тесно связаны между собой и оказывают друг на друга взаимное влияние, что говорить о причинно-следственных связях (что — первично, а что — вторично) некорректно. Электроэнергетика, как и вся энергетика, является основой жизнеобеспечения и всей жизнедеятельности общества. Она стимулирует экономику через электрификацию всего народного хозяйства и развитие территориально-промышленных комплексов. И стратегические решения в области энергетики всегда принимались отнюдь не по экономическим соображениям, а на основе геополитического видения развития страны и её регионов. Так, решение о формировании ЗСНГК, ГЭС Ангаро-Енисейского каскада, КАТЭКа, как и более ранние решения о развитии Кузбасса, строительстве Транссиба и БАМа были связаны с необходимостью перспективного развития Сибири и восточных районов страны. Так же как и план ГОЭЛРО не был производным от плана экономического развития регионов, а составлял единый народно-хозяйственный план возрождения России на основе её глубокой электрификации. Поэтому и сегодня нужна не отраслевая программа развития электроэнергетики,

а целевое видение неоиндустриального социально-экономического развития страны, где электрификация играет роль стимула этого развития.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ВИДЕНИЕ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ РОССИИ КАК ОСНОВЫ ЕЁ НЕОИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Будущее России как евразийской державы определяется восточным вектором её геополитики. Территория вообще является важнейшим энергетическим потенциалом любой страны, не только в силу наличия запасов природных ресурсов (углеводородов и воды, леса и минерально-сырьевой базы), но и в силу богатых потенциальных возможностей для перспективного освоения новых районов, социального и промышленного развития. В то же время территория без людей и соответствующей транспортной и энергетической инфраструктуры — это пустое пространство. Пока что территория восточнее Урала — это лишь анклав социально- и промышленного освоения страны, расположенные вдоль Транссиба и в местах, где сооружены энергетические комплексы. А две трети восточных и северо-восточных территорий — это зона «энергетической пустыни». Разумеется, в силу географических и климатических причин, вряд ли следует ожидать в течение ближайших 50 лет полной электрификации этой территории. Её инфраструктурное развитие будет основано на базе территориально-производственных комплексов (ТПК), формирующих очаги и опорные «оазисы» неоиндустриального развития, которые будут объединены различными транспортными, межсистемными и информационными коммуникациями в виде ячеистой сети. Неоиндустриализация страны — это не возврат к преимущественному развитию производства средств производства, но и не доминанта производства средств потребления. Это — производственная основа материальной социально-ориентированной индустрии ресурсно-инновационной экономики, основанной на сочетании перерабатывающих отраслей с возможностями новой энергоинформационной системы.

Для того чтобы энергетика и потребители в этих ТПК работали на общую цель — комплексное развитие территорий, необходимо, чтобы они развивались по единому плану. В условиях, когда и объекты крупной энергетики (генерация и межсистемные связи), и крупные энергопотребители, расположенные на территории опережающего развития (ГОК, лесо- и нефтеперерабатывающие комбинаты, портовые сооружения), развиваются в значительной степени за счёт субсидий государства, владеющего

контрольным пакетом акций всех крупных предприятий, обеспечить согласованные планы их развития возможно и не прибегая к созданию новых госпланов, а формируя в рамках Минэкономразвития согласованные по времени и масштабам объёмы необходимого производства и соответствующего энергетического обеспечения. При этом и объём государственных субсидий должен определяться исходя из согласованных планов их общего развития. Возможен и перекрёстный обмен акциями всех предприятий ТПК, с тем чтобы их доходы и инвестиционные программы исходили из конечного результата совместной деятельности и находились под совместным управлением.

Объединение в единую корпорацию ПАО «РусГидро» и ОЭС Востока создаёт возможности и для комплексного использования богатого водного потенциала региона [3]. В настоящее время использование гидроэнергетического потенциала Дальнего Востока составляет менее 5%, не считая того, что кроме энергетического использования, водные ресурсы региона имеют широкую гамму возможного использования как внутри страны, так и на общем азиатском рынке. Спрос на воду как питьевую, так и для технического использования, ирригации и судоходства, формирования микроклимата и сельского хозяйства — это одно из главных стратегических направлений экономики, экологии и энергетики XXI века. Одним из конкретных направлений эффективного использования ресурсного потенциала морей на Дальнем Востоке может стать и постстратегическая задача (выходящая за пределы 2035 г.) создания в Охотском море комплекса приливных ГЭС, в частности — Тугурской ПЭС мощностью 8 ГВт. В связи с отсутствием в этом районе крупных потребителей дешёвая электроэнергия ПЭС может быть использована для получения водорода путём электролиза морской воды и его экспорта в страны АТР.

Другим крупным ТПК на Дальнем Востоке могут стать районы горнорудной промышленности, ориентированные на добычу и переработку руд для цветной металлургии, включая золоторудные месторождения Якутии и Магадана, месторождения редкоземельных материалов в Забайкалье. Эти достаточно энергоёмкие потребители, наряду с развитием здесь предприятий лесопереработки, нефтегазохимии, определяют более высокие темпы спроса на электроэнергию в восточных районах страны, что ставит задачу ускоренного развития новых энерго мощностей на востоке страны на базе угольных и газовых ТЭС, а возможно, и АЭС.

ТПК (как и ТОР — территории опережающего развития) формируют узлы будущего инфраструктурного развития Дальнего Востока и Евразии. Соединяя эти узлы с помощью транспортных и энергетических коммуникаций для передачи потоков энергоресурсов, электроэнергии и материальных потоков «скрытой» энергии в виде цветных металлов, водорода, продуктов нефтегазохимии, мы формируем перспективную единую транспортно-энергетическую инфраструктуру всего восточно-евразийского региона России. Причём эта инфраструктура не должна быть моноотраслевой (электрической или трубопроводной, железнодорожной или водно-транспортной). Она должна формироваться как полипродуктовая система, где для каждого вида товарного потока за счёт выбора оптимального энергетического состава транспортируемого продукта выбирается и соответствующий вид коммуникаций. Использование в будущем накопителей различных ресурсов, в том числе и электрической энергии, позволит формировать единую логистику и единое товарное наполнение различных коммуникаций. В будущем возможны и комбинированные газо-электропроводы, и водородо-электрические связи, и транспорт накопителей с «замороженной» химической и электромагнитной энергией.

Принципиальное значение транспортно-энергетической инфраструктуры и её составляющей — межсистемных электропередач — заключается не в том, что с их помощью будут осуществляться потоки энергии из генерирующих узлов в удалённые центры энергопотребления (это составляло суть энергообъединения в виде ЕЭЭС СССР), а в том, что эти связи будут стимулировать появление новых ТПК вдоль самих линий, ибо наличие свободных мощностей является необходимым (но не достаточным) условием для появления новых потребителей. Разумеется, в условиях рынка и хозяйственной независимости электросетевых структур и крупных потребителей остро стоит вопрос, а кто должен работать «на опережение»: поставщики, обеспечивая необходимые мощности для будущего подключения потребителей, или потребители, инвестируя свои средства для будущего спроса на энергию. И здесь также без обмена акциями поставщиков и потребителей, либо без стимулирующего государственного планирования и частичного заделного инвестирования в ТПК и системы их внешнего энергообеспечения не обойтись. Но государству вполне по силам объединить интересы и тех и других и обеспечить согласованное развитие энергетики и потребителей с акцентом на возврат средств от конечного результата деятельности ТПК.

Однако не только (и не столько) крупные объекты генерации и энергоёмкие потребители будут определять облик новой электрификации России и её регионов. Не только по мере прорастания межсистемных связей вглубь пустынных территорий, но и встречно — по мере появления на этих территориях пусть мелких, но всё же растущих «оазисов» — леспромхозов и золотодобывающих приисков, сельскохозяйственных ферм и военных баз, станций метеонаблюдений и малых портовых сооружений, транспортных перевалочных пунктов и геологических партий, — они будут нуждаться в собственном автономном энергообеспечении. И поскольку эти «оазисы» находятся друг от друга на весьма больших расстояниях, говорить об их присоединении к общей сети не приходится. На сегодняшний день по сути единственным источником энергии для них являются дизельные станции. Но завоз топлива для них — не только дорогое, но и весьма ненадёжное дело. В то же время практически повсеместно есть местное топливо — дрова и древесные отходы, малые месторождения угля и биогаза, реки, не говоря уже о солнце, ветре, геотермальных водах и многих других видах ВИЭ.

Существует огромный спектр не только новых разработок, но уже и действующих пилотных энергоустановок, использующих местные, не только топливные, но и ресурсы гидросферы (наплавные ГЭС, осмотические установки, использование в энергетических целях биоресурсов морей и океанов и др.) [3], атмосферы и литосферы. Нежелание оглянуться вокруг, посмотреть себе под ноги и обратить свой взор ввысь порождает энергетическое иждивенчество на местах. Так, только в Архангельской области накоплены многометровые слои опилок — отходов лесопереработки. У нас в стране в годы Великой Отечественной войны, да и сегодня в Финляндии, эти отходы являются широко используемым энергетическим ресурсом. А наши местные власти не только не используют их для нужд энергетики, но и настоятельно требуют, чтобы на их территории пришли внешние газопроводы. А газ — это достаточно дорогой ресурс, который местным энергопотребителям зачастую не по карману.

