РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

3
выпуск
2018

МОСКВА

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Данный выпуск журнала посвящен вопросам энергетического стратегирования и приурочен к 20-летию создания Института энергетической стратегии (ИЭС). Институт возглавлял консорциум научных организаций, включая ИНЭИ РАН, ИПНГ РАН, ИСЭМ СО РАН, ЭНИН, ЭСП и др., который за эти годы, по поручению Минэнерго РФ, разрабатывал и мониторил все варианты Энергетических стратегий России (ЭС-2010, ЭС-2020, ЭС-2030), утвержденные соответствующими решениями Правительства РФ, а также проекты ЭС-2035 и ЭС-2050. Но важен не только опыт, но и новые идеи, новые представления об энергетике будущего, новой энергетической цивилизации.

Своими соображениями в этом выпуске делятся ведущие специалисты – энергетики и экономисты, как участники консорциума, так независимые эксперты. Редакция журнала надеется, что эти предложения и мнения послужат толчком к разработке новых стратегических документов в сфере энергетики.

DEAR READERS!

This issue of our journal focuses on energy strategizing and coincides with the 20th anniversary of the Institute of Energy Strategy (IES) establishment. The Institute was headed by the consortium of scientific organizations including the Energy Research Institute of the RAS, Oil and Gas Institute of the RAS, Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the RAS, Krzhizhanovsky Power Engineering Institute (ENIN), JSC «Institute «ENERGOSETPROEKT» (ESP), etc. According to the Russian Ministry of Energy's order, this consortium has been developing and monitoring all the options of Russian Energy Strategies (ES-2010, ES-2020, ES-2030) approved by the relevant Russian Government's resolutions as well as ES-2035 and ES-2050 projects. However, besides experience, there are such important things as new ideas, new visions of future energy, a new energy civilization.

Leading specialists including power engineers and economists, both consortium participants and independent experts, share their considerations in this issue. The journal's editorial board hopes that these proposals and opinions will give an impetus to the development of new strategic documents in the power sector.

ENERGETICHESKAYA POLITIKA

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ, НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Выпуск ·3· 2018

Издается с 1995 года

Редакционная коллегия:

В.В. Бушуев *– д.т.н., профессор, генеральный директор ИЭС, главный редактор*

Н.И. Воропай *– д.т.н. чл.-корр. РАН, научный руководитель ИСЭМ СО РАН, зам. главного редактора*

А.М. Мастепанов *– д.э.н., профессор, зам. директора ИЭС, зам. главного редактора*

В.В. Первухин *– отв. секретарь, к.и.н., ИЭС*

А.И. Громов *– к.г.н., Фонд «Институт энергетики и финансов», директор по энергетическому направлению*

А.Н. Дмитриевский *– д.г.-м.н., академик РАН, научный руководитель ИПНГ РАН*

В.А. Крюков *– д.э.н., чл.-корр. РАН, директор ИЭОПП СО РАН*

В.С. Квон (Won Soon Kwon) *– профессор, Университет международных исследований Ханкук, Р. Корея*

А.А. Макаров *– д.э.н., академик РАН, советник РАН*

О.С. Попель *– д.т.н., зам. директора ОИВТ РАН*

А.А. Михалевич *– д.т.н., академик НАН Беларуси, научный руководитель Института энергетики*

С.М. Сендеров *– д.т.н., зам. директора ИСЭМ СО РАН*

Ю.А. Станкевич *– зам. председателя Комитета РСПП по энергетической политике и энергоэффективности*

Е.А. Телегина *– д.э.н., чл.-корр. РАН, декан факультета международного энергетического бизнеса РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина*

Ю.К. Шафраник *– д.э.н., председатель Совета директоров ЗАО «МНК «СоюзНефтеГаз»*

А.Б. Яновский *– д.э.н., зам. министра энергетики РФ*

Учредители журнала «Энергетическая политика»: ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии», Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
Издатель журнала ИЦ «Энергия».

Адрес редакции: 125009, Москва, Дегтярный пер., 9, оф. 011
Телефон ред.: (495) 229-42-41 (доб. 230)
E-mail: ies2@umail.ru; krilosov@guies.ru
Web-site: http://www.energystrategy.ru
Выходит 6 раз в год
Ведущий редактор *С.И. Крылосов*
Компьютерная верстка *В.М. Щербаков*
Отпечатано в типографии Onebook
Подписано в печать 18.05.2018
Формат 60x84/8
Бумага офсетная. Печать офсетная
Усл. печ. л. 13,95. Уч. изд. л. 14,3
Тираж 500 экз.
Заказ № 29 (67/02-99) ИЭС № 375

© ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии», 2018
Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.
При перепечатке материалов ссылка на издание обязательна.

ПОБЕДИТЕЛЬ VII ВСЕРОССИЙСКОГО ЖУРНАЛИСТСКОГО КОНКУРСА «ЛУЧШАЯ ПУБЛИКАЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЭК РОССИИ 2001 года»

СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ

STRATEGIC PLANNING IN THE ENERGY SECTOR

А.И. Агеев. Можно ли планировать в эпоху турбулентности?.... **3**

A.I. Ageev. Is it possible to plan in the era of turbulence?

Г.Д. Маргулов. Уроки прошлого и новая энергетика **9**

G.D. Margulov. Lessons of the past and new power industry

А.И. Кулапин. Стратегическое планирование как базис для реализации потенциала российского ТЭК в глобальной технологической революции..... **23**

A.I. Kulapin. Strategic planning as a basis for fulfilling the Russian fuel and energy complex potential in the global technological revolution

А.А. Макаров. Достижения и проблемы прогнозирования развития энергетики России **26**

A.A. Makarov. Advancements and challenges in strategic planning of Russian energy development

Н.И. Воропай А.М. Клер, Ю.Д. Кононов, Б.Г. Санеев, С.М. Сендеров, В.А. Стенников. Методические основы стратегического планирования развития энергетики **35**

N.I. Voropai, A.M. Kler, Yu.D. Kononov, B.G. Saneev, S.M. Senderov, V.A. Stennikov. Methodological basis of energy strategic planning

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

С.П. Филиппов. Технологическое развитие энергетики в индустриальный период: достижения и разочарования, опыт на будущее **45**

S.P. Filippov. Power technology development in the industrial period: achievements and disappointments, experience for the future

В.М. Кравченко, В.С. Скулкин, А.Е. Егоров. О перспективном планировании в электроэнергетике **54**

V.M. Kravchenko, V.S. Skulkin, A.E. Egorov. On long-term planning in electric power industry

Ю.Д. Кононов, Д.Ю. Кононов. Анализ методов и моделей, используемых при оценке вариантов долгосрочного развития ТЭК..... **61**

Yu.D. Kononov, D.Yu. Kononov. Analysis of methods and models applied to assess the options of long-term energy development

Ю.К. Шафраник, В.А. Крюков. Нефть в пространстве и «пространство нефти» **69**

Yu.K. Shafranik, V.A. Kryukov. Oil in space and «oil space»

А.И. Громов. Мировой рынок нефти в период глобальной энергетической трансформации: ожидания и опасения **75**

A.I. Gromov. World oil market during global energy transformation: expectations and concerns

Г.В. Агафонов, А.Г. Корнеев. Роль территориально-производственных комплексов нефтегазовой специализации в экономическом развитии восточных регионов России..... **87**

G.V. Agafonov, A.G. Korneev. The role of oil and gas territorial production complexes in Eastern Russia economic development

В.В. Саенко. Основные положения энергетической стратегии Тульской области до 2035 года..... **98**

V.V. Saenko. Main provisions of Tula region energy strategy up to 2035

А.А. Горлов. Использование кривых обучения для оценки динамики развития возобновляемых источников энергии **105**

A.A. Gorlov. Using curve learnings for evaluating the dynamics of development of renewable energy sources

Институту энергетической стратегии – 20 лет **115**

УДК 338.2 (470+571)

А.И. Агеев[1]

МОЖНО ЛИ ПЛАНИРОВАТЬ В ЭПОХУ ТУРБУЛЕНТНОСТИ?

Аннотация. Рассматриваются особенности современной ситуации со стратегическим планированием в России и возможные организационные инновации, учитывающие конфигурацию экономических институтов и требования технологической трансформации.

Ключевые слова: планирование, стратегия, управление, информационная основа планирования, рынки.

Введение

Реальное состояние современной российской экономики и общества, перспективы на фоне вызовов безопасности, суверенитету и, вновь, самому существованию России стали эпицентром предвыборных дебатов и общественной тематики президентской кампании 2018 года. Они по традиции разложились на четыре составляющие: что имеем, кто виноват, чего хотим и что делать? Вопросы «кому» и «как делать» тоже, как обычно, свелись к декларациям. Не повысил градус ясности и последовавший за выборами период. Но поляризация взглядов и предлагаемых решений стала заметнее. Однако вопрос о стратегическом планировании развития, казавшийся многим важнейшим совсем недавно, в этих дискуссиях оказался приглушенным. Представляется, что этому есть объяснения.

Во-первых, практика применения Федерального закона от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) привела к образованию «Монблана» нормативных актов по всей вертикали госуправления вплоть до муниципального уровня. При этом резко снизились инвестиции ключевых корпораций, в первую очередь с государственным участием, а кризисы на финансовом рынке 2014 г. спровоцировали фактический отказ даже от трехлетнего бюджетного планирования. Идея стратегического планирования оказалась в итоге избыточно регламентирована и практически никак не обеспечена ресурсно. Можно сказать, что потерпела крах иллюзия обильным нормотворчеством решить фундаментальную институциональную проблему.

Во-вторых, в условиях обострения международной напряженности и актуализации военных угроз возник, по сути, автономный воспроизводственный контур, опирающийся на жесткие и комплексные решения среднесрочного планового горизонта, – Государственная программа вооружения (ГПВ) и государственный оборонный заказ (ГОЗ), а также ряд сопутствующих организационно-экономических решений (вычленение особой категории предприятий ОПК, жесткий финансовый контроль, правила ценообразования, импортозамещение, целевые закупки оборудования, институты военной приемки, «холдингизация», частичное восстановление статуса генконструкторов и т.д.). Кроме того, ряд госкорпораций и банков, опираясь на сравнительно привилегированный доступ к бюджетным и эмиссионным, а также внешним ресурсам, уверенно реализуют системообразующие проекты, имеющие не только внутренний, но и международный масштаб. Пусть речь и не шла о восстановлении прежних полноценных форматов планирования, все-таки это было явное «принуждение» к планированию. И его реальные практики, очевидно, вышли за рамки возможностей ФЗ-172.

В-третьих, с 2008 г. Россия подвергается поэтапно наращиваемому давлению совокупного Запада, которое к настоящему моменту имеет все признаки комплексной стратегии, реализуемой системно и ситуационно. Представая как тактика «тысячи уколов», эта стратегия исходит

[1] Александр Иванович Агеев – генеральный директор Института экономических стратегий РАН и Международного научно-исследовательского института проблем управления, заведующий кафедрой Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», д.э.н., профессор, *e-mail:* Ageev@inesnet.ru.

из объективно определенного интереса – на максимально возможный срок удержать мировую гегемонию Запада, отдалив становление альтернативного мирового порядка. Среди задач этой стратегии – хаотизация процесса стратегического выбора в России, явная и неявная экспроприация российских активов. Не одна лишь Россия является мишенью этой стратегии, но также Китай, Индия и другие страны.

В-четвертых, начавшаяся цифровая трансформация вообще заставляет пересмотреть многие прежние представления о планировании, стратегиях, об экономике и обществе. Цифровая экономика в принципе – экономика предсказательная, а ее основа – большие данные, обработка которых создает качественно новую информационную основу планирования с участием систем искусственного интеллекта. Более того, достижимость результатов такого планирования ставит новые вопросы об общественном устройстве и человечности как эволюционном явлении. Таким образом, есть достаточные основания для уточнения постановки проблемы стратегического планирования в условиях современной России.

Потребность в формировании факторов развития

В терминах экономической динамики в настоящий момент Россия находится в фазе стагнации. Само по себе это нельзя оценивать в дихотомии «хорошо – плохо», тем более учитывая блочно-иерархический характер российской экономики. Смысл последнего в сосуществовании непересекающихся слоев экономической деятельности, внутри которых действуют специфические институты и, соответственно, существенно разная текущая ситуация и разные перспективы [1-3]. Это делает принципиально невозможным успешное регулирование секторов экономики по однообразным правилам. Не менее существенно другое: а) фаза стагнации явно затянулась, б) ее причины во многом связаны с рукотворными ошибками в социально-экономической политике и в) в российской экономике нет, говоря словами академика А.Г. Аганбегяна, «двигателей» развития: старые (система планирования) исчезли, а новые (конкурентный рынок) так и не созданы [4]. К последнему можно добавить, что в реальности сложилась непрозрачная экономическая система с патологическими мотивациями и множеством монопольных эффектов. Происходящие в ней процессы воспроизводства имеют во многом скрытый характер и выведены из национальной юрисдикции. Добавим также, что изменившаяся технологическая база и место России в мировой экономике, радикально выросшая номенклатура продукции и сформировавшаяся за последние 30 лет хозяйственная культура со всеми ее институтами не позволяют банально восстановить институты централизованного планирования. Этот феномен назван «институциональной ловушкой» [5], что во многом, но не исчерпывающе, описывает суть и драматизм положения.

Потребность в формировании системы факторов развития диктуется рядом общих и уникальных конъюнктурных причин. Главная общая причина – относительный статус России в мировой экономике и технологическом развитии. По оценке Всемирного банка, в настоящее время доля России в мировом ВВП – 1,8%. По ожидаемой продолжительности жизни Россия находится отнюдь не в передовой группе стран. Темпы роста ВВП России в 2,5 раза уступают мировым и темпам роста практически всех ключевых держав мира, хотя на отдельных рынках доля России была намного выше, чем ее совокупная доля: строительство атомных станций, космические запуски, поставки газа, нефти, ряда минералов, например. По таким важнейшим элементам национального богатства, как запасы воды, площадь лесов и пашни, Россия занимает первые места в мире. Однако российская экономическая система строится не на учете ключевых физических и нематериальных активов, а на крайне узкой базе ее капитализации и отсутствии в экономическом обороте важнейших активов.

В России отсутствует необходимая для эффективного госрегулирования управленческая, фискальная, правоохранительная и тому подобная прозрачность движения товарных (и финансовых) потоков, в том числе в отраслевой, территориальной и корпоративной привязке к конкретным материальным и стоимостным объемам товарных ресурсов. Крайне размыта

(с экономико-управленческой точки зрения) структура внутрироссийского и трансграничного формирования и перелива реальной (а не декларируемой) добавленной стоимости и прибыли, в том числе в отношении корпоративных групп со скрытым аффилированием и использованием явных и латентных офшорных механизмов [6].

Сохранение такой ситуации гарантирует рост отставания от авангардных стран и ведет к усугублению рисков безопасности, утраты суверенитета и целостности страны. Россия представляет собой щедро наделенное разнообразными ресурсами (от углеводородов до транзита) и эксклюзивными талантами пространство. Освоение этого пространства жизненно интересно для ключевых игроков мировой политики. Ситуация усугубляется проблемами в мировом устройстве, решение которых в истории искалось ценой отказа от правил игры прежней эпохи [7]. Стагнировать в такой обстановке опасно. Однако это внешняя причина, диктующая потребность в более высоких темпах роста и его качестве для того, чтобы не углубилось отставание от авангардных стран мира.

Есть и внутренние причины, диктующие принятие решений по формированию эффективной системы факторов роста. Прежде всего это качество жизни значительной части населения России. Сложившиеся в последние 30 лет диспропорции в распределении доходов и собственности, доступа к возможностям развития и влияния на процессы управления развитием требуют серьезных изменений. Их вектор направлен на снижение имеющихся демографических ограничений и формирование новых возможностей для творческой самореализации широких масс людей в позитивных целях. При этом государство и общество должны иметь достаточные ресурсы, чтобы минимизировать риски безработицы, нищеты, преступности, природных, техно- и антропогенных катастроф. В частности, расходы на предотвращение катастроф и преодоление их последствий в ближайшей перспективе будут расти [8-10].

Становление новых технологических укладов и утверждение долгосрочных систем хозяйственного мироустройства эмпирически всегда опиралось на военно-силовую мощь и финансово-фискальную инфраструктуру государства. Хотя непосредственные миссии освоения новых территорий зачастую выполнялись формально частными компаниями, характер их финансирования, рекрутирования кадров, обеспечения безопасности, связи и вся цепочка появления добавленной стоимости предполагали наличие патронажа со стороны государственного аппарата. Тем не менее, начиная с волны индустриализации второй половины XIX в., роль государства в обеспечении воспроизводственного процесса неуклонно росла, становясь в тенденции все более наукоемкой и взаимоувязанной с другими институтами координации экономической деятельности.

Передовой опыт централизованного планирования и реализации крупнейших научно-технологических и производственных проектов в СССР был воспринят многими странами мира и использован для создания их систем управления развитием. Однако в настоящее время Россия, пожалуй, менее других стран знакома с опытом собственного управления развитием и более других стран преуспела в демонтаже важнейших институтов стратегического управления.

Фокус современного геополитического соперничества переместился в комплекс множества сфер, среди которых ключевая – система стратегического управления. Используемые ранее административные и рыночные методы в современных условиях малопродуктивны для решения задач нового класса, а новые технологии управления не отработаны до требуемого уровня. В первую очередь необходим энергичный переход к системе, которая может эффективно создавать весь спектр потенциалов развития. Фундаментальный характер имеет и необходимость непосредственного участия России в осуществлении крупных международных проектов в сфере науки, освоения ближнего и дальнего космоса, энергообеспечении. Россия имеет значительный вес в достижении целей устойчивого развития, продекларированных ООН и вызвавших формирование множества международных коалиций по их достижению вместе и по отдельности.

Межведомственный орган развития

В текущей нормативно-политической ситуации и при сложившихся обычаях делового оборота речь может идти о создании межведомственного координирующего органа в сфере стратегического управления будущим при Президенте РФ в целях отработки новых инструментов и государственно-общественных институтов стратегического управления.

Этот орган, подобно отечественным и зарубежным аналогам, призван полноценно выявить весь спектр возможностей развития страны, территорий, экономических агентов и населения. В настоящее время имеет место чудовищная недокапитализация имеющихся ресурсов страны в силу ее нынешнего статуса в мировой экономической системе и сложившейся системы экономических институтов, фиксирующих тот социально-экономический выбор, который был сделан Россией на рубеже 1980-1990-х годов. С тех пор внешние и внутренние условия радикально изменились, но институционально воспроизводится вся система мотиваций экономического поведения с присущими ей патологиями.

В этой ситуации механическое создание нового института развития – не самое продуктивное решение. Он при всех благих целеустановках довольно быстро переродится в свою противоположность, как это имело место с некоторыми «стратегическими инициативами» и организационными перестройками. Как показывают упомянутый опыт реализации Государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа и классические требования к успешному внедрению инноваций, необходимо выстроить параллельный воспроизводственный контур. Подобно тому, как в ОПК сначала была возрождена Военно-промышленная комиссия, пусть и с усеченным функционалом по сравнению с советским аналогом, так же и в области стратегического управления целесообразно начать с формирования межведомственного органа высшего уровня, полномочия которого были бы более существенны, чем у имеющихся совещательных советов при Президенте РФ. Функционально это должен быть орган, действующий на качественно новых началах организации экспертной поддержки президентских инициатив и решений, стимулирования общественной поддержки процессов управления, контроля за их выполнением.

Основные функции такого органа – выявление новейших знаний о трансформации мира и использование их для создания новых возможностей развития, обеспечения благоприятного будущего страны, суверенитета и конкурентоспособности.

В актуальном политическом поле отличие такого органа от имеющихся структур, в том числе общественных (ОНФ как общественный контроллер президентских поручений, например, или АСИ), заключается в том, что он скорее должен быть похож на КЕПС, СОПС, Спецкомитет, нежели на Госплан или ГКНТ. В некотором смысле это аналог американского агентства передовых разработок, созданного в 1958 г. в ответ на советский научно-технический вызов по образу Спецкомитета. Позднее в США были созданы и другие аналоги (в Министерстве энергетики и ЦРУ). Сходство этого органа с общественными движениями в том, что он призван сгенерировать формирование многоуровневого человеко-компьютерного комплекса (платформы) и вовлечь в процессы развития всех экономических агентов и все население России.

Но создание такого межведомственного органа – шаг к новой системе экономических взаимодействий. Технологической основой для деятельности этой системы станут множественные, но скоординированные электронные торговые площадки. Общие организационно-экономические и нормативно-правовые схемы формирования и функционирования предлагаемой системы формализованных электронных рынков товарных ресурсов уже разработаны, действуют и могут быть заимствованы, например, из действующего в России рынка электроэнергии и мощности. Электронных площадок в России уже довольно много. Устранение ряда обнаружившихся дисфункций их работы позволит опираться на них как основу для стратегического планирования базовых экономических ресурсов, активов и продукции. При этом следует иметь в виду, что упорядоченной комплексной системы формализованных электронных рынков товарных ресурсов в США, Западной Европе и Китае пока не создано. Это означает, что Россия и участ-

ники ЕАЭС, и другие партнеры имеют возможность опережающего развития в этой сфере организации развития.

Заключение

Проблематика стратегического планирования в настоящее время должна рассматриваться в широком внутреннем и внешнем контексте с учетом зависимости от «пройденного пути». Попытки механического повторения советского опыта заведомо непродуктивны в силу сложившейся новой хозяйственной культуры, отличающейся целым рядом патологических синдромов. Однако происходящая технологическая трансформация, «цифровой переход», позволяют сформировать качественно новые платформы экономических взаимодействий. Это требует серьезных институциональных инноваций, начало которым способно положить создание межведомственного органа стратегического планирования высшего уровня. Его главная цель – выявление и реализация возможностей развития на широкой общественной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маевский В.И., Чернавский Д.С. О рациональном поведении реального потребителя // Вопросы экономики. 2007. № 3.

2. Блохин А.А. Глобальная экономика в переходном состоянии // Экономические стратегии. 2016. № 5, 6.

3. Блохин А.А., Филиппова И.Н. Раннее выявление структурных сдвигов // Экономические стратегии. 2017. № 8.

4. Аганбегян А.Г. 25 лет новой России. Экономический и социальный уровень: топтание на месте // Экономические стратегии. 2018. № 1, 2.

5. Полтерович В.М. Элементы теории реформ. М.: Экономика, 2007.

6. Агеев А.И., Логинов Е.Л. Госплан – основные подходы к планированию социально-экономического развития России // Экономические стратегии. 2013. № 8.

7. Агеев А.И. Смена гегемона: война и экономика. М.: ИНЭС, 2016.

8. Махутов Н.А. Научные основы и задачи по формированию системы оценки рисков // Проблемы анализа риска. 2009. № 3.

9. Махутов Н.А. Анализ и управление экологическими рисками // Федеральный справочник. URL: http://federalbook.ru/files/FS/Soderjanie/FS-24/XI/Mahutov.pdf.

10. Махутов Н.А. Оценки и прогнозы стратегических рисков в техногенной сфере жизнедеятельности государства // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenki-i-prognozy-strategicheskih-riskov-v-tehnogennoy-sfere-zhiznedeyatelnosti-gosudarstva.

REFERENCES

1. *Maevskii V.I., Chernavskii D.S. O ratsional'nom povedenii real'nogo potrebitelya [On Rational Behavior of a Real Consumer]. Voprosy ekonomiki, 2007, no. 3.*

2. *Blokhin A.A. Global'naya ekonomika v perekhodnom sostoyanii [Global Economy in a Transitional State]. Ekonomicheskie strategii, 2016, no. 5, 6.*

3. *Blokhin A.A., Filippova I.N. Rannee vyyavlenie strukturnykh sdvigov [Early Identification of Structural Shifts]. Ekonomicheskie strategii, 2017, no. 8.*

4. *Aganbegyan A.G. 25 let novoi Rossii. Ekonomicheskii i sotsial'nyi uroven': toptanie na meste [25 Years of New Russia. Economic and Social Level: Remaining at a Standstill]. Ekonomicheskie strategii, 2018, no. 1, 2.*

5. *Polterovich V.M. Elementy teorii reform [Elements of the Reforms Theory]. Moscow, Ekonomika, 2007.*

6. *Ageev A.I., Loginov E.L. Gosplan – osnovnye podkhody k planirovaniyu sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossii [Gosplan – Basic Approaches to*

Planning Socioeconomic Development of Russia]. Ekonomicheskie strategii, 2013, no. 8.

7. Ageev A.I. Smena gegemona: voina i ekonomika [Changing a Hegemon: War and Economy]. M.: INES, 2016.

8. Makhutov N.A. Nauchnye osnovy i zadachi po formirovaniyu sistemy otsenki riskov [Scientific Foundations of Forming a Risk Assessment System and Its Goals]. Problemy analiza riska, 2009, no. 3.

9. Makhutov N.A. Analiz i upravlenie ekologicheskim riskami [Analysis and Management of Environmental Risks]. Federal'nyi spravochnik, available at: http://federalbook.ru/files/FS/Soderjanie/FS-24/XI/Mahutov.pdf.

10. Makhutov N.A. Otsenki i prognozy strategicheskikh riskov v tekhnogennoi sfere zhiznedeyatel'nosti gosudarstva [Estimates and Forecasts of Strategic Risks in Technogenic Sphere of the State Functioning]. CyberLeninka, available at: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenki-i-prognozy-strategicheskih-riskov-v-tehnogennoy-sfere-zhiznedeyatelnosti-gosudarstva.

Поступила в редакцию
12.04.2018 г.

A.I. Ageev[2]

IS IT POSSIBLE TO PLAN IN THE ERA OF TURBULENCE?

Abstract. The article dwells on particular features of the current situation with strategic planning in Russia and on possible organizational innovations that take into account the configuration of economic institutions and requirements of technological transformation.

Keywords: planning, strategy, management, information basis of planning, markets.

[2] Alexander I. Ageev – Director General, RAS Institute for Economic Strategies; Director General, International Research Institute for Advanced Systems; Chairman of the Department, National Research Nuclear University MEPhI; Doctor of Economic Sciences, Professor, *e-mail:* Ageev@inesnet.ru

УДК 620.9 (470+571)

Г.Д. Маргулов[1]

УРОКИ ПРОШЛОГО И НОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Аннотация. Пожалуй, никогда в обозримой истории так остро, как сейчас, не стоял вопрос о надежности энергетической базы экономики и способности ее и дальше выполнять свою историческую миссию. Традиционная модель развития энергетики исчерпала себя. Для такого беспокойства вопросов и проблем множество и среди них главные, и во многом взаимосвязанные, факторы определяют глобальные энергетические проблемы – социально-экономический, демографический, экологический, ресурсный, научно-технический и общественно-политический потенциал. В статье содержится анализ прошлого и обоснованы новые подходы, отвечающие требованиям гражданского общества.

Ключевые слова: энергетическая политика, программы инновационного развития, народная энергетика.

Прошедший путь развития энергетики был усеян множеством не только достижений, но и естественных, и искусственных преград. Люди должны знать уроки развития прошлого энергетики, чтобы изменить ее будущее…

Урок первый. Реальная жизнь оказалась намного богаче различного рода вычислительных схем о неизбежности сокращения населения нашей планеты и соответственно потребления энергии. Столетний опыт хозяйствования на Земле еще раз подтверждает, что развитие экономики, народонаселения и энергопотребления остановить невозможно. Сейчас население планеты в четыре раза больше чем было в середине XIX в., а уровень энергопотребления за это время вырос почти в 10 раз. Величайшим достижением XX в. является цивилизованный способ перераспределения запасов топлива в больших масштабах между странами мира путем сооружения межконтинентальных трубопроводных систем. Международная торговля нефтью и газом получила широкий размах и существенно улучшила качество жизни людей. Во всем этом огромная заслуга советской, российской энергетики – важнейшей части экономики мира.

Урок второй. Проводившаяся на протяжении XX в. концепция взаимоотношений промышленной и социальной деятельности человека с природной средой в основе своей была порочной. Она исходила из ничем необоснованного и крайне опасного эгоцентрического тезиса о том, что человек вправе переделывать природу как ему представляется удобным. На практике бесконтрольная реализация этого тезиса привела среду жизни и деятельности человека вплотную к глобальной катастрофе. Нужна новая натурфилософская концепция взаимодействия энергетики с природной средой.

Урок третий. В конце 80-х годов прошлого столетия советская энергетика, и в частности газовые и нефтяные отрасли ТЭК, достигнув высокого уровня развития, вышли на передовые позиции в мире. Однако проведенная на рубеже 1980-1990-х годов глубоко ошибочная экономическая реформа существенно и на многие годы подорвала материально-сырьевую, научно-техническую и духовную базу энергетики.

Урок четвертый. Критика старых устоев и ошибок – это важные условия прогресса. Но когда, увлекаясь властью и эмоциями, человек-политик стремится воссоздать новое путем замены органических законов, своими отвлеченными амбициями и требованиями, тогда вместо того чтобы быть силой созидательной и прогрессивной, он становится началом разрушительным, «революционным». Человек-политик в стремлении вперед не должен отрываться от жизненных корней. Он должен учитывать опыт предшественников – творцов ценностей и тогда он станет силой созидательной и прогрессивной.

Урок пятый. В России и в ряде других стран разрыв между этическими задачами и реальным поведением человека достигли гигантских размеров. Неэффективное использование и потери энергии во всех сферах жизни людей приняли

[1] Грант Джаваншерович Маргулов – президент Ассоциации ученых и специалистов в сфере энергетики «Энергетика и гражданское общество», к.т.н., *e-mail:* cspes@mail.ru

чудовищные масштабы. Энергозатратный образ жизни людей стал нормой поведения. Большинство людей не знают, какие глобальные опасности и риски их ожидают, не знают цену предстоящего переустройства, свои обязанности и ответственность перед обществом.

Урок шестой. В современном мире большинство проблем стоящих перед энергетикой имеют в первую очередь мировоззренческий, нравственный характер. Все беды в энергетике происходят главным образом от пассивного отношения самого человека к своей собственной судьбе и обществу в целом. В центре проблемы должен стоять человек – потребитель энергии, его роль, обязанность и ответственность. В своем стремлении жить лучше человек должен всегда жить по законам природы. Не бывает не только жизненных, но и социально-политических результатов без четко сформулированной энергетической доктрины, отвечающей требованиям времени и поддерживаемой здоровыми силами общества. В каждую эпоху надо честно оценить прошлое и настоящее энергетики, чтобы изменить ее будущее.

Урок седьмой. Надо признать, что система «энергетика – экономика – природа – человек» взаимоувязана и неразделима. Стандартно-традиционные, узконациональные и ведомственные методы и формы управления энергоресурсами необходимо изменить. В основу развития должна быть положена концептуальная схема, построенная на принципах динамично сбалансированного развития системы «энергетика – экономика – природа – общество». Приоритеты смежных отраслей промышленности и социального развития должны пронизывать проблемы топливно-энергетического комплекса и способствовать большей гуманизации целей и задач энергетической политики. Чрезвычайно важно сосредоточить людские, материальные и интеллектуальные ресурсы на комплексную реализацию особо важных **базовых инноваций**.

Урок восьмой. Борьба за энергетические услуги по приемлемым ценам, перевод производительных сил общества на новый научный путь развития за счет новых энерго-эколого-экономических методов и форм управления, грядущий технологический переворот с использованием новой энергетики планеты и новых энергетических материалов привели к мощной активизации широких слоев общества. Многочисленные общественные объединения ученых, молодежи, студентов и профессионалов стремятся принять участие в процессе формирования новой энергетической базы страны. Общественное мнение становится реальной созидательной и производительной силой гражданского общества.

Урок девятый. Опыт Европейской энергетической хартии, бесспорно, был полезным фактором развития мировой энергетики. Однако при всей важности этого документа он устарел и уже не может способствовать укреплению мировой энергетической базы и формированию устойчивого поля правил, которые должны соблюдать все заинтересованные страны мира. Нужен ***новый энергетический миропорядок – как альтернатива Европейской энергетической хартии.***

Урок десятый. Ключевой тенденцией устойчивого развития энергетики становится безвозвратный уход в прошлое действующей на протяжении многих десятилетий энергозатратной модели развития и антигуманной концепции взаимоотношений промышленной и социальной деятельности человека с природной средой. На смену пришла Единая энерго-эколого-экономически эффективная система общественного воспроизводства – **народная энергетика.**

На конференции ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро (1992 г.), был сделан вывод о том, что *«человечество переживает решающий момент своей истории», «…промышленное развитие во всем мире шло без должного учета исчерпаемости многих видов невозобновляемых ресурсов и понимания того обстоятельства, что восстановительные способности живой природы не беспредельны».* Пожалуй, впервые на этом международном саммите прозвучал призыв к лидерам государств серьезно заниматься проблемам устойчивого развития и объединить усилия мирового сообщества в этом направлении.

Подчеркнем, что здесь речь вовсе не идет об исчерпании энергоресурсов или чрезмерно возросшем техническом прогрессе, превратившемся в средство разрушения. Нет, конечно, энергия нашей планеты неисчерпаема, а технический прогресс, как продукт умственного развития человека, остановить невозможно. Противоречие

это, как думается, более глубинное и связано с самой природой человека, который не может пока осознать себя как уникальное духовное явление и в своем стремлении жить лучше не всегда живет по законам природы.

Суть проблемы состоит в том, что нравственные и психологические аспекты бережного отношения людей к ресурсам и природе, возможности использования огромного потенциала чистой энергии планеты явно были отодвинуты на второй план. В итоге энергозатратный стиль жизни людей, особенно промышленно развитых стран, принял трудно управляемый характер и пока еще не удается сколько-нибудь существенно его сократить. После развала советской энергетики с новой силой дают о себе знать национальные, исторические, культурные и кадровые проблемы. Возрастает разрыв между этическими задачами и реальным поведением человека. Переживаемый сейчас в ряде регионов мира энергетический кризис и бедствия, принявшие чудовищный характер, – это не случайность и не временное явление, а вполне закономерный итог постоянного игнорирования ключевых проблем энергетики.

Кризис в основе своей носит нравственно-психологический характер. Он обусловлен разрывом естественных связей «энергетика – экономика – экосистема – человек», приведшим к формированию системы жесткого противостояния человека к окружающей среде и энергозатратному стилю жизни людей. Нынешние нравственные устои людей явно недостаточны для сдерживания роста амбиций. Неиспользованный технологический потенциал энергосбережения и холостое неэффективное сжигание энергии в России достигло почти половины общего энергопотребления. Нельзя больше использовать энергию и управлять энергоресурсами так расточительно и антигуманно, как это мы привыкли делать на протяжении почти всего XX столетия.

После почти полувекового стремительного роста мировой экономики начался глобальный финансовый кризис. Сегодня мир потрясают новые, сложнопереплетенные проблемы энергетического, экологического, социально-экономического и политического характера. По мнению многих ведущих ученых, новая реальность подтверждает самые мрачные ожидания. Возможна новая волна кризиса, новые экономические потрясения и существенная коррекция векторов интересов ведущих держав – от политики давления и принуждения до политики формирования гармоничного мира. Кризис обнажил внутренние и внешние стороны многих отраслей экономики и энергетической прежде всего.

Ряд исследователей считают, что корень проблемы глобального экономического кризиса надо искать в США, где многие десятилетия процветала отмена ограничений для финансовых спекулянтов, беспрецедентная кредитная экспансия и жизнь людей в долг. Такой образ жизни всячески навязывался многим странам мира, в том числе и России. С этими утверждениями нельзя не согласиться. Но, правда и то, что бездумная реформа советской экономики в конце 1980-х годов, «крутое» падение энергетической базы не могло не способствовать серьезным осложнениям базовых факторов устойчивого развития мировой экономики и качества жизни людей.

Стало ясно, что:

- безудержное и бессистемное стимулирование спроса на энергию органического происхождения, особенно в развитых странах, привело к энергозатратному образу жизни, росту инфляции, спаду производства, дегуманизации отношения людей к ресурсам, природе и, в конечном счете, к нравственной и духовной деградации общества;
- энергетика, всегда являющаяся материальной и духовной основой прогресса, превратилась в свою противоположность и стала питательной средой политической и социально-экономической нестабильности в мире, тормозом духовного и нравственного прогресса человеческой цивилизации;
- мир находится в состоянии «холодной войны», которая может перейти к войне «горячей». Нужна существенная коррекция векторов интересов ведущих держав: от политики давления и принуждения к политике гармоничного мира с международной специализацией и кооперации-

ей труда, обеспечивающих справедливое распределительное отношение как внутри страны, так и между странами;

- бессмысленно и очень опасно и дальше стремиться к росту прямого неэффективного сжигания ископаемого топлива на «руинах» природы.

Такой дисбаланс развития рано или поздно должен был привести к спаду экономики, нравственной и духовной деградации общества и как следствие – к обвалу всей мировой финансовой и экономической системы. Не признавать все это, значит, – уйти от решения кардинальных проблем выхода из кризиса. Итак, традиционная модель количественного развития энергетики исчерпала себя. Повторение ее может привести к разрушению природы, расхищению ресурсов, дегуманизации общества, обеднению духовного мира.

В создавшейся ситуации во весь рост встал вопрос – что надо предпринять, и в частности в энергетике, чтобы выйти из кризиса и обеспечить устойчивое развитие экономики на долгосрочный период?

Ответ на этот вопрос однозначен – необходимо осознать, признать и настоятельно разъяснять, что нужна новая энергетическая доктрина, обеспечивающая поэтапный перевод энергетики на высшую ступень энергетической, экологической, материальной и духовной культуры – энерго-эколого-эффективную модель развития.

Под высшей ступенью энергетической, экологической, материальной и духовной культуры развития энергетики понимается такая общественно-государственная система управления энергетическим сектором, охватывающая все стадии от разведки, добычи, транспорта и преобразования энергоресурсов, до их использования, учета общественного мнения и согласованных действий власти, бизнеса и гражданского общества, при которой обеспечивается баланс требований дальнейшего прогресса экономики, рост качества жизни людей, соблюдение интересов нынешнего и будущего поколений, сохранение природы, надежное и эффективное использование ресурсного потенциала, надежность и безопасность функционирования энергетических потоков в рамках всемирного энергетического хозяйства.

Необходимо особо отметить, что формирование гармоничной модели мироустройства возможно путем интеграции знания и опыта по общественно-государственному устройству, в которой энергетика, общество и государство должны взаимодействовать в согласии с законами всеобщего развития и диалектики. При этом в своем стремлении жить лучше человек должен найти пути мирного сосуществования с природой и осознать, что экономия и бережное отношение к ресурсам – самый дешевый и практичный источник энергии, что сейчас, как никогда ранее, энергосбережение, инновацию и гуманизацию системы связи «энергетика – экономика – экология – человек» надо рассматривать как главную антикризисную силу устойчивого развития общества и составную часть его социально-экономической среды.

Иными словами, нужна ***новая энергетическая политика (НЭП)*** *– манифест диалектического развития энергетики, суть которой состоит в переходе от законов «количественного революционного» развития к высшей ступени энергетической, экологической, материальной и духовной культуры, – равновесному ресурсо-природопользованию с инновационной системой развития.*

Человек должен осознать себя как уникальное духовное явление и в своем стремлении жить лучше должен всегда жить по законам природы. К этому можно лишь добавить, что не бывает не только жизненных, но и социально-политических результатов без четко сформулированной энергетической доктрины, отвечающей требованиям времени и поддерживаемой здоровыми силами общества. В каждую эпоху надо честно и откровенно оценивать прошлое и настоящее энергетики, чтобы изменить ее будущее.

Философия новой энергетической политики состоит в осознании формулы, что в современном мире все беды в энергетике происходят не столько от недостатка ресурсов или технических средств, а главным образом от их расточительного использования, пассивного отношения самого человека к своей судьбе и обществу в целом. В центре проблемы должен стоять человек – потребитель энергии.

Генеральной идеей НЭП является признание, что «энергетика – экономика – природа – чело-

век» – взаимосвязаны и неразделимы. Стандартно-традиционные, узконациональные и ведомственные методы и формы управления энергоресурсами должны быть изменены. В основу развития должна быть положена концептуальная схема, построенная на принципах динамично сбалансированного развития системы «энергетика – экономика – природа – общество». Приоритеты смежных отраслей промышленности и социального развития должны пронизывать проблемы топливно-энергетического комплекса и способствовать большей гуманизации целей и задач энергетической политики. В условиях кризиса чрезвычайно важно решительно отказаться от множества второстепенных программ и сосредоточить людские, материальные и интеллектуальные ресурсы на реализацию особо важных базовых инноваций.

Базовые инновации – это глобальные долгосрочные нововведения, комплексные системные программы, которые обеспечивают формирование новых направлений развития, качественные изменения традиционных технологических систем, формирование новых источников энергии, отраслей производства и правовых основ для их реализации. Такие инновации могут иметь национальный и международный характер. Они требуют длительного периода времени, новых подходов и формирования комплексной инфраструктуры и должны осуществляться поэтапно, обеспечивая, таким образом, непрерывный переход от одного состояния энергетики – экономики – общества в другое, более эффективное. На каждом этапе новое поколение, вооруженное опытом предшественников, новейшими знаниями и идеями, будут решать конкретные задачи, которые ставит жизнь. В этом смысле проблема реализации базовых инноваций является проблемой отношений между поколениями.

Стратегические цели НЭП созвучны духу и идеям Декларации Рио и Повестки дня на XXI в., провозгласившим принципы устойчивого развития общества. В основу ее положена концептуальная схема, построенная на принципах динамично сбалансированного развития системы «энергетика – экономика – природа – общество». Высшая ее цель должна обеспечиваться при постоянном снижении энергоемкости глобального внутреннего валового продукта (ВВП). Имеется ввиду создать условия, чтобы в каждом звене этой цепи и системе в целом эффективно использовались несколько базисных факторов развития одновременно – труд, капитал, энергия, энергосбережение и собственное «энергетическое богатство» самого человека.

Новая Национальная энергетическая доктрина по своей сути не приемлет узковедомственного отраслевого подхода к решению проблем. Она исходит из того, что экономический эффект развития энергетики определяется не столько количественным ростом ее отдельных отраслей, сколько воздействием слагаемых конечной энергии на технологическую структуру экономики в целом, научно-технический прогресс, рост производительности труда и качество жизни человека.

Формирование краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных планов развития должно осуществляться на основе системного анализа характера текущего периода, учета тенденции изменений базисных факторов развития и своевременной смены энергетических приоритетов. Энергетические приоритеты – это конкретные этапы развития, которые во времени будут меняться.

Нет надобности доказывать, что экологическое благополучие является важнейшим элементом повышения качества жизни людей. Намного сложнее найти ответы на многочисленные вопросы. Как сохранить здоровую окружающую среду при одновременном обеспечении роста экономики и благополучия людей? Можно ли сократить рост населения? Можно ли ограничить экономический рост, не сдерживая повышения благосостояния? Можно ли рассматривать услуги, представляемые нам природой, как элемент благосостояния? Могут ли экологически чистые и энергосберегающие технологии полностью решить эту проблему? Все эти вопросы являются предметом пристального внимания научного сообщества. Надо исходить из твердого убеждения – остановить рост населения нашей планеты и экономический рост нельзя. Надо идти по пути мирного сосуществования человека и природы. Об этом подробно говорится в работах известного ученого А.С. Астахова.

Интеграционная политика новой доктрины в области энергетики основывается на трех базовых положениях.

1. От интеграционной активности России, где сосредоточены основные мировые запасы ископаемого топлива, огромный научно-технический и интеллектуальный потенциал, а также в силу ее геополитического положения и опыта создания межконтинентальных энергопотоков во многом будет зависеть перевод мировой, и прежде всего российской, энергетики в новое русло эколого-энергоэффективного развития.

2. Предполагается, что в ближайшие десятилетие, во-первых, российские энергоресурсы станут мощным «защитным» фактором стабилизации мирового энергетического рынка, и что этот период будет ознаменован формированием Единой Евразийско-Тихоокеанской системы нефтегазоснабжения, нефтегазохимии и электроснабжения, в которой ЕСГ, равно как и ЕЭС России, должны занять ведущее положение, и, во-вторых, что уже сформировавшаяся в конце XX в. в этих огромных регионах мира единая энерго-эколого-экономическая система общественного воспроизводства примет качественно новый устойчивый характер. Во взаимосвязи этих подсистем и самого общества должны проходить интеграционные процессы.

3. Осознание и признание того, что дезинтеграция энергетических связей стран бывщего СССР явилась одной из главных и самостоятельных причин резкого спада производства и тормозом экономических реформ во всех странах СНГ, как избыточных, так и дефицитных по энергоресурсам, и что магистральный путь вхождения каждой страны в мировой энергетический рынок проходит через формирование устойчивого энергетического пространства стран СНГ. В этом заинтересованы не только Россия, но и все страны бывшего СССР.

Очень важно отметить, что люди мира судорожно ищут объяснения всему тому, что происходит в энергетике и обществе – где путь выхода из тупика?! Путь спасения есть, и возможно следующий: прежде всего надо как можно с меньшими потерями выйти из мировоззренческих и идеологических дебрей. Надо кардинально повысить роль, обязанности и ответственность самого человека за свою судьбу и судьбу общества. Надо отказаться от энергозатратного образа жизни. Энергетическая политика должна быть понятной тем, кто ее повседневно реализует. Новые условия требуют кардинального поворота во взаимоотношениях власти и общества.

Путь этот труден, он не приводит к мгновенным результатам. На этом пути демократия и гуманизация экономики непременно должны присутствовать как некий идеал, как общественно-государственное движение за повышение качества жизни людей, но не как средство установления диктата бюрократизации и технократического планирования.

Демократизация и гуманизация энергетики – это система механизмов развития связи «власть – энергетика – экономика – природа – общество», способствующая формированию народной энергетической политики и открытого общества с устойчивым развитием на базе высокоэффективного использования энергоресурсов. В центре этого процесса должен стоять человек – потребитель энергии, его роль, обязанности и ответственность за свою судьбу и судьбу общества. Высшая цель – демократизация и гуманизация энергетики – переход от технократической закрытой системы к демократической открытой – народной энергетической политике.

Народная энергетическая политика предполагает не только предоставление человеку и обществу в целом в лице общественных организаций, политических партий и движений, права высказывать свое мнение по вопросам развития энергетики, но и принимать участие в процессе формирования энергетической политики, согласовании принципов и норм управления энергоресурсами в рамках своих прав, обязанностей и ответственности и иметь право выбора форм энергообеспечения. Для этого необходимо:

1. Активизировать взаимодействие властей и общества при принятии решений на основе партнерских отношений.

2. Усовершенствовать систему просвещения, образования, подготовки кадров и информационного обеспечения населения.

3. Создать соответствующую правовую базу и экономические механизмы для реализации новых отношений.

Речь, по существу, идет о переустройстве всей энергетической базы и формировании но-

вых мировоззренческих ориентиров. Естественно, что целевые задачи и сроки их реализации во времени будут уточняться и, таким образом, будет осуществляться непрерывный переход от одного состояния энергетики к другому, более эффективному. На каждом этапе новое поколение, вооруженное опытом предшественников, новейшими идеями и знаниями управления ресурсами, будет решать конкретные задачи, которые ставит жизнь.