Спор о том, займут ли ВИЭ количественно значимый вес в общем энергетическом балансе страны по сравнению с традиционными топливными станциями также беспредметен, как попытки сравнивать по суммарной мощности пальчиковые батарейки и агрегаты АЭС. Нужны и те и другие — у них разные задачи, разный потребитель, разная сфера действий. В то же время, исходя из необходимости обеспечить надёжное энергоснабжение всех потре-

бителей с большой или малой плотностью нагрузки, можно предложить эмпирическую формулу для соотношения централизованных и децентрализованных систем энергоснабжения, основанную на принципе «золотого сечения». Для районов с низкой плотностью нагрузки потребителей (менее 10 кВт на км²) преимущество следует отдавать распределённой генерации и децентрализованным системам энергоснабжения в пропорции 0,62:0,38 по отношению к централизованным поставкам энергии, тогда как для территорий с плотностью нагрузки свыше 40 кВт на км² это соотношение должно быть обратным 0,62:0,38 в пользу централизованного энергоснабжения. Эти соотношения могут быть использованы при выборе СиПР электроэнергетики отдельных регионов.

Разумеется, между децентрализованными и автономными системами — большая разница. Автономные системы никак не связаны с внешними источниками, и для надёжности режимы их работы полностью подчинены графику потребительского спроса и требуется регулирование собственной генерации. Либо придётся устанавливать системы накопителей, позволяющих запасать энергию в часы провала графика нагрузки и выдавать её в часы пиковой нагрузки. По мере развития локальных систем они могут интегрироваться с помощью распределённых сетей в децентрализованные местные системы, а уже затем объединяться в региональные энергетические структуры. Такая схема интеграции снизу была развита на заре электрификации страны, позволяя доминировать в энергетике потребителю фактору. Даже заводские блок-станции составляли внутренние подразделения предприятия и полностью подчинялись режиму работы нагрузки. Впоследствии (в середине 1930-х годов, когда был взят курс на крупномасштабную индустриализацию и создание крупных электрических станций), эти блок-станции в основном были изъяты из заводских структур и переданы региональным системам. С точки зрения общего народно-хозяйственного эффекта такая централизация была оправдана, тем более что согласование интересов энергетических структур и потребителей осуществлялось централизованно Госпланом и его местными отделениями. Сегодня, в условиях хозяйственной самостоятельности и тех и других, неизбежен частичный возврат к прежней децентрализации энергетики. Но для этого есть и новые условия, связанные с общей децентрализацией экономики и её структурным реформированием в пользу интересов малого бизнеса и неоиндустриализации — развития «цифровой экономики» и энергоинформационных структур.

Современные тенденции общемирового развития ясно высветили новый тренд — стремление к индивидуализации производства и быта. Персональные компьютеры, личный автотранспорт взамен общественного, индивидуальные дома, отход от заводских конвейеров в пользу сборочных производств — это и многое другое составляет новый облик современного мира. При этом взамен иерархически выстроенных структур производственных компаний и общественных организаций всё большее место начинают занимать сетевые объекты, в том числе Интернет, социальные сети, бригадный подряд, товарищества и т.п. Это стремление к проявлению личных интересов и самовыражению, ответственности за себя и близких без излишних надежд на государственный патернализм — веление времени. И оно не может пройти мимо организации энергосамообеспечения личности и коллектива, предприятия и местного поселения. При этом локальные энергетические системы интегрируются в более крупные объединения не только с помощью физических связей, но и на основе сетевых энергоинформационных структур типа «Energynet».

Так называемые «интеллектуальные» сети и системы появились на Западе в связи с попытками увязать разрозненные автономные источники типа ВИЭ в некоторые совместно управляемые децентрализованные системы с помощью информационных сетей. Подобная ячеистая энергоинформационная система очень похожа и на распределённые структуры блокчейна в финансовом мире. Её отличительная особенность — это структурированная база данных о нагрузках и имеющихся мощностях и правила построения связей между ними (генерирующими поставщиками и потребителями) без нарушения их самостоятельности через некоторые управляющие структуры. Более того, можно провести аналогии между обменом этими физическими данными не только в виде реальных физических поставок и их финансовыми (стоимостными) оценками, но и с использованием криптовалюты — биткойнов, которые являются энергоинформационными эквивалентами совершаемых сделок между всеми участниками общей сетевой системы. Разумеется, эти аналогии пока ещё далеки от своего непосредственного воплощения, но уже известны случаи, когда расчёты за поставленную продукцию (энергетические услуги) осуществлялись в биткойнах — так называемых энергоинформационных «рублях». Известны и случаи, когда потребители одного из районов Нью-Йорка сформировали систему коллективной оплаты своего энергообеспечения по схеме блокчейна.

Главное — даже не конкретные схемы расчёта, а то, что новая индустриализация (неоиндустриализация) мира — это энергоинформационное взаимодействие всех его субъектов: «активных» потребителей и клиентоориентированных энергопоставщиков. Поэтому и организационные схемы их взаимодействия, и технические схемы их взаимосвязи должны учитывать органическое единство физических, информационных и ментальных (когнитивных) связей в этом «новом электрическом мире».

«НОВЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МИР» — ЕГО ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Поскольку электроэнергия является универсальным видом энергии и наиболее удобным для потребителя и управления процессами энергообеспечения, то «новый электрический мир» станет структурой, охватывающей все стороны нашей жизни: производство и быт, транспорт и социальную сферу, культуру и эргатические (человеко-машинные) системы. А вместе с потоками информации, пронизывающими всю жизнедеятельность человека и общества, новый мир — это энергоинформационная система, включающая обмен не только физическими потоками, но и их финансовыми и информационными эквивалентами. Среди основных составляющих «нового электрического (энергоинформационного) мира» — производственная сфера жизнедеятельности человека и общества, бытовой сектор («умный» дом и «умный» город), социальная область, включая освещение городов и населённых пунктов, оснащение больниц, школ, объектов культурного назначения широкой гаммой новых приборов и устройств, самоуправляемый электротранспорт, сращивание природных и культурных элементов в единое целое для более полного восприятия окружающей среды и гармоничного встраивания человека в эту среду.

Электровооружённость труда в промышленности России за последние 10 лет выросла в среднем по отраслям в 1,5 раза, а производительность — в 2 раза [4]. Это связано с тем, что силовые процессы электрификации не только заменяют физический труд человека, но и делают его более организованным и более насыщенным информационным и содержательным смыслом. Электрификацию нельзя воспринимать только как количественный рост спроса на электроэнергию. Очень важны и качественные изменения этого спроса, обусловленные тем, что на стороне потребителя всё шире используются не просто силовые процессы для электропривода металлообрабатывающих станков, а установки СВЧ, ультразвуковые,

импульсные и лазерные установки, штамповочные и взрывные прессы, требующие не трёхфазных двигателей, а преобразователей электрической энергии иного вида и иных параметров. Эти установки и преобразователи расширят спектр энергетических услуг потребителю.

Само понятие «энергетические услуги» со временем будет не только расширяться, но и видоизменяться. «Активные» потребители будут не только подпитываться внешней энергией, но и сами генерировать энергию за счёт использования вторичных производственных ресурсов, в том числе и за счёт утилизации промышленных и бытовых отходов. И эта энергия может либо накапливаться у потребителя в специальных аккумуляторах, либо передаваться во внешнюю сеть. По сути дела, потребитель и производитель энергии будут составлять единое целое. Наличие же промежуточных накопителей и преобразователей может потребовать не только согласования вида и параметров используемой энергии, но и такой её генерации, которая бы отвечала требованиям потребительского сектора. Трёхфазный ток с частотой 50 Гц, как несомненное достижение прошлого, обеспечивая наиболее благоприятные условия для генерации и передачи энергии от удалённых энергоисточников, может быть со временем заменён непосредственно постоянным током. В частности, поскольку многие промышленные потребители работают на постоянном токе, то и источники питания могут быть не в виде синхронных генераторов, а представлять собой обратимые машины постоянного тока. При этом все они будут оснащаться различными информационными системами диагностики, контроля и управления, что сделает общий потребительский и производящий энергокомплекс «интеллектуальной» энергоинформационной системой.

Несомненно, уже в ближайшие годы (а не десятилетия) следует ожидать энергетической революции на транспорте за счёт его повсеместного перевода на электрическую тягу. Скорее всего, это начнётся на городском общественном транспорте, для которого проблема увеличения длины пробега и создания зарядной сети не стоит так остро, как для легковых автомашин. Главное — это создание энергоёмких аккумуляторов с приемлемыми массогабаритными характеристиками. Успехи в использовании промышленных наноматериалов позволяют надеяться на быстрый технологический прогресс в этой сфере. Электромобили — это не только средство для снижения вредных выбросов в городах, но и реализация возможностей создания беспилотного безрельсового транспорта

в городах и на междугородних маршрутах. Именно электричество, как наиболее эффективный вид управляемой энергии, позволит успешно решить эту задачу.