На всех этапах развития энергетики очень важно, чтобы:

- Выбор приоритетов развития энергетики стал общенародным делом. Ожидаемые результаты должны дойти до каждого человека.
- Центр тяжести управления энергоресурсами и практических действий были бы переведены от изжившего себя традиционного подхода в область реальной консолидации власти, бизнеса и гражданского общества. Приобщение интеллектуального и делового потенциала всех здоровых сил общества к процессу формирования энергетической политики. Нужно единство действий власти и гражданского общества в достижении высшей цели – перехода от технократической закрытой системы к открытой энергоэффективной политике.
- Осуществить поэтапную смену этических норм отношения человека к ресурсам и природе. Должен быть реализован ряд программ нравственно-психологического характера и обеспечения населения достоверной информацией о состоянии и проблемах развития энергетики. Постоянно разъяснять населению его роль, обязанности и ответственность в формировании устойчивой энергетики и общества.
- В учебные программы школ были бы заложены основы понимания взаимосвязи энергетики с жизнью человека во всех ее проявлениях.
- Разработаны курсы, учебные и специальные программы для студентов и аспирантов, дающие более углубленные познания взаимодействия системы связей «энергетика – экономика – природа – общество».
- Обеспечить ускорение процесса обучения людей и приобщения их к самым последним достижениям информационных технологий, преобразующим формы досуга людей и организацию их общения, обеспечивая большую экономию энергии в личной жизни и обществе в целом.
- Поощрялись все социальные группы общества к подготовке кадров в области устойчивого развития энергетики.
- Широко использовались средства массовой информации, рекламная индустрия для распространения прогрессивных форм и методов управления энергетикой и активного участия населения в обсуждении проблем устойчивой энергетики и общества.
- Обеспечить широкое вовлечение молодежи в движение «За устойчивую энергетику» и участие молодежных, общественных организаций, женщин и представителей малочисленных народов в международных, всероссийских совещаниях, а также в принятии и реализации решений.
- Обеспечить обмен информацией, идеями и опытом на национальном и международном уровнях с использованием интернета.
- Практиковать проведение всероссийских открытых конкурсов на темы – «Демократизация управления энергоресурсами», «Устойчивая энергетика – информация и коммуникации», «Устойчивая энергетика и право», «Новые источники энергии», «Поддержка населения и молодежи в прекращении «грязных» производств», «Ученые и студенчество – за экологоэнергоэффективные технологии».
- Обеспечить все условия для развития личности, активизации инициативы граждан, повышения их роли и заинтересованности на деле участвовать в разработке и реализации энергетической стратегии – поощрение общественно-полезных программ, инициативных предложений и идей отдельных ученых и граждан.

Демократизация и гуманизация энергетики – процесс перманентный и многогранный. Для достижения цели нужна общественно-го-

сударственная целевая программа действий. Учитывая новизну и системный характер проблемы, многообразие идей и позиций, необходимо предусмотреть поэтапный подход.

На первом этапе основными материалами, определяющими направления программы являются идеи и предложения, изложенные в Энергетической стратегии России, проектах и научных трудах. Поскольку научные труды и проработки осуществлялись на базе современных представлений многих ученых мира и международных организаций об энергетике настоящего и будущего, ограничение выбора базовых материалов для разработки первого этапа программы позволит не распыляться и сконцентрировать внимание на основных идеях.

Общественно-государственная целевая программа **«Демократизация и гуманизация энергетики»** включает в себя три взаимоувязанных подпрограммы.

Первая подпрограмма – меры государственной поддержки – предусматривает реализацию следующих мероприятий:

- рекомендаций органам исполнительной власти субъектов РФ содействовать расширению на местах сети общественных центров для разъяснения населению основных положений проекта «Демократизация и гуманизация энергетики»;
- рекомендаций соответствующим министерствам и государственным институтам оказать содействие общественным организациям в формировании научных коллективов для разработки научно-общественной основы Программы демократизации и гуманизации устойчивого развития энергетики на долговременный период;
- содействие в создании общественно-государственного научно-технического совета по координации общественных проектов и обеспечению обратной связи с государственными органами управления;
- государственная поддержка, участие в проведении крупных международных форумов по проблеме «Энергетика и общество» и финансирование особо важных программ.

Вторая подпрограмма – информационное обеспечение – предусматривает реализацию следующих мероприятий:

- обеспечение эффективного многостороннего информатизационного взаимодействия с общественными объединениями, научными центрами и государственными институтами на основе использования современных сетевых технологий;
- подготовка и распространение среди населения пакетов информационно-образовательных материалов (лекции, памятки, плакаты, буклеты, фильмы, справочные материалы и др.) по разъяснению основных положений Энергетической стратегии России, демократизации энергетики, эффективному использованию энергии и другим аспектам перехода на модель устойчивого развития;
- организация постоянной рубрики «Энергетика и общество» на телевидении, радиовещании и в печати с привлечением специалистов, крупных ученых, экономистов, представителей государственных органов для освещения ключевых проблем демократизации общества, сосуществования человека и природы, обеспечения устойчивого развития энергетической базы и других основ прогресса и цивилизации общества;
- создание технически оснащенных общественных центров в странах Содружества и других экономических регионах России с общей задачей распространения информации и вовлечения, во взаимодействии с местными органами власти, широких слоев общества в процесс формирования энергетической политики, активизации инициативы граждан и ее поддержки;
- разработка и реализация системы консультативно-правовой помощи энергетическим компаниям, предприятиям и общественным организациям по вопросам экономической реформы и критериям эффективного развития энергетики;

Третья подпрограмма – международные контакты – предусматривает реализацию следующих мероприятий:

– постоянные деловые встречи с представителями международных общественных объединений, союзов и ассоциаций, занимающихся проблемами энергетики по актуальным вопросам развития мировой энергетики и координации работ;
– консультативные совещания с участием представителей российских общественных объединений, занимающихся проблемами экологии и энергоэффективности в целях координации работ;
– Международные форумы «Энергетика и гражданское общество»;
– Мировой конгресс «Демократизация и гуманизация энергетики магистральный путь устойчивого развития общества» и др.

Предлагаемая программа первого этапа проекта в определенной мере будет носить постоянный характер, и по мере накопления новых знаний будет уточняться и дополняться, становясь, таким образом, как бы энергетическим ориентиром достижения стратегической цели проекта – *курс на демократизацию и гуманизацию системы «власть – энергетика – экономика – природа – общество».*

Важнейшая задача – финансирование перемен в энергетике. Финансирование перемен потребует значительных капитальных и материальных средств. Определить величину этих затрат сейчас не представляется возможным. Они будут уточняться по мере разработки соответствующих программ и проектов. Ясно одно – ожидаемые бедствия значительно перевесят затраты, связанные с предлагаемыми переменами.

Государственные чиновники, элита и лица, которым доверено принимать решения, несмотря на огромные внутрихозяйственные неиспользованные резервы, расточительное и антигуманное отношение людей к ресурсам и природе, испытывая дефицит финансовых ресурсов, отдают предпочтение текущей политике латания дыр. Решение задач стратегического характера переносится на неопределенное время.

В современной России решение проблем финансирования перемен надо искать на путях решительного поворота экономики на энергоэкологоэффективное развитие, на путях резкого сокращения издержек производства, всякого рода посредничества, вовлечение в хозяйственный оборот простаивающих производственных мощностей, сокращения государственных затрат и повышения производительности труда. Как показывают расчеты, финансовые резервы энергоэкологоэффективного развития российской экономики и рационализации энергопотребления очень велики.

Эколого-энергоэффективный альянс с властью, гражданским обществом, наукой и промышленностью с задачами радикального (в 3-4 раза) снижения энергоемкости экономики нужно рассматривать и как мощный источник капитализации российского финансового рынка, способного взять на себя заметную долю кредитования как краткосрочных проектов, так и проектов будущего.

Курс на эколого-энергофективность, рост производительности труда, повышение отдачи производственных фондов, снижение издержек производства должен быть взят везде, начиная от скважины, угольной шахты, электростанции и до потребления энергии, в сфере науки, торговли, информации, образования, просвещения и отношения людей к ресурсам и природе.

Во весь рост встал вопрос о реформе и переориентации финансовых потоков в пользу преимущественного финансирования перемен. Основная часть финансирования программы должна обеспечиваться за счет:

✓ льготных кредитов, представляемых банками и финансовыми посредниками;
✓ налоговых и финансовых льгот для производителей и потребителей новых видов энергии (низкие тарифы на основное оборудование, освобождение от всех местных налогов и др.);
✓ финансовой поддержки Всемирного банка, Европейской комиссии, Европейского инвестиционного банка, Азиатского банка развития, ЮНЕСКО и других международных организаций по линии оказания России технического содействия, передачи новых технологий, инвестиционной поддержки и финансовой помощи в области разработки технологий и проектов расширения использования возобновляемых и новых видов энергии;

- ✓ части Стабилизационного фонда;
- ✓ доходов от ренты при комплексном освоении минеральных источников энергии Восточной Сибири, Дальнего Востока и шельфовых залежей морей;
- ✓ доходов от реализации проекта «Рационализация энергопотребления и эколого-энергоэффективности».

Особую роль в реализации инновационных проектов и технологий должны сыграть общественные и некоммерческие организации. Находясь в огромном рыночном поле и тесном деловом контакте с производством, малый и средний бизнес, общественные некоммерческие организации, обладающие реальным интеллектуальным ресурсом, при определенных условиях и гарантиях со стороны государства, могли бы внести существенный вклад в повышение эффективности и устойчивого развития экономики.

Только в России уже сейчас действуют более 500 тыс. общественных некоммерческих организаций. И это только начало большого пути. Они, так или иначе, работают в таких приоритетных направлениях научно-технического и социально-экономического развития, как: природные ресурсы, энергетика, экология, высокие технологии, новые материалы, транспорт, информатизация, просвещение, право и др. Исследования показывают, что в указанных отраслях экономики неиспользованные производственные и финансовые резервы особенно велики. Решение здесь надо искать на путях, прежде всего:

- модернизации действующих производственных фондов;
- резкого сокращения издержек производства;
- вовлечения в хозяйственный оборот простаивающих мощностей;
- рационализации использования ресурсного потенциала, энергосбережения и снижения энергоемкости производства;
- роста производительности труда во всех сферах деятельности и т.д.

Основной мощный источник финансирования перемен – доход с капитала за использование природно-ресурсного потенциала страны (рента). Этот доход является национальным достоянием российского народа и должен быть использован обществом в реальном секторе экономики и, в том числе, для реализации программ устойчивого развития в интересах настоящего и будущих поколений. Доля дохода, получаемого от использования всего природно-ресурсного потенциала страны, сейчас превышает 70% от всего дохода. Большая его часть приходится на ТЭК.

Необходимо максимально эффективно использовать доходы от ренты при комплексном освоении минеральных и нетрадиционных источников энергии Восточной Сибири, Дальнего Востока и шельфовых зон морей. Эта многомиллиардная и долгосрочная программа создания качественно нового ТЭК России XXI в. могла бы стать мощным источником финансирования общенациональных программ устойчивого развития России.

Ассоциация ученых и специалистов в сфере энергетики «Энергетика и гражданское общество» подготовила и направила в Правительство РФ базовые положения и свое видение первого этапа Программы новой энергетической политики (на период до 2030 г.) **Национальный мегапроект России – XXI век**: **«Энергосбережение плюс возобновляемая энергия и природный газ – приоритетный источник ускорения новой индустриализации России, роста качества экономики и экологической безопасности».**

Высшая цель Национального мегапроекта России – XXI век – осуществить на базе углеводородных богатств России, и прежде всего Восточной Сибири и Дальнего Востока, опережающее использование природного газа-метана и «чистой» энергии со стратегическими задачами:

- «локомотива» новой ускоренной индустриализации экономики России с расширением инновационных наукоемких отраслей промышленности;
- обеспечения основного прироста энергопотребления на долгосрочный период;
- существенное устранение противоречий между социальными требованиями и потреблением энергии;
- оздоровление среды обитания людей;
- подготовки базовых элементов к переходу в будущем к преимущественно безугле-

родной энергетической системе – высшей ступени энергетической, материальной и духовной культуры.

Предполагается, что ускоренное развитие Восточной Сибири и Дальнего Востока России будет способствовать экономическому росту не только в Российской Федерации, но и во всех участвующих в реализации проекта странах мира. Реализация проекта освоения данного региона «прорубит окно» в Азиатско-Тихоокеанский регион – страны, богатые природными, трудовыми, инвестиционными ресурсами, современными технологиями и даст мощный импульс развитию стран АТЭС. Масштабное развитие региона позволит дать работу гражданам России и всем заинтересованным в реализации этого проекта стран мира. Здесь возникнут новые сферы приложения капитала, ресурсов, технологий, рабочей силы и интеллекта. Все страны АТЭС, а также и другие страны мира будут иметь возможность на взаимовыгодной основе использовать свои интеллектуальные и материальные ресурсы для развития Востока России на самом современном технологическом уровне и превратить это огромное пространство в регион мира и благополучия населяющих его народов.

На первом этапе должна измениться диспропорция долей органических видов топлива в структуре производства и потребления энергоресурсов с тенденциями роста доли природного газа-метана, «чистой» энергии и энергосбережения как нового источника энергии. Нефть и уголь по мере экономической и экологической доступности также будут развиваться главным образом для поддержания высокого достигнутого уровня добычи на разрабатываемых месторождениях.

При всех вариантах развития на этом этапе *природный газ должен взять на себя лидирующую миссию обеспечения ожидаемого прироста производства энергоресурсов*, чтобы существенно снизить напряженность получения жидкого топлива для нужд промышленности, электроэнергетики, транспорта и быта людей при одновременном улучшении экологической обстановки. В это время должны возрасти возобновляемые и «чистые» виды энергии. Взаимодействие природного газа и энергосбережения должно способствовать интенсификации снижения энергоемкости экономики.

Решающим условием первого этапа развития является формирование в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке новой энергетической базы российской экономики с крупномасштабным производством природного газа-метана, новой газохимической и нефтехимической индустрии с центром доходов на территории России. К 2030 г. в этом регионе, для компенсации естественного снижения производства природного газа-метана на разрабатываемых старых газоносных площадях, мощности по добыче газа должны быть доведены до 250-270 млрд м^3 и построены первые перерабатывающие центры с производством нефтехимической продукции в объеме 4-5 млн т, а также газохимической продукции порядка 9-10 млн т в год.

Важной особенностью первого этапа является перемещение центра массового прироста энергопотребления в Азиатско-Тихоокеанский регион. Политическая борьба за энергетический рынок еще более осложнится. Коммуникационные и экспортные коридоры должны быть существенно расширены. Должна быть повышена экономическая заинтересованность, трудовая занятость и активность населения Восточной Сибири и Дальнего Востока, в том числе путем первоочередного развития инфраструктуры, газификации и электрификации промышленных и социально-бытовых объектов этих регионов.

К концу первого этапа надо ожидать, что совокупная доля «чистых» возобновляемых новых видов энергии, и особенно ископаемых, прошедших комплексную переработку, качественно возрастет. В это время должна быть создана надежно функционирующая система взаимодействия ЕЭС и «индивидуальная энергетика», как энергетическая база нового информационно-ориентированного образа жизни населения, представителей малого и среднего бизнеса. Уже к середине первого этапа возможно начнется широкомасштабное объединение энергосистем ряда стран.

Стратегической задачей первого этапа развития является выигрыш во времени 20-25 лет, чтобы за этот период перевести часть нетрадиционных ресурсов метана в реальные коммерческие запасы и осуществить кардинальные меры по

недопущению резкого спада производства нефти, угля и стабилизации их на экономически приемлемом уровне, пока не будут найдены новые источники энергии, способные в конкурентной борьбе обеспечить плавный переход топливной базы на качественно новую структуру. Важнейшей задачей на этом этапе является повышение надежности производства энергии атома.

На втором этапе (2030-2050 гг.) природный газ-метан может взять на себя основную тяжесть обеспечения ожидаемого прироста энергопотребления и потребность экспорта. К этому времени добыча и производство всех видов природного газа-метана в целом по России должна увеличиться с 641 млрд м^3 в 2005 г. до 1200-1250 млрд м^3 в 2050 году. С учетом естественного снижения уровня добычи газа в старых районах, абсолютный прирост добычи газа ожидается в районах Восточной Сибири и Дальнего Востока, где мощности по добыче природного газа-метана должны возрасти до 400-420 млрд м^3 в год. Важнейшим требованием достижения указанной цели является увеличение на Востоке страны буровых и строительно-монтажных работ в 3-4 раза и опережающее развитие инфраструктуры, газификации и электрификации восточных регионов. Нефть и уголь по мере экономической и экологической доступности также будут развиваться, но в умеренных объемах. Главной задачей здесь является сохранение достигнутого высокого уровня производства нефти и угля. Неорганические, возобновляемые источники, включая атомную энергию, в сумме возрастут с 60 млн т н.э. в 2005 г. до 200-220 млн т н.э. в 2050 г., то есть почти в 3,5 раза. Все это вместе с опережающим использованием природного газа и энергосбережением будет способствовать интенсификации процесса кардинального снижения энергоемкости ВВП более чем в 2 раза.

К концу первой половины текущего столетия суммарная доля природного газа-метана во всех его модификациях плюс энергия атома и новые возобновляемые источники энергии могут занять лидирующее положение в структуре производства и потребления энергии и составят порядка 60-65%. Важнейшим условием эффективного и устойчивого развития этих направлений энергетики является ресурсно-технологическое, финансовое и управленческое их взаимодействие.

Стратегической задачей второго этапа является формирование мощной самостоятельной отрасли энергосбережение плюс «чистая» энергия и подготовка новой ресурсно-технологической базы угольной промышленности, атомной энергетики для поэтапного перехода от метановой к водородной энергетике, новой «угольной волне» и «второй ядерной эре».

Сегодня «чистая» энергия, экономия и бережное отношение к энергоресурсам – в конечном счете самый дешевый и надежный источник энергии. Ее надо рассматривать как мощную движущую силу эволюции устойчивого развития общества, как составную часть его социально-экономической среды, как активный феномен и средство ускорения новой индустриализации России с расширением наукоемких отраслей экономики.

Уже сейчас ряд стран мира, несмотря на финансовые и технологические сложности, активно двигаются в сторону приоритетного развития «чистой» энергетики. В России, несмотря на огромные ресурсные и интеллектуальные возможности, эти работы проводятся медленно и бессистемно. Бессмысленно и даже опасно откладывать разработку предлагаемого Национального мегапроекта России на поздние времена со ссылкой на всякого рода санкции, дефицит инвестиций и т.д. Эти трудности естественны. Так было в 60-е и в начале 70-х годов прошлого века в период 5-го технологического уклада. И, тем не менее, было обеспечено строительство крупнейшего в мире тюменского нефтегазового комплекса, создана Западно-Сибирская газовая индустрия с межконтинентальными газотранспортными системами, Среднеазиатский газовый комплекс, Оренбургско-Астраханский газохимический комплекс и др. Все эти трудности были преодолены благодаря своевременному принятию решительных и системных мер.

Ресурсно-технологической основой Национального мегапроекта России – XXI век является мощный и надежный триединый энергоэколого и экономически эффективный источник энергии – энергосбережение, ВИЭ и природный газ-метан, который может обеспечить устойчи-

вое развитие экономики в условиях перехода к новому технологическому укладу с масштабными инвестициями в пользу ускорения новой индустриализации России, с расширением перерабатывающих производств, новых наукоемких отраслей экономики, новой мощной газохимической индустрии, и прежде всего на Востоке России, с производством конструкционных пластмасс, синтетических и других прогрессивных материалов. Сегодня восстановление и ускоренное развитие российской химической промышленности и, в частности, показатель доли пластмасс в структуре конструкционных материалов является одним из индикаторов степени развития экономики. Без прогрессивных химических материалов не могут достаточно эффективно осуществляться структурные сдвиги в экономике страны.

Массовое развитие ВИЭ на Дальнем Востоке страны, как основного источника производства электроэнергии, взамен дизельных станций позволит решить проблему чрезмерно высоких тарифов на электроэнергию, которые сегодня серьезно ограничивают развитие экономического потенциала этого региона. С внедрением Национального мегапроекта России – XXI век появится возможность создавать в нашей стране новые центры мировых доходов. Страны мира будут заинтересованы приложить свои интеллектуальные, трудовые и материальные ресурсы для развития новых отраслей экономики на самом современном технологическом уровне.

Триединый источник энергии проекта позволит надежно обеспечить ожидаемый к 2050 г. почти двукратный прирост потребления энергии и экспорта продуктов переработки углеводородного сырья. Оценочные расчеты показывают, что поэтапная реализация Национального мегапроекта России – XXI век может способствовать интенсификации процесса снижения энергоемкости ВВП в ближайшие три десятилетия в 3-4 раза. Доля «чистой» энергии в структуре энергобаланса может достигнуть 65-70%, что кардинально улучшит экологическую ситуацию и качество жизни людей в России. В то же время будут созданы условия для сохранения достигнутого высокого уровня добычи нефти и дальнейшего его развития путем увеличения коммерческих запасов, развития угольной промышленности путем внедрения новых «чистых» угольных технологий и повышения безопасного развития атомной энергетики.

Чрезвычайная важность и необходимость перехода России на модель Национального мегапроекта России – XXI век вытекает также из необходимости решения общих глобальных проблем мирового сообщества.

Откладывание проекта на более поздние времена может отодвинуть Россию еще дальше на периферию цивилизованного развития, несмотря на огромные богатства страны. Время явно упущено. С учетом имеющегося в России научно-технического задела и мирового опыта работы необходимо ускорить разработку Национального мегапроекта России – XXI век с учетом охвата возможностей и перспективы развития «чистой» энергетики основных экономических регионов страны.

В обсуждении базовых положений Национального мегапроекта России – XXI век должны принимать участие представители разных сторон – политики и управленцы, представители власти, академической науки, бизнеса, промышленности и гражданского общества. Организация широкой дискуссии и разработка проекта должны быть обеспечены государством. Учитывая многоотраслевой и системный характер проекта, координацию и контроль за ходом работ мог бы обеспечить специально созданный орган при Правительстве РФ.

Поступила в редакцию
09.03.2018 г.

G.D. Margulov[2]

LESSONS OF THE PAST AND NEW POWER INDUSTRY

Abstract. Perhaps, the issue regarding the reliability of the power industry as a basis for the economy and its ability to undertake its historic mission further on is urgent today as never before in recent memory. The traditional model of power industry development ran its course. There are many questions and problems for such a concern, and key factors among them that are strongly interconnected determine global energy problems such as socioeconomic, demographic, environmental, resource, research and technology as well as sociopolitical potential. The article analyzes the past and substantiates new approaches compliant with civil society requirements.

Keywords: energy policy, innovative development programs, people's power industry.

[2] Grant D. Margulov – President of the Association of Energy Scientists and Specialists «Power Industry and Civil Society», PhD in Engineering, *e-mail:* cspes@mail.ru

УДК 620.9 (470+571)

А.И. Кулапин[1]

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК БАЗИС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА РОССИЙСКОГО ТЭК В ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Аннотация. Рассмотрены основные направления и приоритеты стратегического планирования научно-технологического развития отраслей российского ТЭК – нефтегазового комплекса, угольной промышленности, электроэнергетики и др. На основе Прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК на период до 2035 г. определены наиболее перспективные области научно-технического развития российского ТЭК и целевые ориентиры инновационного развития отечественной энергетики в современных условиях технологической трансформации и цифровизации мировой экономики.

Ключевые слова: ТЭК России, энергетика будущего, технологическая революция, прогноз научно-технологического развития, отрасли ТЭК, программы инновационного развития.

Прогресс – неотъемлемая часть нашей жизни. Его течение во времени не всегда равномерно и порой мы не сразу можем ощутить произошедшие изменения. Но временами происходят гигантские скачки, способные кардинально изменить существующую реальность. За свою историю современное человечество уже пережило три технологических революции, и сегодня мы стоим на пороге новой – четвертой революции.

Процессы глубокой трансформации и цифровизации, которыми уже охвачены мировые рынки, оказывают влияние на все отрасли экономики, существенно изменяя подход к производству и потреблению продукции и услуг. На этом рубежном этапе для каждого государства на первый план выходят задачи развития собственной научной базы и создания инновационных технологий.

Россия – не исключение. Необходимость разработки и внедрения во всех секторах экономики передовых решений, способных обеспечить конкурентное преимущество страны на международной арене, неоднократно подчеркивалась Президентом РФ В.В. Путиным в его посланиях Федеральному Собранию РФ.