Очень важную социальную роль будет играть электрификация жилищно-коммунального сектора, городского хозяйства, медицинского обслуживания, образования и культуры — всего, что связано непосредственно с человеком. Резко выросло число электробытовых приборов в наших домах. Если 20–25 лет назад их число не превышало двух-трёх десятков, то сегодня это уже сотни «помощников» на кухне и на дачном участке, они создают уют и комфорт в помещениях, решают многие бытовые проблемы, в том числе расширяют наши культурные возможности и формируют новые потребности.

Использование электроэнергии позволит перейти к комплексному управляемому жизнеобеспечению человека. На смену отдельным системам внешнего энергоснабжения (газо-, тепло- и водоснабжения) может прийти внешняя единая система электроснабжения, более удобная для саморегулирования и более надёжная. Участвовавшие аварии в домовых газовых сетях уже поставили вопрос об отказе от них в новых домах. Система централизованного теплоснабжения успешно заменяется в общественных зданиях на систему совместного обеспечения помещений климатическими установками. Это тем более важно не только для снижения тепловых потерь, но и для создания необходимых условий непосредственно в месте нахождения человека, а не обеспечения нагрева всего объёма помещений. Замкнутая система водоснабжения и канализации в наших домах с помощью различных электроустановок позволит резко снизить будущий дефицит такого важного социального ресурса как вода и по-иному подойти к решению утилизации бытовых отходов. Возможное удорожание использования электричества в быту с лихвой окупится теми дополнительными удобствами для населения, которые сулит нам электрификация быта.

Новая, гораздо более эффективная система электроосвещения домов и улиц наших городов уже приносит свои результаты: жить стало светлее и красивее, уютнее и удобнее, безопаснее и радостнее. Одна иллюминация городских зданий, скверов и улиц с помощью светодиодных ламп, и не только в дни праздников, а на постоянной основе — качественно преобразила облик нашей среды обитания. А то ли ещё будет... Всё городское хозяйство и коммунально-бытовой сектор составят не только новый «умный» дом и «умный» город, но и энергоэффективную среду нашей человеческой жизнедеятельности.

Важную жизнеобеспечивающую роль призвана сыграть новая электрификация системы образования и здравоохранения. Медицина уже открыла свой социальный заказ на широкое использование различных электрофизических и электрохимических установок: лазеров и УВЧ, электротеплостимуляторов и светолечения, квантовых генераторов и установок ранней диагностики онкологических и других опасных заболеваний. Какое это имеет отношение к новой электрификации? Да самое прямое. Электрические источники — это не просто генерация тока 50 Гц, а новая гамма электрических приборов, которые не просто запитываются от розеток, а формируют новую энергоинформационную систему, которая интегрируется с творческим опытом врачей и учёных, специалистов гуманитарного профиля. Для этого необходимо использование не только новых электродиагностических приборов и установок, но и новые локальные виды их электрического питания — с помощью лазеров, электромагнитных высокочастотных установок, электрических ядерных батареек, новых кремниевых энергетических установок и многих других. Поэтому и новую электрификацию следует рассматривать как создание новой социально-гуманитарной энергетики во имя человека и интегрированную с ним.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Если принципиально новым направлением технологического и организационного развития электроэнергетики в рамках «нового электрического мира» является интеграция производителей и потребителей энергетических услуг в виде единого энергокомплекса, где отсутствует развитая сетевая компонента, то интеграция этих территориально-производственных комплексов и крупных городских агломераций потребует развития сетевых структур. Эти структуры будут представлять собой не просто набор межсистемных (и отдельных транспортных) электропередач, а составят инфраструктурную систему, главной задачей которой является обеспечение резервирования и взаимопомощи объединяемых частей, эффективность и живучесть функционирования и развития всего объединения. Резервирование означает не только распределение свободных активных и реактивных мощностей в различных генерирующих узлах объединения, но и использование возможностей самих потребителей и совокупных центров энергопотребления для совместного регулирования графиков

нагрузки, предотвращения неконтролируемой лавины частоты и напряжения и её проникновения в незащищённые части системы. Эффективность объединения предполагает более полное использование перетоков электроэнергии от генерирующих источников с различными системами топливообеспечения и видами используемых энергоресурсов (угольные и газовые ТЭС, АЭС, ГЭС, в том числе ПЭС, а в будущем, возможно, и центры ВИЭ).

Кроме того, традиционно энергообъединение будет решать и задачи использования неравномерности наступления пиковых нагрузок в зонах различных часовых поясов. Однако радикальное решение этой задачи сводится к широкому внедрению системных накопителей энергии, среди которых, в связи с общим направлением развития электрификации, преимущественно будут развиваться электромагнитные устройства, в том числе СПИНЫ, а также новые конденсаторные батареи. Помимо накопителей межсистемные связи будут активно использовать различные технические устройства управления потоками мощности: фазоповоротные устройства для перераспределения потоков по параллельным связям, вставки постоянного тока для объединения несинхронно работающих систем или принудительного разделения систем с целью предотвращения каскадного распространения аварий, регулируемые СТАТКОМы и др. [4, 5].

Особого внимания заслуживает проблема освоения гибких управляемых линий электропередачи. По-видимому, в связи с отсутствием условий в будущем для масштабного обмена перетоками мощности по межсистемным связям, будет достаточно использования ВЛ СВН 500–750 кВ, не прибегая к освоению ВЛ 1150 кВ переменного тока и 2000 кВ постоянного тока. Кстати говоря, в сложных многоподстанционных системах ППТ с точки зрения их общей управляемости, требующей сбора информации обо всём энергообъединении, и ненадёжности такой информационно-управляющей системы, вряд ли станут эффективным средством обеспечения живучести межгосударственного и межконтинентального электроэнергетического комплекса.

Энергетическое кольцо, особенно в Евразии, — это не совокупность передач мощности из одной части региона в другую, удалённую на расстояние 1500–2500 км, а система «сборных шин», к которым могут подсоединяться как различные генерирующие источники, так и центры энергопотребления. Нынешняя установка, что подобное кольцо призвано передавать электроэнергию сибирских ГЭС в АТР, как и обратно — от китайских ВИЭ в Европу, вряд ли будет реализована. Скорее всего, как мощно-

сти ГЭС, так и ВИЭ, а также ПЭС и будущих АЭС будут полноправными источниками для всего объединения, к шинам которого будут подключаться и центры энергопотребления в виде различных региональных и межгосударственных ТПК.

В будущем, по мере развития азиатского и европейского энергетических колец, может быть, возникнут возможность и целесообразность их объединения в общее евразийское кольцо — суперобъединение. Поскольку оно будет предназначено не для передачи мощности из одного конца континента в другой, а для решения задачи инфраструктурного развития по всей межконтинентальной протяжённости, подобная система передач должна формироваться не как сугубо транспортная связь, а как межсистемный радиус большого кольца. В связи с этим его реализация возможна с помощью настроенных на полуволновую длину (3000 км) линий, постепенно перерастающих в межсистемную транспортно-энергетическую инфраструктуру.

В более близкой перспективе целесообразно уделить большее внимание распределительным сетям более низкого напряжения. Помимо ВЛ с управляемыми источниками реактивной мощности (FACTS) это могут быть и одноцепные компактные линии с резервной фазой, что повышает их ремонтпригодность и надёжность передачи при наиболее вероятных однофазных коротких замыканиях [4]. Использование в линейном строительстве более лёгких, но не менее прочных полимерных изоляционных подвесок и самих опор позволяет существенно расширить арсенал возможных видов линейных и подстанционных конструкций, что повышает их удобство для монтажа и ремонта, обеспечения компактности и необходимого дизайна, требований экологии и безопасности.

Использование новых устройств для управления режимами межсистемных электропередач позволяет успешно решать и задачи межгосударственного объединения систем с сохранением собственного управления внутри каждой из частей и обеспечения их согласованного взаимодействия в общем объединении. Новые схемно-режимные решения в области ВЛ СВН и межсистемных электропередач, а также их оснащение цифровыми устройствами, позволяющими придать системам свойства «интеллектуальности», позволят формировать энергообъединение по типу управляемых энергоинформационных систем ЕЭС-2.0, где связи систем осуществляются не только посредством физических коммуникаций (гибких ВЛ, цифровых подстанций, накопителей), но и информационных потоков энергетического, экономического и нейросетевого вида. А поскольку

ку и финансовые, и инвестиционные, и информационные потоки есть разновидности слаботочных электрических сигналов, то всю совокупность связей между системами можно считать набором электрических коммуникаций. Такая энергетическая интеграция потоков между отдельными объектами системы предполагает, что и субъекты энергетического рынка также должны составлять некое интегрированное пространство.