Топливно-энергетический комплекс России традиционно вносит значительный вклад в национальную экономику и выполняет не только инфраструктурную функцию снабжения энергией и топливом, но и обеспечивает значительный вклад в бюджет страны. В 2017 г. на его долю пришлось две трети экспортных доходов и более 22% ВВП. Почти 40% федерального бюджета составляют нефтегазовые доходы. Для сохранения отечественным ТЭК роли гаранта национальной и глобальной энергобезопасности необходимо динамичное и опережающее развитие его отраслей.

Понимая важность и остроту задачи, начиная с 2014 г., Минэнерго России на системной основе ведет работу по внедрению новейших технологий в отраслях ТЭК. В рамках дорожной карты по внедрению инновационных технологий и современных материалов в отраслях ТЭК на сегодняшний день отобрано 20 национальных проектов, направленных на внедрение комплексных отраслевых решений, находящихся в высокой степени технологической зрелости и способных дать значительный экономический эффект.

В 2016 г. была одобрена дорожная карта «Энерджинет» Национальной технологической инициативы, обозначенной Президентом РФ в качестве одного из приоритетов государственной политики по развитию отраслей нового технологического уклада и выходу России на «рынки будущего». За время ее реализации одобрено и реализуется четыре пилотных проекта.

Проводимая работа уже дает свои результаты и, безусловно, будет продолжена. Вместе с тем мы понимаем, что в наступающей технологической революции выиграет тот, кто не толь-

[1] Алексей Иванович Кулапин – директор Департамента государственной энергетической политики Минэнерго России, д.х.н., *e-mail:* KulapinAI@minenergo.gov.ru

ко сможет покрыть текущие запросы рынка, но и обеспечит первенство в перспективных исследованиях и разработках и сам сможет задавать технологические тренды.

В этой связи особое значение приобретает стратегическое планирование научно-технологического развития. В 2016 г. для определения общих задач инновационного развития Президентом РФ была утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации.

В отраслевом разрезе в 2016 г. Минэнерго России впервые со времен СССР был утвержден ключевой документ системы планирования – Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК на период до 2035 г. (Прогноз НТР в ТЭК). На его основе был разработан отраслевой стратегический основополагающий документ – проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года.

Прогноз НТР в ТЭК определяет наиболее перспективные области научно-технического развития российского ТЭК, задает целевые ориентиры и представляет систему научно обоснованных представлений об ожидаемых результатах развития инноваций в энергетике в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе. В нем определены ключевые тенденции трансформации мировой энергетики, которые способны существенно повлиять на развитие отечественного ТЭК, а также проанализированы экономические условия и перспективы его научно-технологического развития с учетом текущего технологического состояния и тех возможностей и ограничений, которые задает российская экономика и мировой контекст.

В числе наиболее перспективных направлений развития нефтегазового сектора документом определены технологии увеличения нефтеотдачи и коэффициента извлечения нефти, освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и шельфовых месторождений, а также производства сжиженного природного газа и его транспортировки. Сдерживанию роста затрат в добывающих отраслях и повышению производительности труда будет способствовать реализация концепций «Интеллектуальная скважина» и «Интеллектуальное месторождение».

В угольной отрасли наиболее приоритетными являются разработка и освоение высокопроизводительных проходческих комплексов для проведения подготовительных выработок с анкерным креплением и использованием современных средств дистанционного управления и мониторинга забойных процессов, применение эффективных способов и технических средств снижения метано- и пылевыделения, локализации и подавления выбросов пыле- и метановоздушных смесей, взрывозащиты, совершенствование циклично-поточной и поточной технологии ведения открытых горных работ, технологий вентиляции и дегазации угольных шахт, обогащения добытого и окускования мелких классов угля, а также тонкодисперсных отходов угольных предприятий.

В электроэнергетике повышению надежности функционирования национальных энергетических систем будет способствовать развитие технологий активно-адаптивных электрических сетей, технологическая концепция Smart Grid, внедрение систем автоматизированной защиты и управления электрическими подстанциями («цифровой подстанции»), нового электротехнического, электромеханического и электронного оборудования, применение новых конструкционных материалов, в том числе композитных, разработка материалов и технологий для проводов, а также применение высокотемпературных сверхпроводниковых материалов.

Также к числу перспективных технологических направлений, способных изменить будущий облик ТЭК, в документе отнесены водородная энергетика, малая распределенная генерация с использованием возобновляемых источников энергии, фотоэлектрические преобразователи, сетевые накопители.

Прогноз НТР в ТЭК призван решить важную задачу – согласования приоритетов научно-технологического развития ТЭК в рамках партнерства всех заинтересованных участников: научного и экспертного сообщества, органов государственной власти, компаний ТЭК, институтов развития и инвесторов. В этом контексте документ является неотъемлемой частью системы экспертно-аналитического обеспечения принятия долгосрочных решений по всему циклу создания инноваций – от разработки до промышленного производства и применения новых технологий и материалов в энергетике.

Для регулярного уточнения прогнозных оценок перспектив развития российской и мировой энергетики, основных направлений и задач научно-технологического развития отраслей ТЭК Минэнерго России сформирована необходимая организационно-методическая база мониторинга Прогноза НТР в ТЭК. С учетом изменения приоритетов в мировой повестке документ будет актуализироваться, что позволит сохранять максимальную вариативность и гибкость в реализации инновационной деятельности.

В заключение необходимо еще раз подчеркнуть: будущее энергетики – это борьба технологий. В России есть значительный потенциал технологического развития, и реализуемые сегодня меры государственной поддержки закладывают прочную основу для последовательного перехода всех отраслей ТЭК к энергетике будущего. Это позволяет нам с уверенностью смотреть вперед и обоснованно рассчитывать на покорение новых вершин на мировых рынках, в том числе высокотехнологичных.

Поступила в редакцию
02.04.2018 г.

A.I. Kulapin[2]

STRATEGIC PLANNING AS A BASIS FOR FULFILLING THE RUSSIAN FUEL AND ENERGY COMPLEX POTENTIAL IN THE GLOBAL TECHNOLOGICAL REVOLUTION

Abstract. Main areas and priorities are considered for the strategic planning of the research and technology development of the Russian Fuel and Energy Complex industries – oil and gas sector, coal mining, electric power industry, etc. The Research and Technology Development Forecast for the Fuel and Energy Complex industries up to 2035 was used as a basis to determine most prospective research and technology development areas for the Russian Fuel and Energy Complex and innovative development benchmarks for the domestic power industry under the modern conditions of global economy technological transformation and digitalization.

Keywords: Russian Fuel and Energy Complex, power industry of the future, technological revolution, research and technology development forecast, Fuel and Energy Complex industries, innovative development programs.

[2] Alexey I. Kulapin – Director of the State Energy Policy Department at the Russian Ministry of Energy, Doctor of Chemistry, *e-mail:* KulapinAI@minenergo.gov.ru

УДК 620.9 (470+571)

А.А. Макаров[1]

ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Аннотация. В статье представлена ретроспектива развития стратегического планирования и прогнозирования развития отечественной энергетики, начиная с начала 1960-х годов до настоящего времени. Рассмотрены методические основы системных исследований в энергетике, разработанные отраслевые программы и планы, энергетические стратегии России различных периодов. Проанализированы и отмечены достигнутые результаты, проблемы и недостатки стратегического планирования развития российского энергетического комплекса.

Ключевые слова: энергетика России, ТЭК, стратегическое планирование, энергетические стратегии, прогнозы.

Полвека назад школой академика Л.А. Мелентьева было сформировано научное направление системных исследований энергетики, получившее широкое развитие в мире и России [1]. Его методология рассматривает энергетику как совокупность систем, которые имеют сложные внутренние и внешние связи и синергические эффекты взаимодействия элементов, включают объект и органы управления для оптимизации своей деятельности при плохо предсказуемом будущем [2]. Инструментарием системных исследований служит математическое описание и компьютерная имитация эволюции природных, производственных и социально-экономических характеристик системы, размещения и связей ее элементов во взаимодействии с другими системами, условий и механизмов управления и критериев эффективности принятия решений.

Математическое моделирование и оптимизация процессов развития энергетики стартовали в мировой практике разработкой в 1962 г. так называемой распределительной модели оптимизации энергетического баланса [3]. В 1964 г. были предложены модели развития топливно-энергетического хозяйства страны и регионов [4], а в 1973 г. – система математических моделей развития энергетического хозяйства СССР [5], оснащенная методами согласований решений в иерархии систем энергетики и принятия решений в условиях неопределенности.

Для применения этих инструментов в практике перспективного планирования Госплан СССР в 1975 г. утвердил разработанные Академией наук[2] Методические положения оптимизации развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) [6]. Параллельно были одобрены Руководящие указания к использованию замыкающих затрат на топливо и электрическую энергию [7], которые регламентировали применение ценовых индикаторов, получаемых при оптимизации планов развития ТЭК, для технико-экономических обоснований децентрализованных проектных решений. Позднее АН СССР выпустила Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию проектных решений в энергетике при неоднозначности исходной информации [8].

Во второй половине 1970-х годов Сибирский энергетический институт и Главный вычислительный центр Госплана СССР развернули расчеты по оптимизации плановых годовых и затем пятилетних балансов топлива. Потом началось проектирование подсистемы «Топливно-энергетический комплекс» автоматизированной системы плановых расчетов Госплана СССР [9]. Ее первая очередь применялась для разработки материалов очередных пятилетних планов [10], а в 1979-1980 годах – для подготовки Энергетической программы СССР на длительную перспективу[3], которая стала первым после принято-

[1] Алексей Александрович Макаров – научный руководитель Института энергетических исследований РАН, академик РАН, д.э.н., *e-mail:* makarov_ire@zmail.ru.

[2] Этот и другие названные здесь методические документы подготовлены Сибирским энергетическим институтом (СЭИ, позднее Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева – ИСЭМ) Сибирского отделения АН.

[3] Документ не публиковался.

го в 1920 г. Плана ГОЭЛРО документом стратегического планирования развития энергетики страны.

Наряду с задачами планирования развития ТЭК оптимизационные расчеты обосновывали эффективные направления и масштабы его технологического обновления при разработке Комплексной программы научно-технического прогресса СССР на период до 2010 года.[2] Велись работы по оптимизации развития нефтяной и угольной промышленности, газоснабжающей и электроэнергетической систем страны и регионов – большинства союзных республик, крупных зон страны (Урал, Сибирь и Дальний Восток) и территориально-промышленных комплексов (Тюменского, Ангаро-Енисейского, Ленского), зоны Байкало-Амурской магистрали и др. Решались многообразные задачи оптимизации развития систем тепло-, газо- и электроснабжения городов и промышленных центров.

Постановки и методы решения задач оптимизации развития ТЭК СССР должны были следовать законам централизованного планирования, в частности обеспечивать общегосударственный интерес (отвечать единому критерию оптимальности решений) на всех уровнях действующей иерархии управления, не допускать искажений плановой информации и нарушений сроков разработки плановых документов. Многие тогда полагали, что тотальное использование ЭВМ с автоматизированными системами сбора информации, разработки и согласования оптимизированных плановых решений от предприятий до министерств и Госплана СССР решит проблему эффективного управления социалистической экономикой и планирования ее развития. Однако даже жесткая регламентация плановых процессов в СССР не обеспечила выполнение столь идеализированных условий хозяйствования. Из-за объективной неопределенности будущих условий и конфликтов интересов в большинстве хозяйственных трансакций проблема оптимального планирования экономики не поддавалась удовлетворительному решению.

Распад СССР, слом социально-экономической формации в России и последовавший глубокий экономический кризис в корне изменили условия и расширили требования к системным исследованиям развития энергетики. С разрушением системы централизованного планирования исчезли необходимые энергетикам источники информации о развитии экономики, а отсутствие в стране достаточной ретроспективы рыночного хозяйствования не позволяло применять для этого экстраполяционные модели. Поэтому для учета взаимосвязей ТЭК с другими отраслями потребовалось дополнить инструменты прогнозирования энергетики моделями развития экономики [11].

Новые экономические условия потребовали существенно обогатить методическую базу [12] и инструментарий системных исследований – модельно-информационный комплекс для разработки обоснований документов стратегического планирования развития ТЭК и входящих в него систем [13, 14]. Если прежде их задачей была оптимизация развития производственных мощностей и связей энергетики, то в рыночных условиях к этому добавилась необходимость оптимизировать финансовые потоки и организационные структуры топливно-энергетических отраслей и крупных компаний. Только такие инструменты позволили обосновывать формирование эффективных энергетических рынков и правильно оценивать варианты реформирования естественных монополий, прежде всего в электроэнергетике и газовой отрасли [15, 16].

Переход к рыночным отношениям повлиял на критерии оптимальности принимаемых решений. Используемый в СССР критерий экономической (народнохозяйственной) эффективности правомочен и в рыночных условиях для решения таких общенациональных задач, как разработка Энергетической стратегии России или генеральных схем развития топливно-энергетических отраслей. Подавляющее же большинство практических задач решаются по локальному критерию коммерческой эффективности. Необходимо так настраивать его параметры, чтобы частным компаниям оказывались выгодны решения, оптимальные по общенациональному критерию экономической эффективности. Для этого при разработке программных документов потребовалось определять такие нормы ценовой и налоговой политики в отраслях ТЭК, которые обеспечили бы максимальные темпы роста ВВП страны [17, 18].

Адаптация к рыночным условиям и качественное развитие методологии и средств системных исследований шли параллельно с организацией регулярного процесса стратегического планирования развития ТЭК России. Уже в начале 1992 г. президент только что созданной Российской академии наук обратился[4] к Президенту РФ с предложением организации регулярных работ по нормативным прогнозам развития энергетики страны в рыночных условиях. Ответом стал контракт Минэнерго РФ с ИНЭИ РАН на разработку Концепции новой энергетической политики России [19]. По результатам ее рассмотрения Правительством РФ было принято решение о разработке и периодической корректировке Минэнерго РФ Энергетической стратегии России.

Ее первая версия [20] была разработана в 1993-1994 годах и охватывала период до 2010 г. (ЭС-10). ИНЭИ, как головной разработчик, задействовал доступные тогда инструменты системных исследований энергетики для разработки сценариев развития ТЭК России. Уже на первом этапе реализации ЭС-10 страна попала в дефолт и экономический кризис, а на втором этапе переживала бурный экономический рост. Тем не менее регулярный мониторинг хода реализации прогнозов ЭС-10 по 11-ти ключевым параметрам развития ТЭК дал вполне приемлемые результаты – табл. 1. В целом за период прогнозы ключевых параметров развития ТЭК на 82% соответствовали или были лучше их фактических значений, причем предсказуемость повысилась с 64% в предкризисном 1997 г. до 92% в последующие периоды. Из 18% невыполненных прогнозных показателей 11% были обусловлены отставанием развития газовой отрасли от прогнозов ЭС-10, что потребовало разработки отдельной Стратегии развития газовой отрасли России [21].

Удачнее оказались прогнозы Энергетической стратегии России на период до 2020 года (ЭС-20) [22]. Подготовленные в 2000-2003 годах, они по 14-ти ключевым показателям развития ТЭК вплоть до 2010 г. (то есть дольше установленных сроков обновления этого документа) на 93% соответствовали действительности – табл. 2. Но последующее существенное отстава-

Таблица 1

Реализация Энергетической стратегии России на период до 2010 года (ЭС-10)

Показатели	1995 г.	1997 г.		2000 г.		2005 г.		2010 г.	
		ЭС-10	Факт	ЭС-10	Факт	ЭС-10	Факт	ЭС-10	Факт
ВВП, в % к 1990 г.	62	57-60	63,8	65-83	**71,9**	87-105	**96,8**	100-122	**115**
Потребление:									
– энергоресурсов, млн т у.т.	931	935-955	935-955	940-995	904	1010-1080	947	1060-1165	990
– электроэнергии, ТВт·ч	841	815-833	815-833	845-890	**864**	970-1025	941	1100-1210	1021
Экспорт, млн т у.т.	501	433-490	498	438-510	549	452-570	867	555-630	893
– нефть, нефтепродукты	245	187-204	247	163-209	297	163-215	509	158-223	386
– природный газ	227	227-261	**228**	254-273	*223*	267-324	**293**	271-366	*223*
Производство, млн т у.т.	1388	1370-1445	*1362*	1395-1505	**1416**	1470-1650	1733	1525-1795	1822
– нефть, млн т	307	275-292	306	260-305	324	260-320	470	260-350	505
– газ, млрд м³	596	630-655	*571*	670-690	*584*	728-785	*641*	765-850	*649*
– уголь, млн т	263	245-268	*244*	250-280	**258**	270-310	**299**	300-350	**323**
Производство электроэнергии, ТВт·ч	860	835-855	*834*	875-925	**878**	1000-1060	*953*	1120-1230	*1038*
Частота хороших прогнозов			7/11		9/11		9/11		9/11
									Итог 82%

Примечания: 000 – ЭС-10, 000 – лучше ЭС-10; *000* – хуже ЭС-10.
Источник: *Новая энергетическая политика России. М. 1995, рис. 1, табл. 5.10, 6.14, 7.11.*

[4] Письмо подготовлено Институтом энергетических исследований (ИНЭИ) РАН.

Таблица 2

Реализация Энергетической стратегии России на период до 2020 года (ЭС-20)

Показатели	2005 г.		2010 г.		2015 г.		2020 г.	
	ЭС-20	Факт	ЭС-20	Факт	ЭС-20	Факт	ЭС-20	Проект ЭС-35
ВВП, в % к 2000 г.	118-127	135	146-173	**165**	190-242	*170*	224-334	*181-183*
Потребление:								
– энергоресурсы, млн т у.т.	931-976	**943**	972-1097	**982**	1020-1181	*964*	1060-1267	*988-1002*
– электроэнергия, ТВт·ч	912-915	941	995-1035	**1021**	1085-1155	*1051*	1185-1290	*1096-1104*
Экспорт, млн т у.т.	603-711	869	585-838	890	550-873	961	545-897	999-1065
– нефть, млн т	182-241	254	183-277	**248**	154-296	**245**	153-308	**288-290**
– природ. газ, млрд м^3	188-197	254	206-265	**223**	219-277	*200*	221-281	**228-252**
Производство, млн т у.т.	1503-1656	1738	1457-1822	**1822**	1463-1928	**1873**	1486-2031	**1959**-2043
– нефть и конденсат, млн т	373-447	470	358-489	505	325-506	533	315-520	548-555
– природ. газ, млрд м^3	588-615	641	558-665	**651**	587-705	**633**	610-730	**670-702**
– уголь, млн т	260-280	299	270-330	**323**	290-360	372	300-430	**377-425**
Производство электроэнергии, ТВт·ч	902-937	953	940-1070	**1038**	1000-1205	**1064**	1070-1365	**1106-1116**
– гидроэлектростанции	179-183	*175*	182-190	*169*	186-200	*170*	190-215	**193-199**
– атомные эл. станции	151-160	*149*	160-192	**170**	180-240	**195**	195-300	**221**
– тепловые эл. станции	572-594	629	598-688	699	634-765	**689**	685-850	**687-690**
Частота хороших прогнозов		12/14		13/14		9/14		11/14 Итог 80%

Примечания: **000** – ЭС-20, 000 – лучше ЭС-20, *000* – хуже ЭС-20.
Источник: *Энергетика России. Стратегия развития 2000-2020 / Минэнерго России, М. 2003. 800 с.*

ние динамики ВВП страны от былых прогнозов Минэкономразвития (МЭР) РФ и связанное с этим замедление роста внутреннего потребления первичной энергии и электроэнергии ухудшили подтверждаемость прогнозов этих показателей до 64% в 2015 г. с ожидаемым ныне ростом до 80% в 2020 году.

Чрезмерный оптимизм в отношении развития экономики стал причиной быстрой потери актуальности прогнозов не только роста ВВП, но и размеров внутреннего энерго- и электропотребления, принятых в поспешно принятой в 2009 г. Энергетической стратегии до 2030 года (ЭС-30) [23]. Как показано на рис. 1, принятые в ней прогнозы роста ВВП оторвались от реальности уже в 2013-2014 годах, сделав неактуальными и прогнозы внутреннего потребления первичной энергии. Тем не менее оценки ЭС-30 по размерам производства основных видов топлива подтверждены в благоприятном сценарии проекта Энергетической стратегии России на период до 2035 года (ЭС-35) [24], но за счет чрезмерных, по нашему мнению, амбиций в отношении роста экспорта топлива, особенно угля (рис. 2).

Разработка проекта ЭС-35 началась в 2013 г. по инициативе Минэнерго РФ. Новая версия должна была, во-первых, соответствовать существенно изменившимся внутренним и внешним условиям развития ТЭК России и, во-вторых, следовать духу и букве долго готовившегося Федерального закона о стратегическом планировании[5]. Но антироссийские санкции и последующий экономический кризис 2015-16 годов заблокировал полноценную работу по долгосрочным прогнозам социально-экономического развития России. Эпизодические же расчеты МЭР давали на период до 2035 г. настолько скромные темпы роста экономики страны (см. рис. 1), что проект ЭС-35 стал наименее амбици-

[5] Федеральный закон № 172-ФЗ «О государственном стратегическом планировании в Российской Федерации» // Российская газета от 28.06.2014.

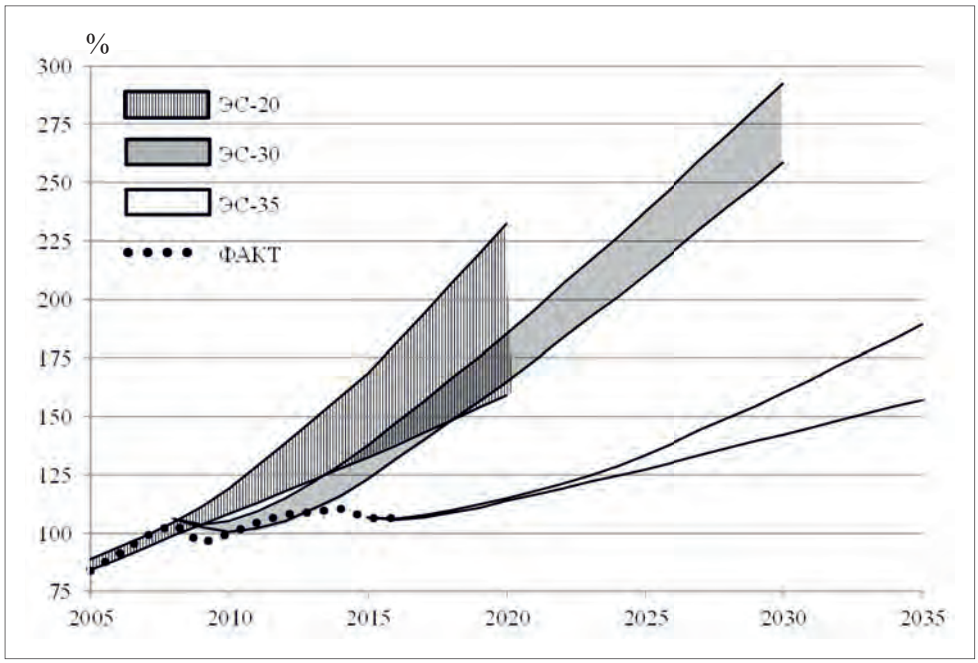


Рис. 1. ***Прогнозы МЭР и реализация динамики ВВП страны в версиях Энергетической стратегии России на периоды до 2020 (ЭС-20), 2030 (ЭС-30) и 2035 (ЭС-35) годов***

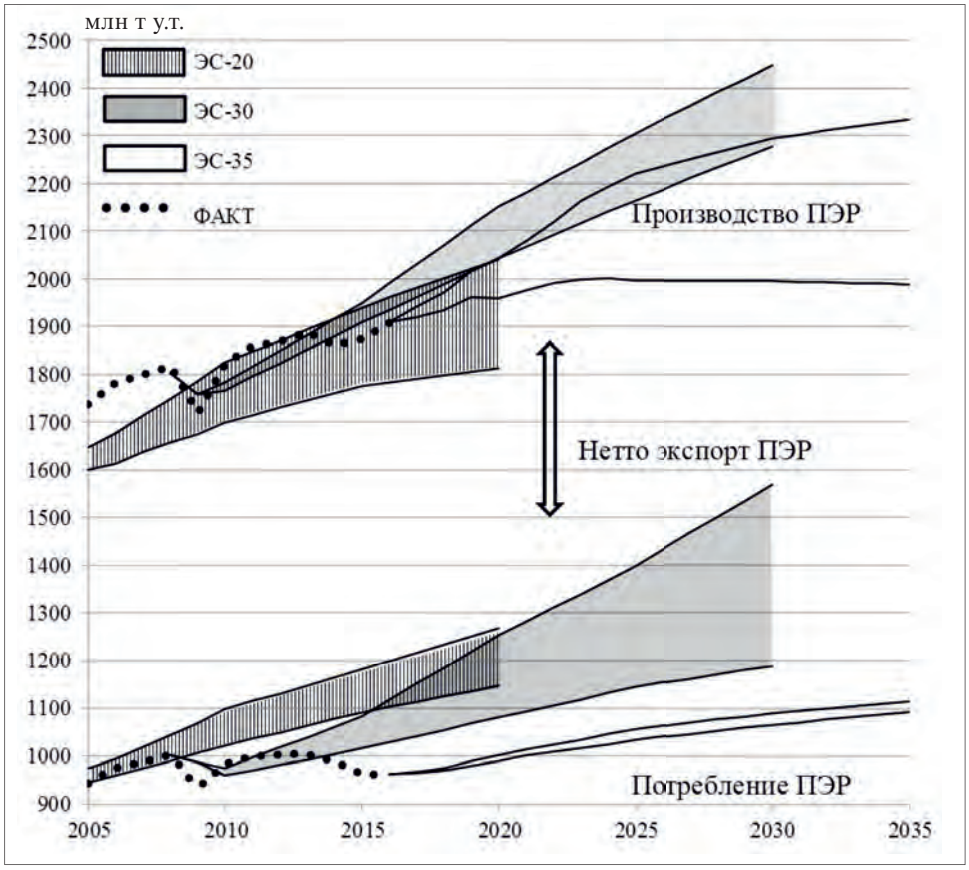


Рис. 2. ***Прогнозы и реализация динамики производства, потребления и экспорта (разность) первичной энергии (ПЭР) в версиях Энергетической стратегии России на периоды до 2020 (ЭС-20), 2030 (ЭС-30) и 2035 (проект ЭС-35) годов***

озным из всех прогнозов развития российского внутреннего энергетического рынка.

После трансформаций начала 1990-х годов ТЭК России развивался преимущественно за счет роста экспорт топлива. К настоящему времени его размеры удвоились и страна удерживает мировое первенство, продавая почти столько же топлива, сколько расходует на внутренние нужды. В этой ситуации странно выглядело отсутствие в России регулярных работ по прогнозированию развития мировых энергетических рынков. Создание соответствующей методологии, информационной базы и модельного инструментария [25] позволило организовать регулярную подготовку собственных мировых энергетических прогнозов [25, 26], что в принципе позволяет снижать внешние риски развития энергетики и экономики страны.

Переход России к рыночной экономике существенно трансформировал силу действия основных *факторов роста эффективности* в энергетике (подробнее см. [1]). Для плановой экономики характерно сильное влияние факторов концентрации производства и централизации энергоснабжения. Это и было главной предпосылкой формирования в СССР больших систем энергетики.

С переходом к рыночной экономике роль названных факторов роста эффективности существенно ослабла, прежде всего из-за фрагментации управления в результате приватизации государственной собственности. В средствах производства интенсивность факторов концентрации производства энергии и централизации энергоснабжения снизилась в России от сильной до умеренной. Характерная для СССР сильная концентрация финансов сменилась умеренной, а сильная их централизация – слабой. В системах управления интенсивность всех факторов роста эффективности опустилась с умеренной до слабой. Все это существенно ослабило целостность больших систем энергетики, во многом выхолостив категорию единых систем страны и дробя центры управления системами энергетики.

В том же направлении действуют технологический прогресс в области производства энергии и интеллектуализация управления энергетическими объектами и системами. В целом они ведут к ослаблению роли прежних факторов роста эффективности. Дело в том, что современные технологии производства многих средств преобразования энергии и переработки топлива в наиболее массовых энергетических процессах кратно сократили различия стоимости единицы мощности между крупными и малыми однотипными установками без заметного уменьшения их энергетической и экономической эффективности. С учетом сокращения затрат на транспортировку энергии и на авансирование капитала в период строительства это дает преимущества оборудованию средней и малой мощности у потребителей (или поблизости), уменьшая стоимость производства и особенно распределения энергии при росте надежности энергоснабжения. В пользу формирования так называемой распределенной энергетики действует и резко усилившаяся интеллектуализация всех составляющих хозяйственной деятельности.

С учетом сказанного стратегическое планирование развития энергетики в рамках оптимизации жесткой иерархии БСЭ становится все менее адекватным реальным условиям хозяйствования. Назревает необходимость организации этого процесса как поиска разумных компромиссов между далеко неравноправными участниками энергетических рынков, более крупные из которых к тому же пользуются административным ресурсом и/или аффилированы со смежными, не только энергетическими системами (поставщиками топлива и оборудования или потребителями энергии). Дополнительную проблему в рыночных условиях создает жесткая конкуренция всех участников с сознательным искажением информации о своих намерениях и условиях хозяйствования.

Надежды на создание адекватных изменившейся ситуации инструментов стратегического планирования развития ТЭК мы связываем с созданием так называемых мультиагентских моделей субъектов энергетики и алгоритмов их взаимодействия в соответствии с законодательством и регуляторными правилами страны. Такие модели уже находят применение в задачах оптимизации функционирования систем, например, для прогнозирования валютного курса в России в зависимости от цен экспорта нефти с оценкой его влияния на конкурентоспособность отечественных производителей и потенциал

импортозамещения на внутренних рынках [27]. Но их использование для планирования развития систем увеличивает размерность общей задачи оптимизации в степенной зависимости от продолжительности планового периода и во столько же раз усложняет процесс согласования решений. Работы в этом направлении уже ведутся [28], но еще не подняли системные исследования развития энергетики на качественно новый уровень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А.А. Достижения и проблемы системных исследований развития энергетики // 8-е Мелентьевские чтения. М.: МЭИ, 2018, с. 11-23.

2. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. М.: Высшая школа, 1976, 336 с.; 1982, 319 с.

3. Кузнецов Ю.А., Мелентьев Л.А., Меренков А., Некрасов А.С. Определение оптимальной структуры энергетического баланса с использованием вычислительных машин // Теплоэнергетика, 1962. № 5.

4. Макаров А.А. Математическая модель для планирования развития топливно-энергетического хозяйства СССР // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. 1964, № 3. 20 с.

5. Макаров А.А., Мелентьев Л.А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. Новосибирск: Наука, 1973. 274 с.

6. Методические положения оптимизации развития топливно-энергетического комплекса. Утв. Госпланом СССР. М.: Наука, 1975, 88 с.

7. Руководящие указания к использованию замыкающих затрат на топливо и электрическую энергию. Утв. Госпланом СССР. М.: Наука, 1974, 54 с.

8. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию проектных решений в энергетике при неоднозначности исходной информации. АН СССР. М.: 1987, 74 с.

9. Макаров А.А., Белостоцкий А.М., Хазанов М.П. Принципы функционирования подсистемы Топливно-энергетический комплекс // Вопросы создания АСПР Госплана СССР. М. 1976, № 1, 36 с.

10. Вопросы прогнозирования развития топливно-энергетического комплекса / Под ред. Макарова А.А. СЭИ, 1976. 216 с.

11. Макаров А.А., Шапот Д.В., Лукацкий А.М., Малахов В.А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики // Экономика и математические методы. 2002. Т. 38. № 1, с. 45-56.

12. Макаров А.А. Методические рекомендации по разработке энергетической стратегии. Формирование Энергетической стратегии России. М.: Папирус ПРО, 2001, 25 с.

13. Модельно-компьютерный комплекс для разработки Энергетической стратегии и мониторинга хода ее реализации. Энергетика России. Стратегия развития. М.: Минэнерго РФ, 2003, с. 677-750.

14. Макаров А.А. Модельно-информационная система для исследования перспектив развития энергетики России (SCANER). Управление развитием крупномасштабных систем. М.: Физматлит, 2012, с. 102-184.

15. Макаров А.А., Кутовой Г.П., Шамраев Н.Г. Создание благоприятной среды для развития российской энергетики на рыночной основе // Теплоэнергетика, 1997, № 11, с. 3-23.

16. Елисеева О.А., Макаров А.А. Реформирование рынка газа России. Перспективы энергетики. Т. 10, № 2, 2006, 22 с.

17. Макаров А.А., Малахов В.А., Шапот Д.В. Народнохозяйственные последствия роста цен энергоносителей // ТЭК, 2001, № 2.

18. Макаров А.А. Хозяйственные механизмы государственной энергетической политики / Энергетика России. Стратегия развития. Минэнерго РФ. М. 2003, с. 173-197.

19. Концепция новой энергетической политики России. Проблемы энергетики. М.: МТЭА, 1992, 23 с.

20. Новая энергетическая политика России. М.: Атомэнергоиздат, 1995, 511 с.

21. Стратегия развития газовой промышленности России. М.: Атомэнергоиздат, 1997, 693 с.

22. Энергетика России. Стратегия развития. М.: Минэнерго РФ, 2003, 800 с.

23. Энергетика России. Взгляд в будущее. М.: Энергия, 2010, 609 с.

24. Сценарии Энергетической стратегии на период до 2035 // Neftegaz.ru № 1, 2014, 18 с.

25. Эволюция мировых энергетических рынков и ее последствия для России. М.: ИНЭИ, 2015, 395 с.

26. Прогноз развития энергетики мира и России. 2016. М.: ИНЭИ – АЦ Правительства РФ, 2016. 199 с.

27. V. Malakhov, K. Nesytykh, T. Dubynina. A Multi-Agent Approach for the Intersectoral Modeling of the Russian Economy. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), IEEE Conference Publications, 2017.

28. Веселов Ф.В., Макаров А.А. Подходы к исследованию инвестиционного поведения субъектов электроэнергетического рынка на базе агентских моделей / В кн. Управление развитием крупномасштабных систем / Под ред. А.Д. Цвиркуна. М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2015.

REFERENCES

1. Makarov A.A. Dostizheniya i problemy sistemnyh issledovanij razvitiya ehnergetiki // 8-e Melent'evskie chteniya. M.: MEHI, 2018, s. 11-23.

2. Melent'ev L.A. Optimizaciya razvitiya i upravleniya bol'shih sistem energetiki. M.: Vysshaya shkola, 1976, 336 s.; 1982, 319 s.

3. Kuznecov Y.A., Melent'ev L.A., Merenkov A., Nekrasov A.S. Opredelenie optimal'noj struktury energeticheskogo balansa s ispol'zovaniem vychislitel'nyh mashin // Teploenergetika, 1962. № 5.

4. Makarov A.A. Matematicheskaya model' dlya planirovaniya razvitiya toplivno-energeticheskogo hozyajstva SSSR // Izvestiya AN SSSR. Energetika i transport. 1964, № 3. 20 s.

5. Makarov A.A., Melent'ev L.A. Metody issledovaniya i optimizacii energeticheskogo hozyajstva. Novosibirsk: Nauka, 1973. 274 s.

6. Metodicheskie polozheniya optimizacii razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa. Utv. Gosplanom SSSR. M.: Nauka, 1975, 88 s.

7. Rukovodyashchie ukazaniya k ispol'zovaniyu zamykayushchih zatrat na toplivo i elektricheskuyu energiyu. Utv. Gosplanom SSSR. M.: Nauka, 1974, 54 s.

8. Metodicheskie rekomendacii po tekhniko-ekonomicheskomu obosnovaniyu proektnyh reshenij v energetike pri neodnoznachnosti iskhodnoj informacii. AN SSSR. M.: 1987, 74 s.

9. Makarov A.A., Belostockij A.M., Hazanov M.P. Principy funkcionirovaniya podsistemy Toplivno-energeticheskij kompleks // Voprosy sozdaniya ASPR Gosplana SSSR. M. 1976, № 1, 36 s.

10. Voprosy prognozirovaniya razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa / Pod red. Makarova A.A. SEI, 1976. 216 s.

11. Makarov A.A., Shapot D.V., Lukackij A.M., Malahov V.A. Instrumental'nye sredstva dlya kolichestvennogo issledovaniya vzaimosvyazej energetiki i ekonomiki // Ekonomika i matematicheskie metody. 2002. T. 38. № 1, s. 45-56.

12. Makarov A.A. Metodicheskie rekomendacii po razrabotke ehnergeticheskoj strategii. Formirovanie Energeticheskoj strategii Rossii. M.: Papirus PRO, 2001, 25 s.

13. Model'no-komp'yuternyj kompleks dlya razrabotki Energeticheskoj strategii i monitoringa hoda ee realizacii. Energetika Rossii. Strategiya razvitiya. M.: Minenergo RF, 2003, s. 677-750.

14. Makarov A.A. Model'no-informacionnaya sistema dlya issledovaniya perspektiv raz-vitiya energetiki Rossii (SCANER). Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh sistem. M.: Fizmatlit, 2012, s. 102-184.

15. Makarov A.A., Kutovoj G.P., Shamraev N.G. Sozdanie blagopriyatnoj sredy dlya razvitiya rossijskoj energetiki na rynochnoj osnove // Teploenergetika, 1997, № 11, s. 3-23.

16. Eliseeva O.A., Makarov A.A. Reformirovanie rynka gaza Rossii. Perspektivy energetiki. T. 10, № 2, 2006, 22 s.

17. Makarov A.A., Malahov V.A., Shapot D.V. Narodnohozyajstvennye posledstviya rosta cen energonositelej // TEK, 2001, № 2.

18. Makarov A.A. Hozyajstvennye mekhanizmy gosudarstvennoj energeticheskoj politiki / Energetika Rossii. Strategiya razvitiya. Minenergo RF. M. 2003, s. 173-197.

19. Koncepciya novoj energeticheskoj politiki Rossii. Problemy energetiki. M.: MTEA, 1992, 23 s.

20. Novaya energeticheskaya politika Rossii. M.: Atomenergoizdat, 1995, 511 s.

21. Strategiya razvitiya gazovoj promyshlennosti Rossii. M.: Atomenergoizdat, 1997, 693 s.

22. Energetika Rossii. Strategiya razvitiya. M.: Minenergo RF, 2003, 800 s.

23. Energetika Rossii. Vzglyad v budushchee. M.: Energiya, 2010, 609 s.

24. Scenarii Energeticheskoj strategii na period do 2035 // Neftegaz.ru № 1, 2014, 18 s.

25. Evolyuciya mirovyh energeticheskih rynkov i ee posledstviya dlya Rossii. M.: INEI, 2015, 395 s.

26. Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii. 2016. M.: INEI – AC Pravitel'stva RF, 2016. 199 s.

27. V. Malakhov, K. Nesytykh, T. Dubynina. A Multi-Agent Approach for the Intersectoral Modeling of the Russian Economy. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), IEEE Conference Publications, 2017.

28. Veselov F.V., Makarov A.A. Podhody k issledovaniyu investicionnogo povedeniya sub"ektov elektroenergeticheskogo rynka na baze agentskih modelej / V kn. Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh sistem / Pod red. A.D. Cvirkuna. M.: Izd-vo fiz.-mat. lit-ry, 2015.

Поступила в редакцию
27.03.2018 г.

A.A. Makarov[6]

ADVANCEMENTS AND CHALLENGES IN STRATEGIC PLANNING OF RUSSIAN ENERGY DEVELOPMENT

Abstract. The article presents the retrospective view on the development of strategic planning and forecasting for domestic energy growth starting from the early 1960-s until now. System researches methodologies in the energy industry, programs and plans developed for the industry, and Russian energy strategies for different periods are reviewed. The paper analyzes and highlights results achieved as well as challenges and drawbacks as regards the strategic planning of Russian energy complex development.

Keywords: Russian energy industry, Fuel and Energy Complex, strategic planning, energy strategies, forecasts.

[6] Alexey A. Makarov – Academic Director at the Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Academician of the RAS, Doctor of Economy, *e-mail:* makarov_ire@zmail.ru

УДК 620.9 «21» (470+571)

Н.И. Воропай, А.М. Клер, Ю.Д. Кононов, Б.Г. Санеев, С.М. Сендеров, В.А. Стенников[1]

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ[2]

Аннотация. Анализируются условия разработки стратегий развития энергетики. Формулируется иерархия задач стратегического планирования развития топливно-энергетического комплекса и систем энергетики. Представлена краткая характеристика инструментальных средств для формирования стратегий развития энергетики. Рассмотрен опыт Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН по разработке стратегических программ развития энергетики.

Ключевые слова: энергетика, стратегическое планирование, методические основы, инструментальные средства, опыт разработки.

Введение

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) России и составляющие его системы энергетики играют ключевую роль в экономике страны и ее регионов, жизнедеятельности населения. Энергетика обеспечивает около четверти ВВП и около половины налоговых поступлений и таможенных платежей, более двух третей валютных доходов от экспорта, около трети общего объема инвестиций в национальную экономику. ТЭК России, как совокупность взаимосвязанных инфраструктурных энергетических отраслей, является базой для устойчивого роста экономики и качества жизни людей, содействия укреплению внешнеэкономических позиций страны. Стратегическое планирование развития энергетики как на уровне государственных стратегий и программ, определяющих государственную политику в развитии ТЭК и его отраслей на федеральном и региональном уровнях, так и при разработке стратегических планов развития энергетических компаний, является важным инструментом определения долгосрочных приоритетов в исключительно важной сфере экономики страны и ее регионов [1, 2 и др.].

В статье приведена характеристика условий разработки стратегий развития энергетики России с учетом существующих реалий. Рассматривается иерархия задач стратегического планирования ТЭК страны и регионов, составляющих его систем энергетики и энергетических компаний. Дается информация об инструментальных средствах разработки стратегий и программ развития энергетики, а также опыт Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ СО РАН) по разработке различных стратегических документов в области энергетики.

Характеристика условий разработки стратегических направлений развития энергетики

Основными из таких условий являются следующие [2, 3 и др.].

Существенно возросли требования к энергетике как клиенто-ориентированному инфраструктурному комплексу энергетических отраслей. Новая парадигма энергоснабжения направлена на обеспечение качественного соответствия потребительских услуг в области энергоснабжения возросшим и трансформирующимся требованиям потребителей (уровень комфорта, технологические инновации в производственной сфере и в быту, повышение разнообразия и мощности энергоприемников, радикальное изменение их свойств и др.). Эта новая

[1] Николай Иванович Воропай – научный руководитель ИСЭМ СО РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., *e-mail:* voropai@isem.irk.ru;
Александр Матвеевич Клер – заведующий отделом ИСЭМ СО РАН, д.т.н., *e-mail:* kler@isem.irk.ru;
Юрий Дмитриевич Кононов – заведующий отделом ИСЭМ СО РАН, д.т.н., *e-mail:* kononov@isem.irk.ru;
Борис Григорьевич Санеев – заместитель директора ИСЭМ СО РАН, д.т.н., *e-mail:* saneev@isem.irk.ru;
Сергей Михайлович Сендеров – заместитель директора ИСЭМ СО РАН, д.т.н., *e-mail:* ssm@isem.irk.ru;
Валерий Алексеевич Стенников – врио директора ИСЭМ СО РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., *e-mail:* sva@isem.irk.ru

[2] Работа выполнена в рамках проектов III.17.4.1 (рег. № АААА-А17-117030310432-9), III.17.5.1 (рег. № АААА-А17-117030310451-0), III.17.6.1 (рег. № АААА-А17-117030310445-9) программ фундаментальных исследований СО РАН.

парадигма принципиально отличается от ранее действовавших целевых установок, которые в большой мере были ориентированы на удовлетворение баланса спроса и предложения.

Кардинально изменилась роль государства в управлении развитием энергетики по сравнению с периодом плановой экономики. Вместо повсеместного жесткого планирования с государственным финансированием, функция государства сейчас заключается в выработке и проведении общей энергетической политики, которая направлена: на обеспечение энергетической безопасности; поддержку приоритетных направлений научно-технического прогресса, энергосбережения, экспортной политики, структурных изменений в энергетике, ценовой политики, приоритетного развития отдельных регионов; решение социальных, региональных и экологических проблем, связанных с энергетикой. Неотъемлемой составляющей такой общей энергетической политики являются экономические, правовые и институциональные механизмы, стимулирующие ее реализацию.

Увеличилось число лиц, принимающих решения и имеющих несовпадающие, часто противоречивые, интересы. Большую роль стали играть региональные органы управления и многочисленный класс собственников, которые владеют энергетическими объектами и оказывают влияние на их функционирование и развитие. В связи с этим возникли проблемы, определяемые необходимостью формирования сбалансированных энергетических рынков, конкуренцией производителей, взаимоотношениями потребителей и производителей и др.

Изменился набор критериев оценки эффективности принимаемых решений. В рыночных условиях, наряду с критериями народнохозяйственной эффективности, большую роль играют критерии коммерческой эффективности и рисков разрабатываемых мероприятий, а также ряд других новых критериев. При этом состав критериев для различных групп субъектов отношений (энергетические компании, потребители, органы власти и др.) различен и часто противоречив.

Существенно увеличилась неопределенность будущих условий развития энергетики, связанная с неопределенностью рыночной конъюнктуры, особенно в части прогноза развития экономики и связанного с этим прогноза спроса и цен на энергоресурсы. Нередкими являются ситуации, когда стратегические документы по развитию энергетики приходится разрабатывать при фактическом отсутствии достоверных прогнозов развития экономики и социальной сферы страны и регионов.

Произошли существенные изменения в финансовой политике и ценообразовании в энергетике. Это касается не только текущей деятельности хозяйствующих субъектов в различных отраслях энергетики, но и инвестиционной, и инновационной деятельности для развития объектов (освоение новых технологий, строительство новых энергетических объектов). Указанные изменения обусловлены перестройкой всей системы накопления и расходования финансовых средств, переходом на самофинансирование и усиление экономической ответственности инвесторов за принимаемые решения. Вместе с тем целенаправленное участие государства как в прямом финансировании освоения крупных инновационных проектов, так и через щадящую налоговую политику может сыграть важную регулирующую роль в реализации наиболее приоритетных направлений развития энергетики страны и регионов.

Среди проблем, связанных с изменением финансовых отношений в России, особого внимания требует изучение механизмов ценообразования в энергетике и влияния изменения цен на развитие энергетики и экономики страны и отдельных ее регионов. Усиление влияния ценового фактора на функционирование и развитие энергетики в рыночной экономике при необоснованной ценовой политике может привести либо к нарушению баланса спроса и предложения на рынке энергоресурсов, либо к снижению инвестиционной активности.

Существенно изменилось положение российской энергетики на мировых энергетических рынках. Возросшая интеграция энергетики России в мировые энергетические рынки привела к увеличению зависимости функционирования и развития российского ТЭК и его энергетических отраслей от положения, складывающегося на этих рынках. Соответственно, существенно увеличилось влияние внешнеэкономических,

внешнеэнергетических и внешнеполитических угроз энергетической безопасности России.

Рассмотренные условия стратегического планирования энергетики и ее составляющих принципиальным образом определяют специфику содержания задач, решаемых при разработке соответствующих стратегических программ и планов развития энергетики и энергетических компаний.

Иерархия задач разработки стратегий развития энергетики

Необходимо различать содержание задач стратегического планирования энергетики как государственной проблемы и стратегических планов развития энергетических компаний. В первом случае при разработке энергетических стратегий и программ развития страны и ее регионов формулируются государственные приоритеты в структуре и размещении энергетических объектов, использовании инновационных энергетических технологий и технологических платформ для будущей энергетики (например, технологической платформы интеллектуальной энергетики), а также, что является принципиальным, разрабатываются экономические, правовые и институциональные механизмы стимулирования указанных приоритетов. Во втором случае при разработке стратегических планов и инвестиционных программ развития энергетических компаний выполняются прогнозы развития компаний при использовании, в том числе, упомянутых стимулирующих механизмов со стороны государства. В обоих случаях, как правило, различны как состав задач, так и их содержание, цели и критерии их решения.