Наиболее перспективно в этом направлении ожидать реструктуризацию этих субъектов, вписывающихся в общую энергоинформационную инфраструктуру. Если на уровне ТПК, как уже было сказано, эти субъекты формируют общий кластер предприятий с ориентацией на конечный производственный результат и их капитал составляет единую базу (объединение и взаимобмен акциями), то сетевые инфраструктурные объекты должны развиваться организационно как распределённые, но взаимопроникающие сети ячеистого типа. Для них наиболее подходящим является организационный вариант интеграции МРСК, охватывающих деятельность межрегиональных сетевых структур, и ФСК, управляющих федеральными системами, включающими в себя межсистемные электропередачи ВН и СВН, в единый холдинг типа ПАО «Россети», находящийся в руках государства. Однако функции и холдинга, и входящих в него структур подвергнутся существенной трансформации. Все сетевые структуры перестанут быть ответственными энергоснабжающими организациями. Эти функции отойдут либо энергетическим подразделениям ТПК, либо региональным структурам, охватывающим как централизованные, так и децентрализованные системы энергоснабжения. Являясь не просто физическими посредниками между потребителями и всеми видами генерирующих компаний и сетевых поставщиков энергии, но и финансовыми регуляторами этих поставок, они несут ответственность за бесперебойное и надёжное обеспечение регионального энергоснабжения всех потребителей. Именно их деятельность станет предметом регулирования тарифов со стороны региональных энергетических компаний (РЭК).

Региональные энергосистемы (РЭС) будут включать в себя как региональные энергоснабжающие организации, так и подразделения МРСК, непосредственно ориентированные на внешние поставки энергии в эти регионы, величина которых должна определяться текущими и среднесрочными балансами электроэнергии и мощности, определяемыми РЭК. МРСК (в будущем) не должны отказывать потребителям РЭС в подключении необходимых мощностей, объёмы которых будут со-

гласовываться с РЭК. Возможно, именно баланс мощностей (а не объёмов поставок электроэнергии) станет основным предметом долгосрочного регулирования в энергетике, а реализация этого баланса станет долевым участием самих РЭС и децентрализованных систем, а также внешних поставок через МРСК и ФСК, работающими с самостоятельными генерирующими компаниями. Не исключено, что сетевые структуры, не удовлетворённые условиями поставок от генерирующих компаний, на конкурентной основе будут вместе с РЭС развивать собственную генерацию — как маневренную, так и базовую для выполнения заказов со стороны развивающихся потребителей. Такая ответственность РЭС за надёжное энергообеспечение всех заявок потребителей, согласованных с РЭК, будет стимулировать их участие в работах по энергосбережению в потребительском секторе, как это установлено уже сейчас законодательно и реализуется на практике в энергосистемах США. Регулирование же переменного графика нагрузки, в том числе за счёт применения системных накопителей, приведёт к увеличению КИУМ действующих станций и снизит неоправданные вложения в создание дополнительного резерва мощностей. Именно плата за мощность, а не тариф за поставки электроэнергии, станет основным финансовым и инвестиционным предметом регулирования отношений между потребителями и поставщиками энергетических услуг в электроэнергетике.

Функции же нынешнего ПАО «Россети» должны трансформироваться от решения задач текущего хозяйственного управления деятельностью энергоснабжающих организаций к общему контролю за рисками их деятельности в сфере надёжности и обеспечения живучести всего энергообъединения ЕЭС-2.0. Прежде всего, это касается проблем формирования структуры энергообъединения, где физические межсистемные электропередачи составят единую систему с техническими средствами управления потоками по этим линиям — накопителями и регулируемыми устройствами, информационными связями, рыночными потоками и функциональными коммуникациями энергетических (человеко-машинных) систем. Использование комплекса всех этих физических и метафизических связей позволит по-новому строить надёжную систему из недостаточно надёжных отдельных элементов. За счёт этой структурной организации может быть обеспечена живучесть объединения, не прибегая к неоправданно высоким резервам мощностей, что приведёт к снижению инвестиционных затрат и повышению маневренности и гибкости работы всего объединения.

При этом сети станут не просто мостиком между хозяйственными субъектами в энергетике, а будут выполнять функции долгосрочного развития энергетики через развивающиеся РЭС. Это развитие, направленное на решение стратегической задачи — глубокой электрификации страны и её регионов, будет сопровождаться одновременным инновационным (организационным и технологическим) становлением энергетики как локомотива социально-экономического развития страны.

«ЦИФРОВИЗАЦИЯ» И «ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ» ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Решение задач развития электроэнергетики России и её интеграции в мировую энергетическую систему невозможно без научно обоснованного форсайта её технического, структурного и социогуманитарного вида. Попытки решения этих задач только за счёт одной «цифровизации» — замены существующих технических устройств их аналогами, обильно оснащёнными элементами вычислительной техники и средствами программной автоматизации, сами по себе не дадут желаемого результата. Более того, избытие программных комплексов автоматических устройств контроля и управления порождает не только новую не менее опасную проблему кибернетической безопасности, но и является причиной роста числа неуправляемых каскадных аварий в электроэнергетике.

Подробное рассмотрение этих участвовавших аварий в энергосистемах России является предметом самостоятельного анализа. Но известно, что число таких каскадных (системных) аварий в последние 10 лет по причине неправильного (ложного или проектно непредусмотренного) срабатывания (или несрабатывания) автоматики в отдельных узлах энергосистемы в разы превышает число системных аварий, вызванных повреждениями оборудования и линий электропередачи. Уже в текущей ситуации возникает необходимость решения системной задачи — обеспечить структурную надёжность и живучесть работы всего энергообъединения, несмотря на определённую ненадёжность её локальных систем автоматики. Конечно, из этого не вытекает ограничение на развитие автоматики, но возникает необходимость согласованного развития систем ПАА, особенно при их реализации в цифровом виде, с общей сетевой структурой объединения. Но поскольку задача такого структурного развития является прерогативой ПАО «Россети», то необходимо более тесное согласование его деятельности с ныне действующим Систем-

ным оператором, который, скорее всего, должен стать подразделением «Россетей», подобно тому как ЦДУ входило в состав ЕЭС СССР, а позднее в «РАО «ЕЭС России».

Первейшей задачей «цифровизации» энергетических объектов должна стать система контроля и диагностики, начиная с «работы на опережение» — анализа остаточного ресурса их работы (например, диагностики частичных разрядов в трансформаторах, состояния линейной изоляции, заземлений опор ВЛ и подстанций), включая «дооценку» состояния режима — при недостатке текущей информации или для перепроверки данных, а также постановку новой задачи — самоконтроля средств автоматики и регулирования. Другие задачи «цифровизации» объектов электроэнергетики достаточно подробно изложены в работах ИСЭМ [4] и НТЦ ФСК [5]. Необходимо отметить только одно, что «цифровизация» — это не самоцель, а средство реализации «интеллектуальных» сетей и систем. При этом «интеллектуализация» достигается не за счёт массового применения новых технических средств, а за счёт реализации новых функций, новой структуры и новых отношений человека и машины в энергетических системах. Человек, передавая часть своих текущих операторских и диспетчерских функций информационным системам, оставляет за собой функции творца — принятие решений в неформализуемых условиях, когда решения принимаются не по сугубо экономическим или нормативно-технологическим критериям, а с учётом геополитических, социально-экономических и когнитивно-психологических факторов. Раньше это называлось — интуитивными решениями в диспетчерской практике или при управлении развитием.

В новых условиях необходимо, по возможности, понять суть этих «облачных» решений в многообразии возможного выбора траекторий, оперативно оценить возможные последствия и сформировать не бумажную дорожную карту реализации принятых решений, а когнитивный алгоритм возможных действий при переходе от одного выбранного сценария к другим траекториям по мере отслеживания изменяющихся внутренних и внешних условий. Человек, как «тренер футбольной команды», должен формировать замысел будущей игры и корректировать состав и направления действий игроков, тогда как «игроки» сами принимают текущие решения и реализуют их в силу своих возможностей, опыта и личного понимания ситуации. Этот абстрактный пример наглядно иллюстрирует суть мультиагентного управления и в энергетике, когда каждый субъект принимает самостоятельное решение, ру-

ководствуясь общим замыслом «верхов», рассматривающих энергетику не как отраслевую сферу действий, а как систему жизнеобеспечения всего общества. При этом современный бизнес должен придерживаться правила трёх П (publics, priroda, profit), руководствуясь интересами общества — потребителей, экологическими требованиями и уж затем — собственной прибылью [3].

И последнее, что необходимо отметить, говоря о задачах форсайта в электроэнергетике. Стратегический и постстратегический форсайт — это не одновременно сложившийся взгляд на будущее развитие. Это — перманентный процесс непрерывного развития представлений об энергетике будущего. И реализация этого процесса требует приоритетно не только инвестиционного и структурно-технологического инновационного развития, а в первую очередь — формирования научных представлений об этом будущем на основе фундаментальных знаний о развитии цивилизации, роли энергетики в мировой динамике и новых структур в её организации, отвечающих интересам и возможностям человека и общества. Поэтому энергетический форсайт должен в качестве одного из своих практических результатов формировать план организационно-технологических решений в энергетической сфере, а следовательно, и планы НИР, и предпроектных работ на период от 10 до 25 лет и далее. При этом подобные планы должны сопровождаться и планами подготовки новых кадров, которые станут не только узкими специалистами в какой-либо сфере энергетики, а профессионалами широкого профиля, потому что сегодня кадры, в силу своего умения понимать будущее, могут приблизить это будущее, которое уже не за горами...