При разработке государственных стратегий и программ развития энергетики, в соответствии со сложившейся системой стратегического планирования в Российской Федерации [4], могут рассматриваться иерархические группы задач, касающиеся, например:

- исследования развития мировой энергетики – обоснования развития ТЭК России;
- исследования сценариев развития экономики страны с учетом конъюнктуры на мировых энергетических рынках – обоснования развития ТЭК страны;
- обоснования развития: ТЭК страны – ТЭК федеральных округов – ТЭК регионов;
- обоснования развития ТЭК страны и регионов – оценка стратегических угроз и обоснования направлений обеспечения энергетической безопасности страны и регионов;
- обоснования развития ТЭК – обоснования развития энергетических отраслей;
- разработки схем и программ развития систем энергетики: страна – федеральные округа – регионы РФ;
- изолированных территорий: формирования балансов мощности и энергии – обоснования развития систем энергоснабжения.

При разработке стратегических планов развития и крупных инвестиционных программ энергетических компаний иерархические группы задач могут быть, например, следующими:

- при обосновании инновационных и инвестиционных программ развития ЕНЭС России: прогноз развития ЕЭС России и изолированных энергосистем как базы для инновационного развития ЕНЭС – исследование особенностей функционирования ЕЭС России и изолированных энергосистем при использовании инновационных технологий и устройств;
- при формировании инвестиционной программы развития ПАО «Газпром»: прогноз спроса на газ и обоснование перспектив освоения новых бассейнов добычи газа – исследование необходимости реконструкции и развития газотранспортной сети.

Перечисленные иерархические группы задач подчеркивают сложность решения соответствующих проблем стратегического планирования развития энергетики и необходимость использования для решения этих проблем развитых инструментальных средств в составе сложных программных комплексов, поддерживающих их базы данных. При этом в зависимости от рассматриваемой перспективы должны меняться

состав используемых моделей и степень их агрегирования [10].

Инструментальные средства для разработки стратегий развития энергетики

Приведем краткие характеристики используемых в ИСЭМ СО РАН основных программно-информационных комплексов для разработки стратегических программ и планов развития энергетики [2, 5-9 и др.].

Модельно-компьютерный комплекс для исследования долгосрочных стратегий развития ТЭК во взаимосвязи с экономикой. Этот комплекс включает четыре следующих основных блока:

- система моделей МЭСТЭК, описывающая межотраслевые и макроэкономические связи ТЭК и предназначенная для оценки потребностей страны в энергоносителях и определения влияния на динамику макроэкономических показателей изменения цен в ТЭК;
- система моделей для прогнозирования спроса на энергоносители по регионам;
- динамическая оптимизационная модель ТЭК страны, прогнозирующая требуемое развитие энергетики;
- система моделей, описывающая формирование цен на региональных энергетических рынках, а также динамику требуемых и располагаемых инвестиционных ресурсов.

При решении разных прогнозных задач используются различные сочетания моделей представленных блоков.

Динамическая территориально-производственная модель ТЭК России. Территориальный аспект модели представляет энергетику страны в разрезе девяти регионов: семь федеральных округов, из них два – Уральский и Сибирский – описаны двумя регионами, соответственно – Урал и Тюменьская область, Западная и Восточная Сибирь. Производственный аспект моделируется группами существующих и перспективных энергетических объектов в каждом федеральном округе.

Модель включает, помимо представленного территориально-технологического блока, еще четыре. В блоке энергосбережения рассматриваются рациональные уровни энергосбережения по отдельным выделенным энергоемким потребителям или их группам. В экологическом блоке модели рассчитываются суммарные и удельные выбросы парниковых газов в каждом регионе и экономически обоснованные масштабы использования технологий по их снижению при учете ограничений на выбросы. Блок внешней торговли описывает условия возможного экспорта энергоресурсов из региона. В финансово-экономическом блоке модели по конкретным регионам приводятся замыкающие (предельные) цены по каждому энергоносителю, требуемые капитальные вложения на поддержание и развитие энергетических объектов по отраслям ТЭК.

Разработанная динамическая модель ТЭК может использоваться для обоснования развития энергетики России и федеральных округов, мониторинга реализации Энергетической стратегии России, оптимизации топливоснабжения тепловых электростанций при прогнозировании развития электроэнергетики и тепловых источников при прогнозировании развития теплового хозяйства страны, а также для решения других задач, требующих представления о перспективах развития ТЭК.

Двухуровневая система моделей для исследования энергетической безопасности России и ее регионов. Верхний уровень представлен двумя основными моделями: оценка текущего состояния ТЭК в нормальных и критических ситуациях; оптимизация уточненной территориально-производственной структуры ТЭК с позиций требований энергетической безопасности на основе принятых стратегий развития энергетики. Отличительной особенностью этих моделей является включение в целевую функцию условных штрафов за недопоставку энергоресурсов потребителям в критических ситуациях при моделировании угроз энергетической безопасности. Оптимизация балансов топливно-энергетических ресурсов выполняется с детализацией территориальной структуры ТЭК по регионам.

Нижний уровень рассматриваемой системы моделей представляют имитационные потоковые модели энергетических систем – нефте- и нефтепродуктоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, имеющие межрегиональную

(федеральную) транспортную инфраструктуру. Использование этих моделей позволяет уточнить влияние технологических ограничений, взаиморезервирования регионов и других технологических факторов на возможности надежного энергоснабжения потребителей.

С использованием методологии индикативного анализа энергетической безопасности разработан программно-вычислительный комплекс (ПВК) «Корректива», который на основе методов комбинаторного моделирования формирует дерево возможных вариантов развития ТЭК. Далее, путем наложения ограничений в виде пороговых значений важнейших индикаторов энергетической безопасности, отсекаются решения, не удовлетворяющие ее требованиям [11].

Программно-вычислительные комплексы «СОЮЗ» и «ОРИРЭС» для оптимизации структуры генерирующих мощностей и пропускных способностей межсистемных связей ЭЭС. Математическая модель развития ЭЭС в ПВК «СОЮЗ» представляет собой сеть, узлами которой являются энергетические районы (объединенные и/или региональные ЭЭС, их части – в зависимости от территориального уровня исследуемой ЭЭС и детальности ее представления), а межузловые связи отображают совокупность конкретных ЛЭП. Электростанции энергоузлов описываются множеством групп однотипных агрегатов, имеющих близкие технико-экономические показатели. Модель имеет блочную структуру и включает блоки балансов мощности и электроэнергии по зонам характерных суточных графиков нагрузки, перетоков по межузловым связям, а также блоки, описывающие функционирование и развитие разных типов генерирующего оборудования: пиковые КЭС и КЭС (и АЭС) с однозонной энергетической характеристикой, ТЭЦ, ГЭС, ГАЭС.

Помимо решения основной задачи – оптимизации структуры генерирующих мощностей и пропускных способностей межсистемных связей ЭЭС, ПВК «СОЮЗ» развивался для решения других электроэнергетических проблем, а именно [7]:

– анализа вариантов развития ЭЭС в дефицитных и критических ситуациях и обоснования «подстроечных» мероприятий для обеспечения баланса спроса и предложения при электроснабжении потребителей;
– комплексной задачи оптимизации структуры ЭЭС и потребителей электроэнергии с целью оценки эффективности мероприятий по электросбережению и потребителей-регуляторов.

ПВК «СОЮЗ» является основным средством разработки стратегических планов и программ развития электроэнергетики. При необходимости его результаты дополняются оптимизацией развития основной электрической сети ЭЭС с использованием соответствующего программно-информационного комплекса, а также другими инструментальными разработками.

Для исследований по обоснованию формирования и развития межгосударственных электроэнергетических объединений разработан ПВК «ОРИРЭС» на базе аналогичного ПВК «СОЮЗ» описания объекта исследований, но с учетом целого ряда специфических факторов, характерных для межгосударственных объединений. Важной особенностью ПВК «ОРИРЭС» является формализация и решение двойственной задачи оптимизации, что позволяет, в частности, распределить интегральные системные эффекты совместно работающих национальных ЭЭС между участниками электроэнергетического объединения [7].

Комплекс инструментальных средств для оптимизации развития теплового хозяйства и теплоснабжающих систем реализует иерархическую схему решения комплекса взаимосвязанных задач [12] на уровне:

– страны в рамках ТЭК решаются стратегические вопросы развития отрасли и инновационной технической политики в тепловом хозяйстве России, разрабатываются экономические и правовые механизмы реализации соответствующих решений;
– на уровне субъектов РФ на базе стратегий развития их систем топливо- и энергоснабжения с учетом результатов федерального уровня определяется эффективная инвестиционная политика и механизмы реализации конкретных решений в регионе для объектов производства (ТЭЦ,

котельные, распределенная генерация) и транспорта тепловой энергии;

– населенного пункта с учетом результатов регионального рассмотрения проблем исследуются конкретные схемы теплоснабжения при конкретном размещении источников тепла, учете режимов их работы, трассировки тепловой сети с учетом местных условий.

При необходимости по результатам рассмотрения проблем развития теплового хозяйства и систем теплоснабжения конкретных населенных пунктов может осуществляться возврат на уровень региона для корректировки общерегиональных решений и далее на уровень страны.

Построение общей схемы многоуровневой взаимоувязки задач развития теплового хозяйства реализовано на базе развитой диалоговой вычислительной системы (ДВС), включающей совокупность ПВК, которые содержат предметно ориентированные пакеты прикладных программ или программные модули (тепло, структура, анализ, надежность и др.). В зависимости от уровня рассмотрения проблем реализованная ДВС дает возможность формировать последовательность решения необходимых задач обоснования решений по развитию теплового хозяйства и систем теплоснабжения страны, регионов и конкретных населенных пунктов [13, 14].

Программно-вычислительный комплекс для исследования развития локальных (изолированных) систем электро- и теплоснабжения. Локальные системы энергоснабжения (ЛСЭС) характерны для районов Крайнего Севера и Дальнего Востока РФ. В отличие от централизованных систем при моделировании ЛСЭС необходимо учитывать ряд их особенностей [8]: дискретность состава генерирующего и электросетевого оборудования, повышенные требования к надежности энергоснабжения потребителей, необходимость совместного выбора теплоэнергетического и электрогенерирующего оборудования, необходимость рассмотрения электрических режимов системы и ряд других. В то же время ЛСЭС обычно имеют значительно меньшее число элементов, чем централизованные системы энергоснабжения, что значительно упрощает оптимизацию их развития.

Разработанный для обоснования развития ЛСЭС программно-вычислительный комплекс позволяет автоматически строить математическую модель ЛСЭС по ее технологической схеме и моделям элементов этой схемы, а также формулировать и решать смешанные задачи нелинейного математического программирования [8]. Задаваемая расчетная схема системы может быть избыточной и включать элементы, которые в процессе оптимизации «вырождаются». Выделяются две группы представительных режимов ЛСЭС: нормальные и послеаварийные. Главное требование к нормальным представительным режимам состоит в том, чтобы их совокупность обеспечивала достаточно точное определение суммарных расходов топлива, производства и отпуска электроэнергии и тепла за расчетный период. Как правило, расчеты представительных послеаварийных режимов проводятся при максимальных тепловых и электрических нагрузках потребителей. Эти режимы для электрогенерирующего оборудования должны удовлетворять требованию (n – 2), по теплогенерирующему оборудованию и ЛЭП – требованию (n – 1).

Суммарные топливные издержки ЛСЭС определяются как издержки всех электростанций во всех нормальных режимах. Во всех послеаварийных режимах проверяется работоспособность системы. Задача состоит в выборе таких целых чисел элементов оборудования системы, при которых принятый критерий экономической эффективности достигает экстремального значения и обеспечивает работоспособность ЛСЭС во всех нормальных и послеаварийных режимах.

Опыт Института систем энергетики по разработке стратегических программ развития энергетики

Отметим здесь лишь основные стратегические документы, подготовленные с участием института.

Разработка Энергетических стратегий России и их составляющих. В этих работах ИСЭМ СО РАН участвовал по следующим направлениям, начиная с первой Энергетической стратегии России до 2010 года:

– Энергетические стратегии России как интегральные стратегические документы развития энергетики страны [1, 15]: до 2010 г. – в 1993-1994 гг., до 2020 г. – в 1998-1999 гг., до 2030 г. – в 2007-2008 гг., до 2035 г. – в 2013-2014 гг., начиная с 1998 г. разработки велись при координации Института энергетической стратегии (ИЭС);
– межрегиональные составляющие отмеченных Энергетических стратегий России, главным образом касающиеся углубленного анализа перспектив развития энергетики Восточной Сибири и Дальнего Востока страны [16, 17];
– отраслевые составляющие Энергетических стратегий России, касающиеся детального рассмотрения перспектив развития электроэнергетики (совместно с ЭНИН) и теплового хозяйства страны [1, 16, 17];
– Энергетические стратегии и программы развития энергетики регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока России, а также изолированных территорий [18-20 и др.].

Разработка стратегических документов по проблемам энергетической безопасности страны и ее регионов. Исследования в этой области велись ИСЭМ СО РАН совместно с ИЭС систематически, начиная со второй половины 1990-х годов. К началу 2000-х гг. был подготовлен первый проект Доктрины энергетической безопасности России. Продолжались исследования проблем энергетической безопасности страны и ее регионов и мероприятий по обеспечению энергетической безопасности. В 2012 г. подготовленная с учетом этих наработок ИСЭМ СО РАН и ИЭС Доктрина энергетической безопасности России была утверждена Президентом РФ [21].

Продолжаются регулярные исследования по мониторингу ситуации с энергетической безопасностью России, федеральных округов и регионов. В настоящее время ИСЭМ СО РАН участвует в корректировке Доктрины энергетической безопасности России.

Разработка стратегических программ развития отраслевых систем энергетики и энергетических компаний:

– Программа модернизации электроэнергетики России до 2030 года (совместно с ЭНИН) – в 2010-2011 гг.;
– Программа модернизации Единой национальной электрической сети России до 2030 года (совместно с ЭНИН) – в 2011-2012 гг.;
– Программа развития гидроэнергетики России до 2030 года и на период до 2050 года (совместно с ИЭС) – в 2015 г.;
– Прогноз интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные энергетические рынки (совместно с ИЭС) – в 2016 году.

Заключение

Основные принципы стратегического планирования в Российской Федерации определены Федеральным законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». Стратегическое планирование развития энергетики, ее отраслей и энергетических компаний играет исключительно важную роль в общем процессе стратегического планирования. Развитие энергетики происходит в сложных условиях и определяется многими, часто противоречивыми, факторами. Это предопределяет необходимость решения иерархического комплекса взаимосвязанных задач. Разработанные в ИСЭМ СО РАН методические основы стратегического планирования в энергетике и поддерживающий соответствующие исследования комплекс инструментальных средств позволяют успешно решать проблемы обоснования развития энергетики, ее отраслей и энергетических компаний, что подтверждает опыт участия института в разработке стратегических документов в энергетике различного уровня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетика России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года) / Отв. ред. В.В. Бушуев. М.: Энергия, 2010, 616 с.

2. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ – ИСЭМ / Отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2010, 686 с.

3. Воропай Н.И., Стенников В.А. Энергетическая стратегия России: изменяющийся взгляд на развитие электроэнергетики // Энергетическая политика, 2013, вып. 2, с. 66-70.

4. Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

5. Методы и модели разработки региональных энергетических программ / Отв. ред. Б.Г. Санеев. Новосибирск: Наука, 2003, 140 с.

6. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики / Отв. ред. Ю.Д. Кононов. Новосибирск: Наука, 2009, 178 с.

7. Обоснование развития электроэнергетических систем: Методология, модели, методы, их использование / Отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2015, 448 с.

8. Клер А.М., Жарков П.В. Схемно-параметрическая оптимизация локальных систем энергоснабжения // Известия РАН. Энергетика, 2016, № 4, с. 49-61.

9. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения / Отв. ред. Н.И. Воропай и М.Б. Чельцов. Новосибирск: Наука, 2011, 198 с.

10. Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. Новосибирск: Наука, 2015, 145 с.

11. Методические основы выбора направлений корректировки решений по развитию энергетики государства с позиций энергетической безопасности / С.М. Сендеров, Н.И. Пяткова, В.И. Рабчук и др. // Известия РАН. Энергетика, 2006, № 3, с. 21-27.

12. Стенников В.А. Проблемы развития теплового хозяйства России и пути их решения. М.: ИНП РАН, 2008, 93 с.

13. Программный комплекс нового поколения для схемно-параметрической оптимизации многоконтурных теплоснабжающих систем / Д.В. Соколов, В.А. Стенников, Т.Б. Ощепкова, Е.А. Барахтенко // Теплоэнергетика, 2012, № 4, с. 72-77.

14. Принципы разработки и программная реализация информационно-вычислительной среды для компьютерного моделирования трубопроводных и гидравлических систем / А.В. Алексеев, Н.Н. Новицкий, В.В. Токарев, З.И. Шалагинова / Трубопроводные системы энергетики. Методы математического моделирования и оптимизации. Новосибирск: Наука, 2007, с. 221-229.

15. Восточный вектор Энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / Отв. ред. Н.И. Воропай и Б.Г. Санеев. Новосибирск: Гео, 2011, 368 с.

16. Основные положения программы развития энергетики Дальнего Востока до 2010 года. Иркутск-Хабаровск: СЭИ СО РАН – ОАО «Востокэнерго», 1994, 35 с.

17. Энергетическая стратегия Сибири (Основные положения). Регион: экономика и социология, 1998, Спец. вып., 112 с.

18. Топливно-энергетический комплекс Хабаровского края: состояние и стратегия развития / Отв. ред. В.И. Ишаев. Иркутск-Хабаровск: ИСЭМ СО РАН – ИЭИ ДВО РАН, 2005, 155 с.

19. Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года / Отв. ред. Г.Ф. Алексеев, Н.А. Петров и Б.Г. Санеев. Иркутск-Якутск: ИСЭМ СО РАН-ИФТПС СО РАН, 2010, 328 с.

20. Топливно-энергетический комплекс Иркутской области: современное состояние и перспективы развития / Отв. ред. Б.Г. Санеев и П.А. Воронин. М.: Энергия, 2013, 304 с.

21. О доктрине энергетической безопасности России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, С.М. Сендеров, В.В. Саенко // Экономика региона, 2012, № 2, с. 40-50.

REFERENCES

1. Energy of Russia: look on the future (Basic results for Energy Strategy of Russia up to 2030) / Edit. by V.V. Bushuev. M.: Energiya, 2010, 616 p.

2. System studies in energy: Retrospective of scientific research of SEI – MESI / Edit. by N.I. Voropai. Novosibirsk: Nauka, 2010, 686 p.

3. Voropai N.I., Stennikov V.A. Energy Strategy of Russia: Changing look on power industry development // Energeticheskaya Politika, 2013, vyp. 2, p. 66-70.

4. Federalnyi Zakon ot 28 iyunya 2014 goda № 172-FZ «O strategicheskom planirovanii v Rossiyskoi Federacii».

5. Methods and models of regional energy program work out / Edit. by B.G. Saneev, Novosibirsk: Nauka, 2003, 140 p.

6. Methods and models of prognostic study of economy and energy interrelations / Edit. by Yu.D. Kononov. Novosibirsk: Nauka, 2009, 178 p.

7. Decision making for electric power system development: Methodology, models, methods, their applications / Edit. by N.I. Voropai. Novosibirsk: Nauka, 2015, 448 p.

8. Kler A.M., Zharkov P.V. The schematic and parametric optimization of local energy systems // Izvestiya RAN. Energetica, 2016, № 4, p. 49-61.

9. Energy security of Russia: Problems and ways of solving / Edit by N.I. Voropai and M.B. Cheltsov. Novosibirsk: Nauka, 2011, 198 p.

10. Kononov Yu.D. The ways of grounded enhancement of long-term forecast for fuel and energy complex development / Novosibirsk: Nauka, 2015, 145 p.

11. Methodological basis for choice of decision correction ways on state energy development from the point of view of energy security / S.M. Senderov, V.I. Rabchuk, N.I. Pyatkova e.a. // Izvestiya RAN. Energetika, 2006, № 3, p. 21-27.

12. Stennikov V.A. Development problems of Russian heat industry and ways for their solving. M.: INP RAN, 2008, 93 p.

13. New generation of program complex for scheme and parameters optimization of multi-circuit heat supply systems / D.V. Sokolov, V.A. Stennikov, T.B. Oshchepkova, E.A. Barakhtenko // Teploenergetika, 2012, № 4, p. 72-77.

14. Creation principles and program realization information and calculation environment for computation modeling pipeline and hydraulic systems / A.V. Alexeev, N.N. Novitskiy, V.V. Tokarev, Z.I. Shalaginova / Truboprovodnye sistemy energetiki. Metody matematicheskogo modelirovaniya i optimizacii. Novosibirsk: Nauka, 2007, p. 221-229.

15. Eastern vector of energy strategy of Russia: Current state and future look / Edit. by N.I. Voropai and B.G. Saneev. Novosibirsk: Geo, 2011, 368 p.

16. Main thesises of energy development program for Far East to 2010. Irkutsk-Khabarovsk: SEI – Vostokenergo, 1994, 35 p.

17. Energy strategy of Siberia (Main thesises) / Region: Ekonomika i sociologiya, 1998, Special issue, 112 p.

18. Fuel and energy complex of Khabarovsk region: State of the art and development strategy / Edit. by V.I. Ishaev. Irkutsk-Khabarovsk: ISEM – ERI, 2005, 155 p.

19. Energy strategy of Sakha Republic (Yakutia) for the period to 2030 / Edit. by G.F. Alexeev, N.A. Petrov and B.G. Saneev. Irkutsk-Yakutsk: ISEM – IFTPS, 2010, 328 p.

20. Fuel and energy complex of Irkutsk Region: Current state and development perspectives / Edit. by B.G. Saneev and P.A. Voronin. M.: Energiya, 2013, 304 p.

21. About energy security doctrine of Russia / V.V. Bushuev, N.I. Voropai, S.M. Senderov, V.V. Saenko // Ekonomika regiona, 2012, № 2, p. 40-50.

Поступила в редакцию
06.04.2018 г.

N.I. Voropai, A.M. Kler, Yu.D. Kononov, B.G. Saneev, S.M. Senderov, V.A. Stennikov[3]

METHODOLOGICAL BASIS OF ENERGY STRATEGIC PLANNING

Abstract. The conditions of energy strategic planning are analysed. The hierarchy of energy strategic planning problems for fuel and energy complex and energy systems is formed. The brief characteristics of instrumental tools for energy strategic planning are suggested. The experience of Melentiev Energy Systems Institute on energy strategic planning is considered.

Keywords: energy, strategic planning, methodological basis, instrumental tools, experience of work out.

[3] Nikolai I. Voropai – Scientific Leader of the Melentiev Energy Systems Institute, SB of the RAS, Corresponding Member of RAS, Doctor of Engineering, *e-mail:* voropai@isem.irk.ru;
Alexander M. Kler – Head of Department of the Melentiev Energy Systems Institute, SB of the RAS, Doctor of Engineering, *e-mail:* kler@isem.irk.ru;
Yuri D. Kononov – Head of Department of the Melentiev Energy Systems Institute, SB of the RAS, Doctor of Engineering, *e-mail:* kononov@isem.irk.ru;
Boris G. Saneev – Deputy Director of the Melentiev Energy Systems Institute, SB of the RAS, Doctor of Engineering, e-mail: saneev@isem.irk.ru;
Sergey M. Senderov – Deputy Director of the Melentiev Energy Systems Institute, SB of the RAS, Doctor of Engineering, *e-mail:* ssm@isem.irk.ru;
Valery A. Stennikov – Acting Director of the Melentiev Energy Systems Institute, SB of the RAS , Corresponding Member of the RAS, Doctor of Engineering, *e-mail:* sva@isem.irk.ru.