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года. URL: www.energystrategy.ru
2. Энергетика России: постстратегический взгляд на 50 лет вперед / Бушуев В.В., Громов А.И., Белогорьев А.М., Мастепанов А.М. М.: Энергия, 2016, 96 с.
3. Кризис 2010-х годов и новая энергетическая цивилизация / под ред. Бушуева В.В., Муханова М.Н. М.: Энергия, 2013, 272 с.
4. Инновационная электроэнергетика — 21 / под ред. Батенина В.М., Бушуева В.В., Воропая Н.И. М.: Энергия, 2017, 584 с.
5. Инновационные технические решения в программе НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС». Сбор. ст. / под общ. ред. А.Е. Мурова. М.: Из-во НТЦ ФСК ЕЭС, 2016, 320 с.



Уважаемый Виталий Васильевич!

От всего коллектива ПАО «Фортум» и от меня лично примите поздравления с юбилеем!

Вы прошли славный путь от младшего научного сотрудника до заместителя министра. Сейчас Вы формируете долгосрочную государственную энергетическую политику на посту руководителя ведущего энергетического института страны. Уже больше пятидесяти лет Ваши энергия и знание электроэнергетики России, организаторские способности и умение реализовывать задуманное способствуют надёжной и стабильной работе отрасли. Особенно хочу отметить Ваш вклад в энергетическую безопасность страны и многолетнюю плодотворную работу над Энергетической стратегией Российской Федерации.

Желаю Вам не останавливаться на достигнутом и всегда стремиться вперёд: добиваться профессиональных побед и начинать каждый свой день с новых творческих замыслов на благо России.

Пусть поддержка коллег и единомышленников придадут Вам сил и подвигнут на новые свершения!



*Генеральный директор
ПАО «Фортум»
А.А. Чуваев*



Дорогой Виталий Васильевич!

От имени Концерна «Росэнергоатом» и себя лично поздравляю Вас с 80-летием! Примите искренние пожелания доброго здоровья, неиссякаемой энергии, благополучия и хорошего настроения!

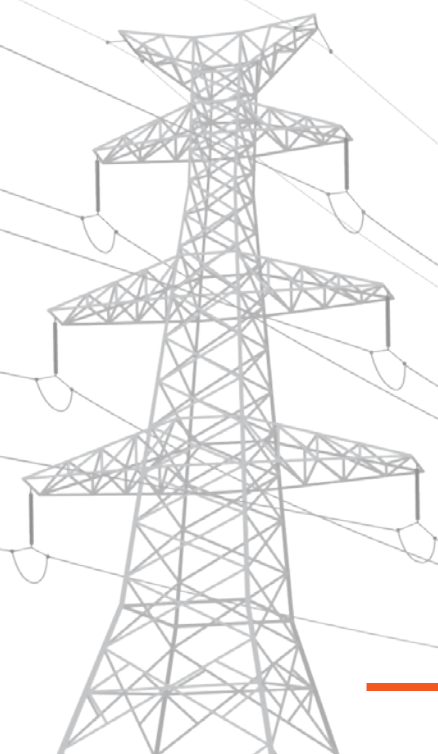
За Вашими плечами десятилетия плодотворного труда на благо страны. Посвятив свою жизнь электроэнергетике, Вы обрели широкую известность как учёный, государственный, политический и общественный деятель, автор многочисленных научных трудов, направленных на формирование Энергетической стратегии России. Заслуженным авторитетом пользуются созданная Вами научная школа по энергетической безопасности и энергетической стратегии. Многолетняя эффективная деятельность на самых ответственных постах в электроэнергетическом комплексе снискала Вам заслуженное уважение руководителей предприятий и специалистов атомной отрасли России.

Мы высоко ценим Вас как учёного, восхищаемся Вашей энергией, широтой интеллектуальных интересов. Мы глубоко благодарны Вам за многостороннюю деятельность в Институте энергетической стратегии, которая играет важнейшую роль в развитии электроэнергетики.

Уверен, что Ваши глубокие знания, творческие способности, подлинный профессионализм и впредь будут востребованы в интересах всех граждан нашей необъятной страны. Пусть удача в делах всегда идёт рядом с Вами. Мира Вам, любви и благополучия!



*Генеральный директор
АО «Концерн
Росэнергоатом»
А.Ю. Петров*



Энергоинформационные системы как основа неоиндустриальной и социогуманитарной цивилизации¹



Мир вступает в новую стадию — неоиндустриального и социогуманитарного развития. Новая цивилизация базируется на гармонии в системе «природа — общество — человек». Материальное производство развивается во имя человека и основывается на энергоинформационных системах, использующих не столько природные ресурсы, а в большей степени — интеллектуальный капитал общества. В статье показаны приоритеты и характерные черты новой цивилизации, основанной на энергоинформационном потенциале устойчивого социогуманитарного развития.

Почти 100 лет назад с принятием плана ГОЭЛРО в России начался новый этап развития цивилизации под лозунгом: «Коммунизм есть Советская власть плюс электрификация всей страны». Коммунизм как целевое видение новой цивилизации означал ориентацию на коллективизм как норму жизни. Советская власть — как организатор планового развития социума и его экономического базиса, электрификация — как средство (инструмент) материального производства и жизнеобеспечения общества. Недаром план ГОЭЛРО на долгие годы стал комплексным планом социально-экономического развития страны, успехи которого служили примером всему миру. Реализация этого плана не только обеспечила быстрый переход от «лапотной» России к развитой индустриальной державе, но и сформулировала новый уклад жизни всех её граждан. «Лампочка Ильича» не только осветила быт, но и весь уклад жизни, а промышленное использование электроэнергии на порядок повысило производительность труда.

Энергификация (термин Г.М. Кржижановского), и в первую очередь — электрификация, создала основу для крупных фабрик, конвейерного производства, развития различных видов транспорта для освоения огромной территории страны. Использование богатых природных минерально-сырьевых, топливно-энергетических и водных ресурсов, как

местных, так и общесоюзных, позволили создать территориально-производственные комплексы, в которых концентрировались различные промышленные предприятия и объекты социальной сферы.

Урбанизация городов, основу которой составляла развитая энергетическая и социальная инфраструктура (централизованные системы электро- и теплоснабжения, общественный транспорт, жилищно-коммунальный комплекс, общественное здравоохранение и образование) создала новый коммунальный тип цивилизации. Человек как член такой коммуны стал «винтиком» общего механизма жизни, элементом конвейерного производства и социальной сферы. С одной стороны, это способствовало его материальному и интеллектуальному развитию. С другой — он терял свой природный личностный капитал, инициативу в поиске смысла собственной жизни, подчиняясь запрограммированной идеологическими установками общей схеме коллективного бытия. Эта масштабная индустриализация, централизация всего и вся, начиная от управления природными ресурсами и кончая творческими устремлениями в науке и культуре, требовали соответствующей организации всей системы жизнеобеспечения и жизнедеятельности, включая формирование соответствующей инфраструктуры — производственной, транспортной и энергетической.

Увлечение гигантскими стройками, космическими и атомными проектами, стремление укрепить военную мощь державы — всё это требовало

¹ Журнал «Энергетическая политика», № 3, 2016, с. 17–24.

масштабной электрификации, увеличения мощности энергетических объектов, создания энергетических магистралей, соединяющих отдельные районы страны в общую энергетическую систему. Бурный рост промышленного производства требовал вовлечения в оборот всё новых и новых месторождений ТЭР, зачастую в ущерб окружающей природной среде. Да, на этом пути была создана энергетическая сверхдержава — СССР, в которой эффективное, по экономическим меркам, централизованное производство обеспечивало как внутренние потребности страны, так и её экспортные геополитические интересы. Энергетическая цивилизация XX в. — это ориентация на количественный рост производства и организацию больших систем, где человек был даже не активным потребителем, а элементом «машинной» системы.

Во второй половине XX в., опасаясь быстрого истощения природных запасов и под предлогом защиты окружающей среды, на Западе активизировалось «зелёное» движение и стал провозглашаться курс на постиндустриальное развитие. Успехи новых технологий вызвали надежду (не всегда обоснованную) на то, что обеспечить дальнейшее развитие цивилизации удастся путём отказа от промышленного роста и заменой его на реализацию научных достижений, снижающих потребность общества в природных ресурсах. Поэтому большую часть тяжёлой промышленности стремились переместить в страны третьего мира, оставляя за развитыми государствами преимущественно производство наукоемкой промышленности. Однако довольно быстро стало понятно, что так называемое постиндустриальное общество, лишённое материального производства — это утопия.

Сокращение рабочих мест при переходе от промышленного производства к малолюдным научным технологиям привело к тому, что угроза потенциальной безработицы стала для развитых стран социально весьма значимой. Они стали терять темпы общего развития и уступать приоритеты развивающимся странам. И это потребовало сделать шаг назад — вернуть в метрополии часть энергоёмких и трудоёмких производств. Так Запад стал переживать этап реиндустриализации. Однако простой возврат к прежней структуре экономики и общественного производства уже стал невозможен. И хотя ресурсный фактор перестал играть значимую ограничительную роль, ибо новые технологии открыли возможность использования новых нетрадиционных природных ресурсов, а повышение энергоэффективности снизило их общую потребность для получения конечного результата, тем не менее, ис-

ходя из новых потребностей общества в расширении ассортимента новых продуктов и услуг, структура материального производства уже не могла оставаться неизменной. В дело стал активно вмешиваться человеческий фактор.