УДК 620.9 (100) «20»

С.П. Филиппов[1]

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ В ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: ДОСТИЖЕНИЯ И РАЗОЧАРОВАНИЯ, ОПЫТ НА БУДУЩЕЕ

Аннотация. Выполнен ретроспективный анализ технологического развития энергетики в индустриальный период, охватывающий практически весь XX век. Отмечены имеющиеся, несомненно, технологические достижения. Однако основной упор сделан на выявление причин неудач с реализацией большого числа новых энергетических технологий и соответствующих технологических прогнозов. Показано, что основными причинами этих неудач стали: недооценка сложности решения технических проблем, несостоятельность научно-технических прогнозов в отношении сравниваемых технологий и некорректность оценки их конкурентоспособности, недостаточный учет некоторых институциональных ограничений. Среди технических проблем наиболее важные – создание требуемых материалов и обеспечение необходимого уровня безопасности. Результаты исследования должны помочь в совершенствовании используемых методов технологического прогнозирования в энергетике и разработке более качественных технологических прогнозов на будущее.

Ключевые слова: энергетика, энергетические технологии, научно-технический прогресс, научно-технологическое развитие, топливно-энергетические ресурсы, централизация энергоснабжения, интеграция ресурсов, концентрация производства, органическое топливо, ядерная энергия, возобновляемая энергетика.

Хорошо известно, что развитие человеческой цивилизации характеризуется большой неравномерностью. На протяжении всей ее истории периоды бурного расцвета чередовались длительными застоями. Имевшие место ускорения («рывки») в развитии были обусловлены массовым освоением новых технологий и благодаря им – новых территорий. Исторические примеры достаточно хорошо описаны, сделаны попытки их научного обобщения и осмысления (длинные циклы Кондратьева, теория волнового развития Гельдерена, технологические уклады Глазьева, технологические циклы Шимулы, волны инноваций, технологические эры и т.д.) [1-4]. Констатируется существенное ускорение в последнее столетие научно-технического прогресса (НТП) во многих областях человеческой деятельности, в том числе и в энергетике [4, 5]. Более того, говорят о приближающейся эре «технологической сингулярности» (Technological Singularity) – относительно короткого периода времени с чрезвычайно высокими темпами НТП [5, 6]. Предполагается, что в этот период произойдет слияние машин и человека путем интеграции машинных технологий и биологической оболочки человека, его умственных способностей и возможностей суперкомпьютеров (искусственного интеллекта). Результатом станет окончательное покорение человечеством окружающей природной среды в планетарном масштабе.

Наблюдаемый феномен ускорения НТП может быть связан с увеличением расходов на науку и образование, поскольку НТП имеет явное экономическое измерение, а также с беспрецедентной доступностью образования и научной информации [7]. Поскольку технологические «рывки», как правило, обусловлены достаточно длительными периодами накопления знаний (временами технологического застоя), то говорить о близкой эре технологической сингулярности нужно с очень большой осторожностью. В конце концов, совершенно неизвестно: а) сколько еще нужно времени для того, чтобы накопить необходимый объем соответствующих знаний и вообще какова их «критическая масса» и б) сколько потребуется для этого финансовых ресурсов, которые в каждый период времени весьма ограничены.

Тем не менее имеются достаточно веские основания полагать, что мир вступает в эпоху

[1] Сергей Петрович Филиппов – директор Института энергетических исследований (ИНЭИ) РАН, академик РАН, д.т.н., *e-mail:* fil_sp@mail.ru.

новой технологической революции. На это указывают впечатляющие достижения последних двух десятилетий в фундаментальных и прикладных науках, интенсивное развитие новых производственных и информационно-коммуникационных технологий, разработки принципиально новых материалов и т.д., а также быстро множащийся опыт их успешного практического применения.

Все предыдущие технологические революции скачкообразно, в историческом масштабе, меняли структуру экономики и общества. Это находило прямое отражение в требованиях к энергетике. Есть все основания полагать, что и ожидаемая технологическая революция, и порождаемые ею постиндустриальная экономика и постиндустриальное общество не станут исключением. Следовательно, необходимо вовремя предвидеть те требования, которые будут предъявлены к энергетике в этот раз, чтобы своевременно подготовить адекватный ответ. Для этого, как минимум, нужно осмыслить опыт технологического развития энергетики в индустриальный период, охватывающий весь XX в., оценить имеющиеся, несомненно, успехи и понять причины неудач. Полученные результаты должны помочь в разработке более качественных технологических прогнозов на будущее.

В рассматриваемый период наиболее мощное воздействие на развитие энергетики оказала индустриализация экономики – через спрос на энергию, требования потребителей к составу и качеству поставляемых энергоносителей и т.д. Ответом энергетики стало предложение новых энергоносителей и технологий. В частности, быстрый рост спроса на энергию потребовал освоения новых видов первичной энергии (сначала угля – основного топлива первой промышленной революции, затем нефти, природного газ, ядерной энергии и т.д.). Веерообразное увеличение разнообразия потребителей энергии нашло отражение в предложении рынку новых вторичных энергоносителей (водяного пара и светильного газа в первую промышленную революцию, потом электроэнергии, моторных топлив и др.). Усиление конкуренции стимулировало создание и применение новых технологий производства энергии (паровые машины, вытесненные позже паровыми турбинами в энергетике и двигателями внутреннего сгорания на транспорте, газовые турбины в энергетике и авиации и т.д.). Энергосбережение и НТП стали основными драйверами внедрения новых технологий конечного использования энергии (газовое освещение сменили лампы накаливания, газоразрядные и светодиодные источники света; огневой нагрев вытесняется резисторным, микроволновым, индукционным; централизованный механический привод в промышленности практически повсеместно заменен электроприводом и т.д.).

Главными технологическими трендами в развитии энергетики стали:

а) концентрация энергетических производств;

б) интеграция топливно-энергетических ресурсов (ТЭР);

в) централизация энергоснабжения потребителей.

Ведущие факторы, обусловившие формирования данных трендов, были во многом схожими и тесно взаимосвязанными. Так, сосредоточение населения и промышленности в городах вызвало концентрацию энергетических нагрузок, затем последовало создание систем централизованного энергоснабжения. Освоение крупных месторождений топлива и сооружение мощных ГЭС вдали от центров потребления привели к формированию энергетической инфраструктуры (трубопроводных и электрических сетей, топливных баз и т.д.). Экономическая целесообразность увеличения единичной мощности энергетических установок стала причиной сооружения крупных энергетических объектов (электростанций, угольных шахт и разрезов, и т.д.). Это, в свою очередь, потребовало повышения параметров энергетического оборудования (температуры и давления рабочего тела в тепловых машинах, напряжения в электрических сетях, рабочего давления в газо- и нефтепроводах и т.д.), что стимулировало НТП в энергетике и способствовало развитию энергетического машиностроения и смежных отраслей промышленности.

Важнейшей характерной чертой энергетики XX в. стало широкое использование электроэнергии – универсального безэнтропийного энергоносителя. Только за последние 40 лет доля электроэнергии в мировом потреблении

конечной энергии (final energy consumption) возросла с 9,4 до 18,1% [8]. Освоение техники высоких и свервысоких напряжений позволило сформировать крупные электроэнергетические системы (ЭЭС) – региональные, национальные, межгосударственные и таким образом надежно обеспечить потребителей электроэнергией и снизить затраты на ее доставку. Известная «война токов» (War of Currents) – постоянного и переменного завершилась победой последнего [1]. В результате передача и распределение электроэнергии стали практически повсеместно осуществляться на переменном токе. Постоянный ток сохранил свои позиции в технике малых мощностей (электронные приборы и т.п.). В большой энергетике он нашел применение для целей транспорта электрической энергии на сверхдальние расстояния и обеспечения межсистемных связей без жесткого требования их предварительной синхронизации (вставки постоянного тока). Электроэнергетика превратилась в ключевую отрасль топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и стала основным интегратором ТЭР.

Стремительное увеличение объемов потребления энергии в мире в XX в. вследствие высоких темпов роста народонаселения и промышленного производства, неравномерность размещения ТЭР по планете и несовпадение мест их производства с центрами энергопотребления привели к созданию мировых энергетических рынков (нефти, природного газа, угля, нефтепродуктов и др.) и мировой энергетической системы. Многочисленными исследованиями прогнозировался дальнейший бурный рост спроса на энергию, что на фоне панических оценок крайней ограниченности энергоресурсов на планете порождало настоятельные требования поиска новых источников энергии и ее экономии. Также ставился вопрос о дальнейшем развитии мировой энергетической системы на основе интеграции энергетических ресурсов [9-11].

Особые надежды возлагались на ускоренное развитие атомной энергетики, в том числе на основе бридерных технологий и замыкания ядерного топливного цикла. Были предложены проекты создания так называемых «атомных островов» – кустов крупных АЭС, расположенных вдали от густонаселенных районов и обеспечивающих за счет этого повышенный уровень ядерной безопасности. На этих «островах» предполагалось с применением новых атомных энерготехнологий на основе термохимических циклов и тепла высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов организовать производство атомного водорода, синтетических жидких топлив, заменителя природного газа, а также синтез-газа (смеси моноксида углерода и водорода) для использования в качестве промежуточного энергоносителя в системах дальнего «атомного» теплоснабжения (схема «Адам-Ева») [12-14]. Однако по техническим и экономическим причинам данные идеи не были реализованы.

После чернобыльской катастрофы (1986 г.) развитие ядерной энергетики в мире на долгие годы практически прекратилось, и последующее восстановление оказалось очень вялым. Недооценка важности надежного обеспечения безопасности ядерных объектов с малой вероятностью крупных аварий с катастрофическими последствиями и технологическая самонадеянность дорого обошлись обществу. Но были и другие причины несбывшихся радужных прогнозов бурного развития ядерной энергетики: недооценка ресурсов ископаемых топлив, прежде всего углеводородов с невысокой стоимостью извлечения, и возможностей НТП в развитии традиционных энергетических технологий. Сегодня грандиозные планы развития ядерной энергетики во всем мире, по сути, всеми забыты.

По техническим и экономическим причинам оказались несостоятельными многочисленные предложения по крупномасштабной интеграции ТЭР и создания на этой основе глобальных энергетических систем. Так, невостребованной осталась концепция новых горизонтально интегрированных энергетических систем (ИЭС), выдвинутая проф. Хефеле [14], в основу которой положена идея интеграции всех имеющихся в регионе первичных энергоресурсов с производством единственного промежуточного энергоносителя – синтез-газа и созданием соответствующей газотранспортной системы. Трубопроводным транспортом синтез-газ предполагалось доставлять в центры потребления, где на его основе должны были производиться необходимые конечные виды энергии (электроэнергия, тепловая энергия, моторные топлива). Кроме того,

синтез-газ мог служить сырьем для химической промышленности. Выявленная исследованиями невозможность гарантированного обеспечения безопасности обращения с огромными объемами токсичного моноксида углерода в густонаселенных районах стала фатальной для данной концепции [15]. Близкие идеи по интеграции ТЭР лежали в основе концепций «водородной энергетики» («водородной экономики») [16-19], «метанольной экономики» [20,21], «метановых» ИЭС [15]. В первом случае в качестве базового энергоносителя выступает водород, во втором – метанол, в третьем – метан.

Идея «водородной энергетики», базирующейся на возобновляемых источниках энергии (ветровой и солнечной), была выдвинута Халдайном еще в начале XX в. [16] в качестве альтернативы электрогенерации на основе угля и нефти, ресурсы которых в то время оценивались как весьма скромные. Однако развитие она получила только спустя полвека трудами Бокриса, который и ввел термин «водородная экономика» [17]. Теперь с помощью широкого использования водорода как экологически чистого энергоносителя, получаемого преимущественно за счет ядерной энергии, предлагалось кардинально решать задачу защиты окружающей среды. Однако возникшие проблемы обеспечения ядерной безопасности АЭС, технические сложности с разработкой высокотемпературных ядерных реакторов и дороговизна создания водородной инфраструктуры встали непреодолимым барьером на пути практической реализации данной концепции. Впрочем, успехи в разработке новых технологий получения водорода (фотоэлектрокаталитических, микробиологических, электролизных и др.), а также фотопреобразователей оставляют надежды на ее востребованность уже в недалеком будущем [18], в частности в форме «солнечно-водородной энергетики» [19].

В качестве альтернативы водородной энергетике Олахом была предложена концепция «метанольной экономики» [20, 21]. Полагалось, что метанол, будучи при обычных условиях жидкостью, по сравнению с водородом обладает хорошей транспортабельностью, лучше подходит для использования в качестве моторного топлива в ДВС и не требует создания чрезмерно дорогостоящей инфраструктуры. Однако многие негативные физико-химические свойства метанола (достаточно низкая теплота сгорания, коррозионная активность, высокая растворимость в воде) и его высокая токсичность стали причинами того, что данная концепция не получила поддержки, несмотря на многочисленные попытки внедрения метанола в качестве топлива на автомобильном транспорте и в установках распределенной электрогенерации.

В «метановых» ИЭС [15] предлагалось имеющиеся в регионе ископаемые топлива преобразовывать в заменитель природного газа (метан), на основе которого строится региональная энергосистема. Эта концепция, являющаяся, по сути, развитием идей Хефеле, представляется наиболее реалистичной, поскольку может базироваться на существующих системах трубопроводного транспорта природного газа. Реализация ее пока не состоялась по экономическим причинам. Технологии производства из угля заменителя природного газа оказались дорогими и энергорасточительными. Поскольку в то время электрогенерация базировалась преимущественно на паротурбинных технологиях, то получать электроэнергию из угля оказалось дешевле, чем из искусственного газа. Применение более эффективных парогазовых установок и топливных элементов оставляет для «метановых» ИЭС шанс на масштабную реализацию.

Не привели к практическим результатам неоднократные попытки разработать концепцию создания мировой энергетической системы, обеспечивающей интеграцию энергетических ресурсов в глобальном масштабе и за счет этого повысить эффективность энергетического производства [22, 23]. Для электроэнергетики большой эффект виделся в использовании меридиональной и широтной разновременности пиков электропотребления. Но это требовало передачи больших объемов электроэнергии на значительные расстояния и, следовательно, наличия соответствующих линий электропередачи (ЛЭП). Предполагалось, что это будут ЛЭП постоянного тока на сверхвысоком напряжении (1000 кВ и выше).

Утопическими оказались разнообразные предложения по организации энергоснабжения Земли из космоса и создания соответствующей

глобальной электроэнергетической системы. Предлагалось получать энергию в виде микроволнового или лазерного излучения с «солнечных» спутников [24] или с лунных баз (концепция «лунной энергетической системы») [25, 26]. В обоих случаях исходной была солнечная энергия. Эффект предполагалось достичь за счет более высокой величины солнечного излучения за пределами земной атмосферы, а также практически круглосуточного облучения фотоэлементов [27]. Однако все эти проекты на тот период времени оказались технически сложными в реализации и экономически несостоятельными [28, 29]. Такие же выводы в [29] были сделаны для концепции развития термоядерной энергетики на Земле за счет изотопа гелия He^3, доставляемого с поверхности Луны [30].

Следует отметить, что все рассмотренные концепции преследовали две основных цели развития энергетики: во-первых, перехода от использования ограниченных на Земле ресурсов органического топлива к практически неисчерпаемым (U^{238}, Th^{232}, дейтерия) или возобновляемым энергоресурсам и, во-вторых, переход к экологически «чистой» энергетике [31]. Однако более полной можно считать концепцию «энергетики устойчивого развития» [32, 33], в рамках которой к двум отмеченным выше целям добавилась еще одна – энергообеспечение устойчивого развития экономики и общества на долгосрочную перспективу. При этом устойчивое развитие трактовалось в соответствии с решениями Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро в июне 1992 г. [34].

Ресурсную основу энергетики индустриального периода составили органические топлива. На их долю в структуре мирового производства первичной энергии (total primary energy supply – TPES) 40 лет назад (в 1973 г.) приходилось 86,7%, в настоящее время эта величина сократилась до 81,1%, то есть налицо понижательный тренд [8]. До чернобыльской катастрофы (1986 г.) органические топлива активно вытеснялись ядерной энергией. В последнее десятилетие эту роль выполняют ВИЭ. В настоящее время доля ядерной энергии в мировом TPES составляет 4,8%, а ВИЭ – 14,1% против соответственно 0,9 и 12,4% 40 лет назад [8]. В структуре добываемых в мире органических топлив наблюдается тренд на сокращение доли нефти за счет роста доли природного газа и угля. За период 1973-2014 гг. доля нефти уменьшилась с 46,2 до 31,3%, при этом доля газа увеличилась с 16 до 21,2%, а угля – с 24,5 до 28,6%. Следовательно, можно констатировать, что прогнозировавшееся наступление «эры метана» (Methane Age) пока не состоялось [35]. Но мир движется в этом направлении. Ускорить данный процесс могут различные неэкономические ограничения, в частности, требования по сокращению глобальных выбросов парниковых газов и введение странами моратория на развитие ядерной энергетики, что приведет к замещению угля и ядерной энергии природным газом. Заменить его может интенсивное развитие возобновляемой энергетики за счет стимуляции мерами государственной поддержки или в результате новых впечатляющих достижений НТП в данной области.

В последние десятилетия XX в. технологическое развитие энергетики осуществлялось преимущественно эволюционным путем. В основном оно было связано с повышением эффективности добычи, переработки и использования органических топлив и транспорта энергоносителей, а также с совершенствованием ядерных энергетических технологий. Таким образом проявилась большая технологическая инерционность отрасли. Тем не менее и этот период отмечен многими важными техническими достижениями, оказавшими существенное влияние на развитие энергетики.

В частности, благодаря внедрению технологий многозабойного и наклонного бурения в совокупности с 3D-идентификацией продуктивных пластов удалось снизить стоимость извлечения углеводородов. Освоение в дополнение к ним технологий гидроразрыва позволило вовлечь в оборот трудно извлекаемые ресурсы углеводородов из плотных отложений. Результатом стала «сланцевая революция» в США оказавшая колоссальное дестабилизирующее влияние на мировые рынки нефти, природного газа и других топлив. С созданием плавучих добычных платформ на основе опыта крупнотоннажного кораблестроения стала возможной разработка крупных шельфовых месторождений углеводородов. На основе известных криоген-

ных технологий была создана индустрия производства сжиженного природного газа (СПГ) и его морского транспорта, что позволило сформировать мировой рынок СПГ. Совершенствование горного оборудования обеспечило повышение производительности труда и рентабельности добычи угля, причем как шахтным, так и открытым способом. Все это позволило диверсифицировать мировые энергетические рынки и для многих стран решить проблему обеспечения энергетической безопасности.

Централизация энергоснабжения потребителей требовала совершенствования энергосетевых технологий. Главными технологическими тенденциями в трубопроводном транспорте углеводородов стали повышение давления и увеличение диаметра трубопроводов, что дало возможность увеличить объемы перекачки нефти и газа и таким образом снизить ее стоимость. Промышленно освоенным является давление в магистральных газопроводах около 11 МПа и диаметр трубопровода около 1,5 м. Дальнейшее их повышение ограничено проблемами надежного обеспечения требований прочности и безопасности конструкций трубопроводов, регулирующей и запорной арматуры. Решение их связано с поиском новых конструкционных материалов.

Технологии передачи электроэнергии развивались в направлении повышения напряжения с целью увеличения пропускной способности ЛЭП, сокращения удельных затрат в них, а также снижения потерь энергии при ее передаче. В электроэнергетике для целей дальней передачи больших объемов электроэнергии было освоено напряжение 500-800 кВ. На пути его дальнейшего повышения имеются серьезные экономические и технические проблемы. Для их преодоления нужны новые токопроводящие и электроизолирующие материалы, а также более эффективная коммутирующая аппаратура.

Существенный прогресс в эффективности использования органических топлив достигнут на тепловых электростанциях (ТЭС), где ключевая роль принадлежит машинным технологиям производства электроэнергии. Их энергетическая эффективность приближается к технологическим пределам, обусловленным свойствами конструкционных материалов. Передовые парогазовые установки (ПГУ) на природном газе достигли КПД нетто 60-62% [36], а паротурбинные установки (ПТУ) на твердом топливе – 42-43% [37, 38]. Лидером с КПД 63,7% является ПГУ на природном газе мощностью 1613 МВт с двумя газовыми турбинами 9HA.02 фирмы GE Power по 544 МВт каждая и КПД 43,9% [36]. Единичные экземпляры мощных угольных ПТУ с суперсверхкритическими параметрами пара (ССКП) имеют более высокий КПД. В частности, введенный в эксплуатацию в 2009 г. на ТЭС Isogo в Японии блок № 2 мощностью 600 МВт с параметрами пара 25 МПа, 600/620 °С имеет КПД 45%. Такой же КПД имеют 4 блока на ТЭС Yuhuan в Китае (26 МПа, 600/600 °С, 2007 г.). КПД 46% достигнут на ТЭС Waigaogiao в Китае (2 блока по 1000 МВт, 28 МПа, 600/600 °С, 2008 г.) и на ТЭС Lunen в Германии (блок 750 МВт, 28 МПа, 597/609 °С, 2013 г.) [37, 38]. Между тем мировым рекордсменом остается пущенный еще в 1992 г. на угольной ТЭС Nordjylland в Голландии блок № 3 мощностью 400 МВт с КПД 47% (29 МПа, 582/580/580 °С с двойным промперегревом) [37].

Созданная ядерная энергетика базируется на использовании урана-235 и паротурбинных установках. Причем эти установки в силу особенностей применяемых типов ядерных реакторов вынуждены работать преимущественно на насыщенном паре с низкими параметрами (давление 5-6 МПа, температура 250-270 °С) и, следовательно, имеют низкий электрический КПД – около 33%. В результате эффективность использования энергии природного урана оказывается чрезвычайно низкой – около 0,2%. Попытки повысить КПД атомных электростанций (АЭС) за счет освоения более высоких температур путем разработки высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов оказались неудачными. Не были созданы требуемые материалы, не гарантировались необходимые уровни безопасности, не обеспечивалась конкурентоспособность с альтернативными техническими решениями.

Следует отметить, что известны, но пока остаются неосвоенными многие принципиально новые энергетические технологии. В частности, это касается применения в электроэнергетике эффекта сверхпроводимости. В мире реализова-

но относительно небольшое количество демонстрационных проектов на основе так называемых высокотемпературных сверхпроводников (способных переходить в сверхпроводящее состояние при температуре жидкого азота – 77 °К) (сверхпроводящие кабели для глубокого ввода электроэнергии в города, трансформаторы со сверхпроводящими обмотками) [39]. Потребность в достаточно дорогостоящей криогенной системе и сложности ее эксплуатации резко снижают потребительские свойства данной технологии. Видимо, она может стать промышленно привлекательной только в случае успешного завершения поиска материалов с «теплой сверхпроводимостью», то есть способных стабильно работать при комнатной температуре и быть относительно недорогими. Такие поиски могут затянуться на неопределенно долгое время.

Оказались неудачными попытки внедрения в энергетику много обещавших технологий прямого преобразования тепловой энергии в электрическую – МГД-генераторов. Несмотря на значительные усилия не удалось создать ультра жаропрочные материалы с рабочей температурой 2700-3000 °С и решить проблемы надежного обеспечения стабильности свойств высокотемпературной плазмы на крупных установках в реальных условиях работы. Первый в мире МГД-энергоблок электрической мощностью 582 МВт (в составе МГД-генератора 270 МВт и паротурбинной установки К-300-240 на 312 МВт) с 1985 г. сооружался на Рязанской ГРЭС. Однако в 1989 г. финансирование уже почти готовой установки было прекращено. Целевые параметры энергоэффективности МГД-электростанций (КПД 60%) были через 20 лет обеспечены другими технологиями – ПГУ при вдвое более низкой температуре рабочего тела (менее 1500 °С). Не нашли применения в энергетике термоэмиссионные и термоэлектрические генераторы из-за их малой мощности, низкого КПД, высокой стоимости, хотя они рассматривались в качестве высокотемпературных надстроек к традиционным паротурбинным электростанциям [15]. Из-за высокой стоимости пока остаются невостребованными в энергетике в должном объеме технологии прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую (топливные элементы). Наконец, будущим поколениям, возможно, достанутся лавры промышленного освоения термоядерной энергии и создания практически неограниченной по ресурсам термоядерной энергетики. Более чем полувековые интенсивные разработки в данной области все еще далеки от завершения. Это уникальная ситуация, которая говорит о чрезвычайной сложности физических и технических проблем, с которыми пришлось столкнуться [40].