У общества появились новые социально значимые потребности в интеллектуальных продуктах, изнурительная физическая работа на конвейерных производствах перестала быть привлекательной для людей, а появившиеся возможности механизации и роботизации производственных процессов всё-таки стимулировали качественно иной вид трудовой деятельности в рамках неоиндустриального производства. Не простая реиндустриализация, а именно неоиндустриальное развитие стало новой формой производственной деятельности. Её новизна по сравнению с классическим индустриальным производством заключается в том, что на смену физическому, а затем и машинному труду пришло эргатическое (человеко-машинное) производство, причём машина в данном случае понимается не как механический преобразователь энергии, а человек — не как её придаток (оператор).

Эргатическая система — это энергоинформационный преобразователь, в котором силовые энергетические и информационные процессы составляют единое целое. Благодаря человеку и его интеллектуальному труду такие системы приобретают черты кибернетических систем. Сегодня часто такие системы называют интеллектуальными, что, на наш взгляд, не совсем корректно, ибо интеллект — это всё-таки свойство человека, а не машины. Просто в эргатических системах кибернетического типа управление становится более совершенным, вплоть до появления самонастраивающихся и саморазвивающихся систем. И хотя часть человеческих интеллектуальных функций алгоритмизируется и переносится «на плечи» вычислительной техники и автоматики, человек остаётся творческой активной личностью в неоиндустриальном обществе.

В отличие от обычных автоматических систем, где основную роль в производственном процессе играют энергомашинные преобразователи, кибернетические системы основаны на энергоинформационных процессах. Информация по большому счёту — это тоже особый вид энергии, ибо она также участвует в преобразовании исходного ресурса в конечный продукт, который может иметь как материальный, так и семантический (знаковый) вид. Конечным продуктом неоиндустриального производства могут быть алгоритмы, программы, информационные, культурные и другие нематериальные продукты, но не оторванные от своего эргатическо-

го (человеко-машинного) носителя, а составляющие вместе с ним новый когнитивный (энергоинформационный интеллектуальный) альянс. Ниже попытаемся показать, как энергия и информация трансформируются друг в друга в рамках общего неоиндустриального производства. А пока следует заметить, что в таких энергоинформационных эргатических системах активная личность человека — актора (творца) не подчиняется машине и не превращается в робота, а составляет с ней единое целое.

Возникает симбиоз «человек — информация — машина», который соответствует и новому типу социальных отношений в обществе. Личность не отделяется от коллектива, но и не является его одушевлённым придатком. Человек становится активным элементом социоприродной среды. Он не противопоставляется окружающему миру, а составляет с ним единое целое. Система «природа — общество — человек» становится не набором самостоятельных действующих акторов, а формируется как единое взаимосвязанное целое. Здесь нет доминирующих и подчинённых частей. Мы не боремся с окружающей средой за ресурсы и не пытаемся её защитить от своих же необдуманных разрушительных действий. Единство триады достигается гармонией её составных частей. А гармония всегда сопровождается взаимоуважением и признанием того, что каждая часть целого (большая или малая, центральная или периферийная, старая или молодая) есть незаменимый атрибут системы.

Триадаический подход (в отличие от распространённой диады) означает не борьбу противоположностей, а взаимосвязь, в результате которой неизбежно рождается новое. Капитализм и коммунизм (социализм) не могут победить друг друга — они могут сколько угодно биться за выживание, но их историческое будущее зависит от того, смогут ли они не просто конвергироваться, а создать нечто третье, соединяющее на новых началах общество будущего. И это третье — есть социоприродная гуманитарная цивилизация, где природа, общество и человек составят единую систему.

Эта система будет развиваться в материальном отношении как энергоинформационная (неоиндустриальная) цивилизация, а с точки зрения структурной организации — как единая социоприродная среда, где человек станет не пупом земли, действующим в своих собственных интересах, а центром, который формирует себя и окружающий мир как единое целое. Не противопоставление частей друг другу и не защита окружающего мира от человеческой агрессии, а гармония — вот основа будущей цивилизации.

Эта новая цивилизация потребовала развития и новых форм энерго- и жизнеобеспечения. На Западе быстро поняли, что не только по причинам экологическим, но и гуманитарным нельзя стремиться к безудержному росту производства и спроса, забывая и о личностных интересах человека. Стремление ограничить воздействие промышленных систем на окружающую среду стимулировало появление новой энергетики, основанной на широком использовании слабо концентрированных энергетических источников в интересах непосредственно человека. «Зелёная» энергетика, основу которой составляют возобновляемые источники — солнце и ветер, биомасса и водные ресурсы, имеет главную цель — не альтернативу крупным АЭС и ГРЭС, а развитие «малотоннажной» энергетики, ориентированной не на крупных потребителей, энергоснабжение которых невозможно за счёт ВИЭ, а на использование в интересах непосредственно частных потребителей.

Соотношение между централизованным и децентрализованным энергоснабжением подчиняется правилу «золотого сечения» — 0,62:0,38 для систем с высокой плотностью нагрузки, и наоборот — 0,38:0,62 для распределённых потребителей. В связи с тем, что этап бурного промышленного развития уступает место развитию систем со слабоконцентрированной нагрузкой, децентрализованное энергоснабжение завоевывает своё достойное место в общей системе. Несмотря на то, что чисто экономически производство электроэнергии и тепла на больших станциях является более выгодным, определяющим становится принцип не экономики, а удобства для потребителей.

Неоиндустриальное производство и социогуманитарное общество нуждаются не в количественном наращивании спроса на энергию, а в повышении качества и эффективности энергоснабжения. Причём для большинства развитых стран, не обладающих в достаточной степени собственными энергоресурсами, а импортирующих их из стран третьего мира, энергоэффективность зачастую сводится к энергосбережению, как по объёму, так и по структуре их использования. И за счёт этого удаётся добиться удельного среднеличного производства ВВП на порядок большего, чем это имеет место в соседних странах — экспортёрах энергоресурсов (например, Ливия и Италия, Ирак и Израиль, Мексика и США, Россия и Германия). И дело не в простой бережливости, а в том, что структура экономики и энергопотребления в странах-импортёрах более ориентирована на производство конечного потребительского продукта (высокопроизводительных машин, наукоемких технологий, информационных продуктов).

Такая структура энергопотребления определяет и иной спрос на используемые виды энергии и новые энергоисточники, пусть даже с меньшей концентрацией энергии, но обладающие более высоким качеством (экологичностью, упорядоченностью потока энергии, меньшими потерями и отходами). «Зелёная» энергетика обладает лишь частью этих параметров по качеству энергоснабжения, главным образом — большей доступностью для потребителей, удалённых от крупных энергоисточников и не требующих высокой концентрации энергетического потока. Её экологичность является относительной, так как для производства оборудования для ВИЭ необходимо затратить не меньшее количество энергии, чем можно получить от самих возобновляемых источников. Просто экологическая нагрузка более равномерно разнесена по территории страны и обладает меньшей концентрацией в зонах рекреации там, где нужно создать более привлекательные условия для обитания человека.

Но принципиально новой сущностью энергообеспечения новой цивилизации (неоиндустриальной и социогуманитарной) является не сама по себе концентрация (высокая или слабая) энергетических потоков, а их удобство для потребителя, универсальность и управляемость. Этот «триУмф» обеспечивает именно электроэнергию основное преимущество не только в системе жизнеобеспечения, но и в самой системе жизнедеятельности новой цивилизации. Если трактовать само понятие «цивилизация» (*ци* — энергия, *вил*, *вл* — владение) как систему владения энергией (энергетическим потенциалом и способом его эффективной реализации), то энергия — это всякое действие, развитие, жизнь.

Отличительной особенностью новой цивилизации является её система жизнедеятельности, использующая как материальное производство в интересах социогуманитарного общества, так и организацию этого процесса, с использованием и расширенным воспроизводством нового энергетического потенциала в виде не только природных, а произведённых трудом человека новых технологических, интеллектуальных и культурных ресурсов. Этот процесс расширенного производства новых благ цивилизации, которые одновременно являются и новым потенциалом устойчивого развития триады («природа — общество — человек»), и составляет сущность социоприродной эволюции мира. В процессе этого развития ключевая роль принадлежит человеку не как потребителю и производителю этих благ, а как организатору этого всеобщего процесса жизни.

И неоиндустриальный (инновационный с точки зрения даже не самих новых технологий произ-

водства, а с точки зрения организации нового взаимодействия человека и машины посредством структуры энергоинформационных процессов в эргатических системах), и социогуманитарный характеры новой цивилизации, по-новому выстраивающие взаимоотношения индивидуальной творческой личности и коллектива в рамках единой системы «я — мы — они», определяют новый базис этих отношений, основанный на энергоинформационных связях между активными субъектами жизнеобеспечения и жизнедеятельности.

Структура энергоинформационных технологических и социальных связей определяется тремя главными особенностями:

- все связи носят не дуальный попарный, а как минимум триадический характер, образуя сложную ячеистую структуру «живой» саморазвивающейся системы;
- в системе принцип соподчинённости и причинно-следственных связей заменяется на принцип равнозначности (равноценности) всех элементов для функционирования многосвязной системы, каждый из которых играет свою роль в общем функционировании и жизнедеятельности системы;
- в «живой» системе нет деления на нижний (силовой, управляемый) и верхний (информационный управляющий) уровни — энергоинформационные потоки пронизывают все уровни, трансформируясь из одного вида активного действия (энергетического) в другой (информационный).

Проиллюстрируем особенности применения этих принципов на примерах электроэнергетических (энергоинформационных) объектов, составляющих суть жизнеобеспечивающей деятельности всяких производственных и социогуманитарных систем.

Даже классическое энергообъединение типа ЕЭС, служившее опорной конструкцией энергетической интеграции регионов и территорий СССР, представляло собой не набор линий электропередачи, соединяющих отдельные центры энергопроизводства и энергопотребления, а было системным образованием, осуществляющим единую функцию централизованной электрификации страны. Линии, осуществляющие передачу электроэнергии от точки А до точки В, представляли собой временное явление и неизбежно вписывались в общую структуру объединения с помощью магистральных ВЛ высокого и сверхвысокого напряжения либо распределительных систем, формирующих районные системы. Практически любые транспортные электропередачи со временем трансформировались в межсистем-

ные связи и выполняли функции обмена энергией и мощности между отдельными частями ЕЭС.

Долгосрочное проектирование энергообъединения на уровне одной страны и межгосударственного объединения всегда сводилось к формированию ячеистой структуры, где цепочечные широтные связи пересекались меридианными линиями, которые не всегда использовались для постоянного потока энергии, но их наличие обеспечивало необходимую структурную надёжность энергообъединения. Синхронная работа всех частей системы обеспечивала естественный процесс перераспределения потоков энергии по межсистемным связям и необходимую живучесть ЕЭС. Противоаварийная автоматика и управление в ЕЭС позволяли работать при пониженном (по сравнению с нормативами надёжности для изолированных систем) уровне запасов мощности и пропускной способности связей. Уже тем самым оперативно-информационная система служила не просто управляющей надстройкой над силовыми связями и потоками энергии, а составляла вместе с ними единое целое. Хотя это управление было, как правило, алгоритмическим, а все директивные решения принимал диспетчер.

Попытки введения моделей управления, работающих «в темпе процесса» для оперативного проигрывания возможных аварийных ситуаций и их каскадного развития, были затруднены в связи с недостаточным быстродействием используемой вычислительной техники. Замена реальных многомашинных систем их эквивалентами с сохранением основных динамических свойств объединения позволяла принимать решение только на соответствующем уровне временной и территориальной иерархии. И это не позволяло в полной мере использовать резервные мощности самих потребителей для повышения качества системы — предотвращения каскадного развития аварий и быстрого восстановления режима.

Однако прогресс в области быстродействия вычислительной техники сам по себе не позволял повысить эффективность комплексного управления энергообъединением. И хотя техника противоаварийного управления ЕЭС была на самом высоком уровне с внедрением адаптивных и самонастраивающихся систем, превращавших энергетическое объединение в большую кибернетическую систему, тем не менее идеология управления всё-таки исходила из того, что автоматическое управление — это надстройка над физической системой. А надстройка сама по себе может давать дополнительные сбои, приводя к нарушениям функционирования всей системы. Поэтому в атомной энергетике, напри-

мер, активно развивалось реакторостроение с естественными процессами предотвращения каскадного развития аварий, не доверяя эти функции системам автоматики.

Внедрение различных передач и вставок постоянного тока тоже сдерживалось за счёт преимущественного развития систем переменного тока, где обеспечивалась естественная, а не принудительная регуляция перетоков мощности по межсистемным связям при отклонении тех или иных режимных параметров (например, напряжения в узловых точках системы). Системы с естественными отрицательными обратными связями, демпфирующими процесс неуправляемого развития каскадных аварий, были наиболее востребованы. Более того, возможность сбоев в системах автоматики (сегодня это трактуется как кибернетическая опасность) ограничивала размеры объединяемых систем, требовала увеличения резервов в каждой из систем и неоправданно приводила к неполному использованию всех преимуществ энергообъединения.

Другим следствием недоверия к системам автоматики и попыткам ограничить их роль в процессе функционирования сложных объединений явилось ограниченное системное использование «активного потребителя», его возможности участвовать в предотвращении каскадного развития системных аварий и восстановлении послеаварийных режимов. Либо менее ответственный потребитель автоматически отключался, что делало его пассивным заложником централизованных требований живучести энергообъединения, либо приводило к неоправданному росту и замораживанию запасов в системе. И только равноправие энергетических и информационных связей, их равная ответственность за общее функционирование системы позволяет создать новые энергоинформационные системы с достаточной безопасностью и системной эффективностью.

Сегодня много, но не всегда с должной обоснованностью говорят о создании интеллектуальных систем в различных сферах, в том числе и в электроэнергетике. Smart Grid на Западе появились как синоним «умных» сетевых образований, объединяющих различные генерирующие источники, в том числе и распределённые ВИЭ, в единую систему. Интеграция генерирующих, распределительных и потребительских объектов в одну систему невозможна без использования различных информационных каналов с общими интерфейсами и однотипными электрическими преобразователями сигналов. При этом идёт интеграция как отдельных энерго-снабжающих и энергопотребительских систем, каждая со своим информационным обеспечением,

так и отдельно интеграция всех силовых элементов, а отдельно — информационных каналов связи и управления.

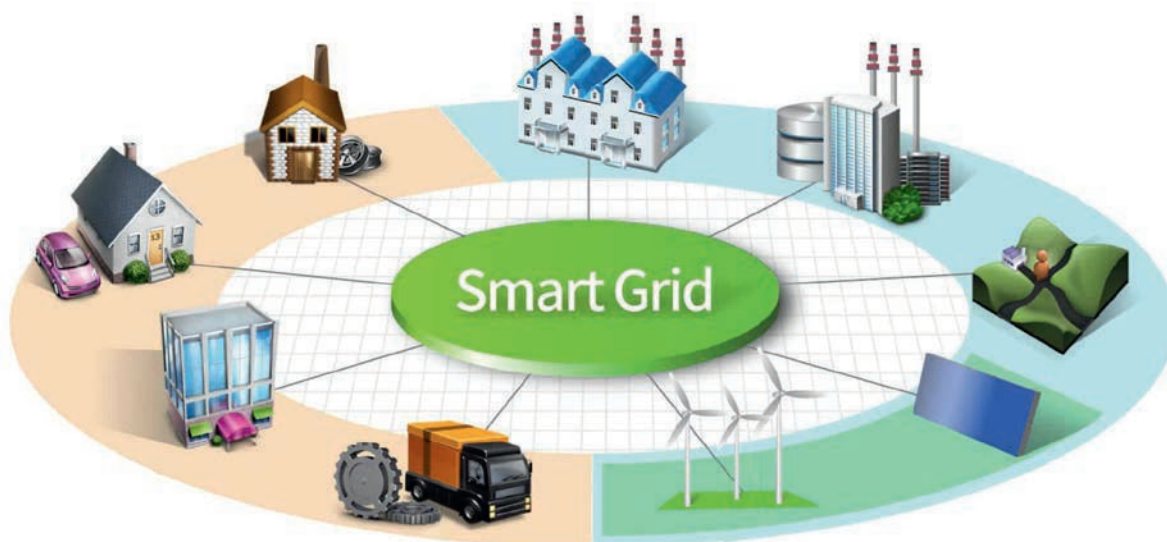
Оба вида интеграции формируют свои ячеистые схемы, которые соединяются в единое энергоинформационное «облако». По сути, создаётся нечто вроде интернет-сети, и такие структуры получили название «энергонет». Подобные сети на Западе (в Европе и США) получили достаточное развитие как образец единых энергоинформационных систем. В России пока что речь идёт больше о технической модернизации управляемых электрических систем, а не об использовании новой идеологии создания единых энергоинформационных систем. Часто обсуждаемые у нас модели интеллектуальных систем с активно-адаптивными сетями оказываются, как правило, отражением старых (хотя и успешно использованных в ЕЭС СССР) принципов автоматического противоаварийного управления, но пока не содержат признаков нового энергоинформационного единства в электроэнергетике. Как ни странно, попытка соединения физических систем энергетики и их рыночного эквивалента более соответствует энергоинформационной интеграции в электроэнергетике. Принципиальным в этой схеме является взаимозаменяемость, когда реальные перетоки покупаемой электроэнергии заменяются их рыночными эквивалентами.

Многообещающим на будущее могут стать такие энергоинформационные объекты электроэнергетики, как системные накопители. Они аккумулируют свободную электроэнергию в ночные часы и выдают её в качестве дополнительных источников в часы максимума нагрузки. При этом график нагрузки выглядит не как баланс физической энергии, а как расчётный (информационный)

аналог производимой и потребляемой электроэнергии.

Сращивание и взаимозаменяемость информационных моделей и физических объектов в электроэнергетике наглядно проявляются в задачах оценивания состояния и режимов систем. Недостаточное количество данных о режимных параметрах и даже о структуре системы может быть компенсировано за счёт методов дорасчёта режимных параметров с минимизацией потерь от отсутствия достоверных данных от систем телекоммуникации и измерения. Сегодня информационные модели активно начинают использоваться в задачах объёмного проектирования самих физических объектов. Известны методы 3D-моделирования различных строительных конструкций (опор ВЛ, зданий подстанций и т.п.). Эти конструкции, а также сами физические установки, созданные таким способом, могут не только имитировать технические устройства, но и выполнять те силовые функции, которые обычно на них возлагаются. Эргатические (человеко-машинные) системы, созданные за счёт обработки информационных моделей функциональных систем электроэнергетики, могут уже в недалёком будущем стать основой широкой гаммы новых электротехнических устройств.

Уже в настоящее время активно развивается автомобилестроение, где функции водителя будут выполнять даже не роботы, а имитаторы человека, лучше приспособленные к интеллектуальному вождению транспортных средств. Роль человека в таких системах будет всё больше сводиться не к конкретной операторской деятельности, а к целеполаганию — заданию маршрутной карты движения. А путь следования будет оборудован системой навигации, позволяющей двигаться «новым



автомобилям». Подобная система вполне вероятна не только в технических системах, но и при проектировании и разработке новой техники и новых энерготехнологических процессов и установок.

Во многих электробытовых приборах уже сегодня начинают использоваться миниатюрные и микроустановки, обеспечивающие те же функции, что и в традиционных силовых установках. Например, диодное электроосвещение создало огромные возможности по повышению эффективности и разнообразию функций использования света и цвета. Лазерные установки являются наглядным примером сращивания физического потока энергии и потока информационных сигналов, организующих этот поток. Сравнение энергии атомного взрыва и лазерного потока показывает, что для многих технологических задач уже сегодня организованный поток энергии оказывается более эффективным, чем силовой, но хаотический процесс. Сила мысли может не только управлять потоком энергии, но и заменять его, производя больше полезной работы. Пример человека, находящегося в экстремальной ситуации, убеждает, что он может превзойти самого себя с точки зрения концентрации энергии: прыгнуть выше головы, ладонью разбить кирпич, одолеть намного превосходящего по мощи соперника.

Когнитивные системы, осознанно использующие эту концентрацию мысленной энергии, могут совершать работу, сравнимую и даже превосходящую работу обычных физических энергоустановок. Работа может совершаться не только за счёт привлечения внешних сил. Она может проявляться как реализация некоего структурного потенциала, саккумулированного в системе. Известно, что разрушение материала может произойти внезапно по мере того, как накопленные в его структуре пластические деформации превзойдут некий порог прочности. Но известны и другие случаи, когда за счёт соответствующего структурного изменения в системе она может дополнительно упрочняться, запоминать заложенные в её «сознание» условия и в нужный момент их реализовывать.

Классическим является пример использования нанотехнологий, где необходимые свойства объекта достигаются структурным объединением различных слоёв (страт), каждый из которых несёт свои функции, а их объединение придаёт системе совершенно новые необычные свойства.

Структурный потенциал наиболее полно проявляет себя в социальных процессах. Известно, что идея, овладевшая миром, становится самой мощной производительной силой. Структурный потенциал общества и его нереализованные возможности

являются причиной смены общественных формаций и развития новых цивилизационных отношений. Определяющим для этого является социальная (общественная) психология, через которую раскрываются противоречия и синтез личностных и общественных отношений. Даже такая, казалось бы, далёкая от социально-производственных отношений психология финансов определяет в качестве действенной силы именно групповое поведение соответствующего объединения акторов — игроков на рынке. Но известно, что цены на мировом нефтяном рынке определяются в большей степени не балансом спроса и предложения, а именно тем, как реагируют трейдеры на ожидаемые политические, инвестиционные, технологические и другие отношения.

Фьючерсный рынок — это рынок ожиданий, реагирующий не на баланс, а на производные динамических параметров. Более того, сам баланс зачастую оказывается производным от динамики цен. Этот пример ещё раз показывает, что в системах, где физические, экономические и технические условия являются взаимосвязанными с информационными и психологическими, причинно-следственные связи не определяют динамику поведения системы. Определяющим является внутреннее структурное состояние системы.

Так, в физических динамических системах её структурные (фазочастотные) характеристики могут явиться причиной внутреннего и внешнего движения, когда за счёт информационных воздействий можно извне изменить энергетическое состояние системы, определяемое его набором фазочастотных параметров. По-видимому, недалеко то время, когда силой мысли потомок барона Мюнхгаузена сможет сам себя вытащить за волосы из болота или состояния покоя. И это определяется возможностью развития энергоинформационных систем, где человек своим когнитивным мышлением задаст необходимый потенциал и траекторию действия. Ведь сегодня нет никакого сомнения в том, что мысленные процессы управляют физическими импульсами, определяющими действия человека. Так, ничто не мешает тому, что подобные процессы станут возможны не только в биологии, но и в технике.

Итак, смело можно утверждать, что между силовыми энергетическими процессами, информационными потоками в технике и социуме, а также и биоимпульсами нет непреодолимой разницы. Все они являются разновидностью общей энергоинформационной формы движения, определяющей и производственную, и гуманитарную сущность жизни.

И XXI век — это время активного перехода к новой энергоинформационной цивилизации.

СОДЕРЖАНИЕ

Биография В.В. Бушуева: «Философия энергии».....	2
Интервью В.В. Бушуева: «Интеграция материи и духа».....	3
Энергетика – за 50-летним горизонтом. От фантазий – к цели и целевому видению.....	10
Опыт энергетического стратегирования в России	14
Метасистемные принципы энергетики	22
Инновационное развитие электроэнергетики России	32
Структурно-технологический форсайт развития ЕНЭС России как инфраструктуры Евразии	38
Когнитивный энерготехнологический форсайт.....	44
Развитие электроэнергетики: стратегический и постстратегический форсайт.....	50
Энергоинформационные системы как основа неоиндустриальной и социогуманитарной цивилизации	62

Уважаемый Виталий Васильевич!

Когда нам нужно разобраться в хаосе изменений, происходящих в отечественной и мировой энергетике, понять суть новых трансформаций, мы обращаемся к Вам, Виталий Васильевич!

Вам дано увидеть глубинный смысл процессов, дать им объективную оценку, обозначить цели дальнейшего развития ТЭК.

У Вас за плечами – огромный опыт, десятки лет плодотворной деятельности на благо энергетики. Вам выпало счастье найти своё место в науке и в жизни. А нам выпало счастье работать с Вами.

Надеемся на продолжение сотрудничества.

С юбилеем!

Редакция журнала
«Вести в электроэнергетике»,
ЗАО «НТФ «Энергопрогресс»

Учредители:

- ▶ Министерство энергетики РФ;
- ▶ ПАО «ФСК ЕЭС»;
- ▶ Электроэнергетическая ассоциация «Корпорация Единый электроэнергетический комплекс»;
- ▶ ЗАО НТФ «Энергопрогресс»;
- ▶ НП «НТС ЕЭС»

Издаётся с сентября 2002 г.

Выходит 1 раз в 2 месяца

Редакционная коллегия:

О.Г. Баркин – главный редактор

А.Э. Голодницкий –

заместитель главного редактора

В.А. Баринов

А.А. Волошин

С.Я. Есяков

Я.Ш. Исамухамедов

Г.П. Кутовой

В.Е. Межевич

В.В. Молодюк

А.Н. Назарычев

Л.В. Неганов

С.А. Павлушко

Э.М. Перминов

Н.Д. Роголёв

И.К. Хузмиев

А.Б. Яновский

Редакция:

Е.П. Ставцева – заместитель главного редактора

Л.Ю. Юдина – обозреватель

М.В. Великохатко – дизайн и вёрстка

Ю.Г. Толкачёва – корректор

Адрес учредителя, издателя, редакции:

129090, г. Москва, ул. Щепкина, д. 8

Тел. +7 (495) 911-26-96, e-mail: vesti-news@mail.ru

СВИДЕТЕЛЬСТВО о регистрации средства
массовой информации:

ПИ № ФС77-37405 от 04 сентября 2009 г.

Мнение редакции может не совпадать с мнением
авторов статей. Редакция не несёт ответственности
за содержание рекламных материалов.

Подписано к печати 8.11.2019

Тираж 5000

Отпечатано в ООО «Типография Фонтеграфика»

129090, Москва, ул. Щепкина, д. 8

Подписной индекс 87667

в Объединённом каталоге «Пресса России»

Цена свободная

© ЗАО НТФ «Энергопрогресс»,
«Вести в электроэнергетике», 2019

* * *

У России нет величины —
лишь неизмеримое величье,
что хотят двуглавые чины
растоптать и растащить по-птичьи.
Не пытайтесь нас перекроить
и привить нам чуждые манеры,
не умеем в одиночку пить,
только — на троих...
да чтоб без меры.
И работать можем —
для души,
а совсем не ради жалких денег,
потому и платят нам гроши
телеобозначенные тени.
Но... не надо нам судьбы иной,
не засыпать души пятаками,
не торгуйте нами и страной —
не считайте всех нас дураками.

В. В. Бушуев