Таким образом, ретроспективный анализ развития энергетики в индустриальный период позволяет заключить, что основными причинами неудач с реализацией большого числа новых энергетических технологий и соответствующих технологических прогнозов стали:

а) технологические проблемы, прежде всего связанные с разработкой необходимых материалов и обеспечением требуемых уровней безопасности;

б) проблемы прогнозирования – несостоятельность научно-технических прогнозов в отношении сравниваемых технологий (переоценка НТП по лоббируемым технологиям и недооценка по альтернативным);

в) экономические проблемы – некорректность технико-экономического сопоставления рассматриваемых технологий и оценки их конкурентоспособности;

г) неправильная оценка доступных энергетических ресурсов;

д) недостаточный учет влияния некоторых институциональных ограничений на технологическое развитие энергетики.

Многие крупные интеграционные проекты не были реализованы по политическим причинам, в частности, вследствие наличия непримиримых межгосударственных противоречий. Результаты исследования должны помочь в совершенствовании используемых методов технологического прогнозирования в энергетике и разработке более качественных технологических прогнозов на будущее.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Zvorykin A.A, Osmova N.N., Chernyshev V.I., Shukhardin S.V. History of technology. M: Publ. house of socio-economic literature, 1962.

2. Kondratiev N.D. Large cycles of economic conjuncture: Report / Problems of economic dynamics. M.: Economics, 1989, p. 172-226.

3. Glazyev S.Yu. The theory of long-term technical and economic development. M.: VlaDar, 1993. 310 p.

4. Šmihula D. Long waves of technological innovations. // Studia politica Slovaca, 2011, N2, Bratislava, pp. 50-69.

5. Kurzweil R. The Singularity Is Near. Viking Adult, New York, 2005. 432 p.

6. Vinge V. The Coming Technological Singularity // Whole Earth Review, the Winter 1993 issue, Department of Mathematical Sciences, San Diego State University. 9 p. Available online: http://www.accelerating.org/articles/comingtechsingularity.html

7. Koh W.T.H., Leung H.-M. Education, Technological Progress and Economic Growth. Singapure Management University, 2003. 29 p.

8. Key World Energy Statistics. International Energy Agency, 2016. 80 p.

9. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind / Donella H. Meadows, Dennis l. Meadows, Jorgen Randers, William W. Behrens III. Universe Books, New York, 1972. 211 p.

10. Energy in a finite world: a global system analysis / W. Hafele, Program leader. – Cambridge, Massachusetts: Bullinger Publ. Comp., 1981. 837 p.

11. Limits of growth: 30 years later / D.H. Meadows, J. Randers, D.L. Meadows; trans. with English. E.S. Oganesyan / ed. N.P. Tarasova. M.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2012. 358 p.

12. Nakicenovic N., Perry A.M. Nuclear Development Strategies with Limited Natural Uranium Requirements. Laxenburg, Austria, International Institute of Applied System Analysis, WP-79-129, 1979. 30 p.

13. Marchetti C. Geoengineering and the energy island. Laxenburg, Austria, International Institute of Applied System Analysis, RR-76-1, 1976. 28 p.

14. Hafele W., Martinson D., Walbeck M. The concept of Novel horizontally integrated energy systems // Proc. Of the X World Congress on Automatic Control. – Munchen, IPAC, 1988. – Vol. 5. P. 155-161.

15. Kaganovich B.M., Filippov S.P., Antsiferov E.G .Efficiency of energy technologies: thermodynamics, economics, forecasts. Novosibirsk: Nauka, 1989. 256 p.

16. Haldane J. B. S. Daedalus or Science and the Future. A paper read to the Heretics, Cambridge, on February 4th, 1923. 18 p. Available online: http://bactra.org/Daedalus.html.

17. Bockris J.O'M., Appleby A.J. The Hydrogen Economy – An Ultimate Economy? // Environment This Month, 1972, № 1, p. 29-35.

18. Bockris J.O'M. Hydrogen. Review // Materials, 2011, № 4, p. 2073-2091.

19. Bockris J.O'M. Solar-Hydrogen Alternative. Wiley: NY, USA, 1975.

20. Olah G.A. Beyond Oil and Gas: the Methanol Economy // Angew. Chem. Int. Ed. 2005, 44, p. 2636-2639.

21. Olah G.A., Goeppert A., Suria Prakash G.K. Beyond Oil and Gas: the Methanol Economy. 2nd ed. Wiley VCH: Berlin, Germany, 2009.

22. Hafele W., Sassin W. The global energy system // Behavioral Sci., 1979, Vol. 24, N 3, p.160-189.

23. Rudenko, Y. and Yershevich, V. Is it possible and expedient to create a global energy network? // International Journal of Global Energy Issues, 1991, Vol. 3, No. 3, pp. 159-165.

24. Glaser P. Solar power from satellites / Physics Today, 1977, No. 3, p. 30-38.

25. Criswell D.K., Waldron R.D. Lunar system to supply solar electric power to Earth // Proc. of the 25 Int. Energy Conversion Engineering Conf., Reno, NV, 1990, Vol.1, p. 61-67.

26. Criswell D.K., Waldron R.D. Lunar solar power system: options and beaming characteristics // Proc. of the 43nd Int. Astronautical Federation Congr., Paris, 1993.

27. Belyaev L.S., Rudenko Yu.N., Filippov S.P. Space systems concepts: modes of power supply to Earth // Proc. of the Conf. on Alternative Power from Space, Albuquerque, USA, 1995, p. 945-949.

28. Belyaev L.S., Filippov S.P., Marchenko O.V. Possible role of power from Space in the 21st century //

Proc. of the Conf. on Space Power Systems: Energy and Space for Humanity, Montreal, Canada, 1997, p. 35-40.

29. World energy and transition to sustainable development / Belyaev L.S., Marchenko O.V., Filippov S.P., Solomin S.V., Stepanova T.B., Kokorin A.L. // Kluver Academic Publishers, 2002. 264 p.

30. Kulcinski G. L. et al. Fusion energy from the Moon for the 21st century // Proc. of the 2nd Lunar Base Conf., Houston, TX, 1988.

31. Hefele V. Energy in the transition period. The main problems // Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Energy and Transport, 1999, No. 5, p. 43-53.

32. Energy for a sustainable world / J.Goldemberg, T/B/ Johansson, A.K.N. Reddy, R.H. Williams. New Delhi: Willey Eastern Ltd., 1988.

33. Belyaev L.S., Marchenko O.V., Filippov S.P. Energy and the transition to sustainable development // Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Energy and Transport, 1999, No. 2, p. 3-13.

34. Koptyug V.A. United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, June 1992). Inform. Review. Novosibirsk: Publ. of the Siberian Branch of the RAS, 1992. 62 p.

35. Rogner H.-H., Messner S., Strubegger M., Schmidt E. The Methane Age: Likely Gains in Current Technologies, Emerging Technologies and Their Likely Consequences, Economic - Political - Geopolitical. - Laxenburg, Austria, International Institute of Applied System Analysis, WP-86-068, 1986. 28 p.

36. Turbine Technologies Directory // Modern Power Systems. 20176. V. 37. № 7. P. 24-39.

37. Santoianni D. Setting the Benchmark: The World's Most Efficient Coal-Fired Power Plants. Cornerstone. The official Journal of the World Coal Industry. 2015. 5 p. Available online: http://cornerstonemag.net/setting-the-benchmark-the-worlds-most-efficient-coal-fired-power-plants/.

38. Coal-fired steam power plants. Siemens, 2015. 13 p. Available online: https://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/power-generation/steam turbines/downloads/new/coal-fired-steam-power-plants_EN.pdf.

39. The first in Russia HTSC transformer 1 MVA, 10/ 0,4 kV. E.P. Volkov, E.A. Jafarov, L.S. Fleishman, V.S. Vysotsky, V.V. Sukonkin // Proceedings of the RAS. Power Engineering, No 5, p. 45-56.

40. Orlov V.V., Ponomarev L.I. Nuclear Problems of Thermonuclear Energy // Atomic Energy, 2018. Vol. 124, № 2, p. 105-113.

Поступила в редакцию
16.04.2018 г.

S.P. Filippov[2]

POWER TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN THE INDUSTRIAL PERIOD: ACHIEVEMENTS AND DISAPPOINTMENTS, EXPERIENCE FOR THE FUTURE

Abstract. A retrospective analysis of the power technology development in the industrial period covering virtually the entire 20th century is conducted. Technology advances that are clearly achieved are noted. However, the paper mainly focuses on identifying the reasons of failures occurred when introducing numerous new energy technologies and relevant technology forecasts. It is shown that the root causes of these failures are as follows: underestimated complexity of technical problem solution, untenable technological forecasts as regards technologies compared and incorrect evaluation of their competitiveness, inadequate consideration of certain institutional constraints. The most important technical problems include creating new materials and providing a required level of safety. The results obtained in this study should facilitate improving technological forecast methods used in the power industry and developing higher-quality technological forecasts for the future.

Keywords: power industry, power technologies, technological advances, research and technology development, fuel and energy resources, power supply centralization, resource integration, production concentration, fossil fuel, nuclear power, renewable energy industry.

[2] Sergey P. Filippov – Director of the Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences (ERI RAS), Academician of the RAS, Doctor of Engineering, *e-mail:* fil_sp@mail.ru

УДК 621.311 (470+571)

В.М. Кравченко, В.С. Скулкин, А.Е. Егоров[1]

О ПЕРСПЕКТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Аннотация. В 2015 г. Минэнерго России совместно с ФГБУ «Российское энергетическое агентство» был проведен анализ сложившейся системы перспективного планирования в электроэнергетике. Результатом проведенной работы стал доклад Минэнерго России в Правительство РФ «О совершенствовании системы перспективного планирования в электроэнергетике», на основании которого 26 ноября 2016 г. заместителем Председателя Правительства РФ А.В. Дворковичем утвержден план разработки проектов актов, направленных на совершенствование системы перспективного планирования в электроэнергетике.

Неоднократное обсуждение на различных площадках вопросов совершенствования системы перспективного планирования в контексте разработанных Минэнерго России предложений показало серьезную заинтересованность в дальнейшем обсуждении вопросов перспективного планирования в электроэнергетике не только со стороны субъектов электроэнергетики, но и научного, и экспертного сообщества.

Ключевые слова: электроэнергетика, перспективное планирование, ЕЭС России, единый центр компетенции, нормативная и методическая база.

Сложившаяся система перспективного планирования в электроэнергетике

Перспективное планирование в электроэнергетике осуществляется в соответствии с Правилами разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики, утвержденными постановлением Правительства РФ от 17.10.2009 № 823 (далее – Правила).

В соответствии с Правилами осуществляется разработка следующих документов перспективного планирования в электроэнергетике:

- Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики на 15 лет (ответственная организация – Минэнерго России);
- Схема и программа развития ЕЭС России на 7 лет (ответственные организации – АО «СО ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС»);
- Схема и программа развития электроэнергетики субъекта Российской Федерации на 5 лет (ответственный – субъект РФ).

Анализ сложившейся за последние годы системы перспективного планирования в электроэнергетике показал, что основная масса решений в части перспективного планирования в электроэнергетике принимается в первую очередь исходя из технологических аспектов и наличия соответствующей информационной базы в отдельно взятых субъектах электроэнергетики.

Так, в соответствии с Правилами, Схема и программа развития ЕЭС России разрабатывается совместно АО «СО ЕЭС» и ПАО «ФСК ЕЭС». При этом основной функционал АО «СО ЕЭС» – оперативно-диспетчерское управление ЕЭС России, а основной функционал сетевых компаний – строительство и эксплуатация объектов электросетевого комплекса, что не позволяет указанным организациям в полной мере заниматься вопросами перспективного развития в электроэнергетике, поскольку они не отвечают за экономическое развитие как отдельных субъектов, так и Российской Федерации в целом.

Реализуемая в настоящее время система прогнозирования спроса на электрическую энергию и мощность не регламентирована, основана на информации о технологическом присоединении потребителей, осуществляется экспертно и не учитывает экономических предпосылок, имеющих ключевое значение с точки зрения управления перспективным планированием в электроэнергетике.

[1] Вячеслав Михайлович Кравченко – заместитель министра энергетики РФ, *e-mail:* Pr.Kravchenko@minenergo.gov.ru;
Вячеслав Сергеевич Скулкин – заместитель директора департамента развития электроэнергетики Минэнерго России, *e-mail:* SkulkinVS@minenergo.gov.ru;
Андрей Евгеньевич Егоров – начальник отдела сопровождения программ развития электроэнергетики ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России, *e-mail:* EgorovAE@minenergo.gov.ru.

Фактический максимум нагрузки в ЕЭС России в 2017 г. составил 151 ГВт, а потребление электрической энергии составило 1040 млрд кВт·ч. При этом максимум потребления ЕЭС России в 2017 г. в соответствии со Схемой и программой развития ЕЭС России на 2011-2017 гг. прогнозировался на уровне 181,4 ГВт, а потребление электрической энергии – 1183,4 млрд кВт·ч .

Таким образом, можно сделать вывод, что если бы на этапе планирования принимались более сдержанные темпы роста потребления электрической энергии и мощности, то это позволило бы существенно оптимизировать ввод объектов генерации, предусмотренный перечнем генерирующих объектов, с использованием которых будет осуществляться поставка мощности по договорам о предоставлении мощности, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 11 августа 2010 г. № 1334-р, либо обеспечить ускоренный вывод из эксплуатации соответствующего генерирующего оборудования, выработавшего свой ресурс.

Избыток генерирующих мощностей в ЕЭС России на 2017 г. составил 32,5 ГВт. На 2023 г. в соответствии со Схемой и программой развития ЕЭС России избыток прогнозируется на уровне 29,4 ГВт. При этом указанные величины сопоставимы с первоначальным объемом программы ввода тепловых электрических станций, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 11 августа 2010 г. № 1334-р, который составлял 30,5 ГВт.

Обобщение опыта разработки схем и программ развития электроэнергетики (СиПР) субъектов РФ показало, что разработка СиПР не выполняется всеми субъектами на регулярной основе, а разработанные СиПР не применяются должным образом. Отсутствие соответствующих обоснований сооружения объектов электроэнергетики не влияет на действия руководства отдельных субъектов РФ по лоббированию развития электроэнергетической инфраструктуры в регионе. Отсутствует методическая база для качественного выполнения СиПР. Правилами не предусмотрено полноценное согласование СиПР со Схемой и программой развития ЕЭС России, а также со схемами теплоснабжения муниципальных образований.

В ходе мониторинга разработки и утверждения схем и программ развития электроэнергетики субъектов РФ за период 2011-2017 гг. в Минэнерго России поступила информация о наличии утвержденной схемы и программы развития электроэнергетики в 2011 г. в 65-ти субъектах РФ, в 2012 г. в 73, в 2013 г. в 69, в 2014 г. в 72, в 2015 г. в 68, в 2016 г. в 75, в 2017 г. в 76.

В 2017 г. схемы и программы развития электроэнергетики утверждены в 76-ти субъектах РФ (из них в 21-м субъекте – с нарушением срока, установленного Правилами). При этом высшим должностным лицом субъекта РФ (руководителем высшего исполнительного органа государственной власти) схемы и программы развития электроэнергетики утверждены в 70-ти субъектах. В шести субъектах РФ схемы и программы развития электроэнергетики утверждены неуполномоченным лицом.

В Республиках Дагестан, Карачаево-Черкесской Республике, Приморском крае, Липецкой, Ростовской, Тамбовской областях в 2017 г. схемы и программы развития электроэнергетики разработаны и находятся в стадии согласования и утверждения. В Самарской области и г. Севастополь схемы и программы развития электроэнергетики находятся в процессе разработки. От Республики Крым информация о разработке и утверждении в 2017 г. схемы и программы развития электроэнергетики в Минэнерго России предоставлена не была.

Следует отметить субъекты РФ, где разработка и утверждение схем и программ развития электроэнергетики осуществляется ежегодно:

- в Северо-Западном федеральном округе – Республика Коми, Вологодская, Калининградская, Мурманская, Новгородская области;
- Центральном федеральном округе – Владимирская, Ивановская, Костромская, Курская, Московская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тверская и Тульская области;
- Приволжском федеральном округе – Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Кировская, Нижегородская, Оренбургская, Пензенская, Саратовская и Ульяновская области;

– Южном федеральном округе – Республика Адыгея, Краснодарский край, Астраханская область;
– Северо-Кавказском федеральном округе – Чеченская Республика, Ставропольский край;
– Уральском федеральном округе – Курганская и Челябинская области, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ;
– Сибирском федеральном округе – Республики Алтай, Бурятия, Хакасия, Алтайский и Забайкальский края, Иркутская и Омская области;
– Дальневосточном федеральном округе – Республика Саха (Якутия), Хабаровский край, Амурская и Магаданская области, Чукотский автономный округ.

В соответствии с представленной информацией только в 31-м субъекте РФ схемы и программы развития электроэнергетики выполнены с привлечением специализированных организаций.

Необходимо отметить, что в технологически изолированных энергосистемах, на территории которых не осуществляют свою деятельность АО «СО ЕЭС» и компании группы ПАО «Россети», как данность отсутствует методическая поддержка по вопросам перспективного планирования в электроэнергетике.

Отдельно необходимо отметить вопросы обеспечения надежности ЕЭС России и технологически изолированных энергосистем. В указанной сфере действия субъектов электроэнергетики также носят, как правило, технологический характер. Вопросы экономической обоснованности соответствующих технологических решений регулярно выносятся на повестку дня, но фактически не решаются.

Так, например, в части решения задачи обеспечения балансовой надежности фактически отсутствует соответствующая система показателей, а также порядок определения величины нормативного резерва генерирующих мощностей в ЕЭС России и технологически изолированных энергосистемах.

Серьезно устарели и требуют пересмотра правила проектирования развития энергосистем. Действующие методические рекомендации по проектированию развития энергосистем утверждены приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 281. Идеология указанного документа не соответствует сложившимся в настоящее время рыночным принципам хозяйствования в электроэнергетике. Система перспективного планирования в электроэнергетике не гармонизирована с действующими рыночными механизмами.

По оценкам Минэнерго России, существует значительный потенциал в части оптимизации использования объектов электросетевой инфраструктуры. Схема и программа развития ЕЭС России, как правило, не содержит обосновывающих материалов в части определения целесообразности строительства объектов электросетевого хозяйства.

Разработка Схемы и программы развития ЕЭС России, не предполагающая выполнения в настоящее время обосновывающих расчетов, не позволяет принять решение о присоединении технологически изолированных энергосистем. Более того, в существующей системе перспективного планирования для определения состава мероприятий в указанных целях, как правило, выполняются отдельные внестадийные работы. При этом требуемый состав исходной информации в АО «СО ЕЭС» и ПАО «ФСК ЕЭС» фактически отсутствует, так как указанные субъекты электроэнергетики не осуществляют свою деятельность в технологически изолированных энергосистемах.

Должным образом не прорабатываются вопросы координации развития магистрального и распределительного электросетевого комплексов. Кроме того, как отмечено выше, из Правил следует, что ответственность за разработку документов перспективного планирования различного уровня лежит на разных организациях. При этом взаимосвязанность указанных документов проработана достаточно слабо. Так, например, не работают следующие взаимосвязи, которые являются определяющими при согласовании технических решений, принимаемых на разных уровнях (см. рисунок).

Не проводится регулярная аналитическая, методическая и научная работа в сфере перспективного планирования в электроэнергетике, а необходимые обобщения результатов соответствующих исследований выполняются исклю-

Определяющие взаимосвязи при согласовании технических решений

чительно субъектами электроэнергетики. Ведущие отраслевые, академические и образовательные научные организации функционируют на коммерческой основе, выполняя соответствующие разработки по заказу не только субъектов электроэнергетики, но и частных организаций.

Единый центр компетенции по вопросам перспективного планирования в электроэнергетике

В отрасли отсутствует единый центр компетенции по вопросам перспективного планирования в электроэнергетике, который, учитывая масштаб и трудоемкость задач, решение которых необходимо в сфере перспективного планирования в электроэнергетике, выступал бы в качестве интегратора и позволил бы на должном уровне организовать и проводить не только инженерно-экономическую работу, но и аналитическую, методическую и научную.

Во времена Советского Союза таким единым центром компетенции выступал Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ», который отвечал не только за формирование схемы и программы развития ЕЭС России, но и являлся разработчи-

ком региональных программ электроэнергетики. Указанная организация состояла из головного института в Москве и сети филиалов по всей стране. При акционировании проектного комплекса филиалы института перешли либо в частные руки, либо стали дочерними обществами в составе энергетических компаний. Ряд бывших филиалов института в настоящее время фактически прекратил свое существование.

По мнению Минэнерго России, решение задач перспективного планирования лежит в плоскости кардинального изменения системы перспективного планирования, сложившейся в электроэнергетике за последние годы, и возврата к централизованной системе перспективного планирования с нормативным закреплением статуса генерального проектировщика документов перспективного планирования за Единым центром компетенции. Это позволит обеспечить принятие сбалансированных решений по развитию электроэнергетики в интересах Российской Федерации, учитывающих вопросы развития экономики и энергетической безопасности.

В настоящее время Минэнерго России совместно с АО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» проводится соответствующая работа по изменению (оптимизации) организационной структуры с целью решения задач перспективного планирования в электроэнергетике и образования на базе АО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» Единого центра компетенции по вопросам перспективного планирования в электроэнергетике.

Действующая организационная структура отвечала требованиям выполнения разного рода коммерческих работ, связанных с разработкой схем выдачи мощности электростанций, внешнего электроснабжения потребителей, схем и программ развития электроэнергетики субъектов РФ и как результат – невозможность активного участия специалистов Института «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» в деятельности Минэнерго России.

Нормативная и методическая база в сфере перспективного планирования в электроэнергетике

В соответствии с планом разработки проектов актов, направленных на совершенствование системы перспективного планирования в электроэнергетике, утвержденным заместителем Председателя Правительства РФ А.В. Дворковичем, Минэнерго России необходимо разработать и внести в Правительство РФ изменения в Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» в целях совершенствования системы перспективного планирования в электроэнергетике, а также в Правила разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики, утвержденнные постановлением Правительства РФ от 17.10.2009 № 823.

В настоящее время Минэнерго России разработан и внесен в Правительство РФ законопроект «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике». Законопроектом предусматриваются, в том числе, следующие изменения в Федеральный закон от 26.03.2003 № ФЗ-35 «Об электроэнергетике»:

- определение системы перспективного развития электроэнергетики и исчерпывающего перечня документов перспективного развития электроэнергетики, к которым относятся Прогноз спроса на электрическую энергию и мощность на территории Российской Федерации, Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики, Схема и программа развития Единой энергетической системы России, схемы и программы развития электроэнергетики субъектов РФ;
- определение требований, учет которых обеспечивается при разработке документов перспективного развития электроэнергетики;
- определение понятия перспективной расчетной модели ЕЭС России и технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем, с использованием которой осуществляется разработка документов перспективного развития, и основных требований к разработке документов перспективного развития, касающихся, в том числе, учета прогноза социально-экономического развития, оптимизации топливно-энергетического баланса, приоритета комбинированной выработки электрической и тепловой энергии, согласованности решений по

развитию генерирующих и передающих мощностей и учета требований энергетической безопасности;

- Положение об участии в разработке документов перспективного развития генерального проектировщика документов перспективного развития электроэнергетики – организации, доля участия Российской Федерации в уставном капитале которой составляет 100% и удовлетворяющей критериям, установленным Правительством РФ, в целях интеграции на базе указанной организации информационного, методического, научного обеспечения разработки документов перспективного развития, формирования и развития соответствующих компетенций, а также согласования документов перспективного развития различного уровня;
- наделение полномочиями Правительства РФ или уполномоченных им федеральных органов исполнительной власти по утверждению методик по разработке документов перспективного развития электроэнергетики;
- уточнение полномочий системного оператора и организации по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью по разработке и контролю реализации документов перспективного развития электроэнергетики федерального уровня (Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики, Схемы и программы развития ЕЭС России) и наделение Совета рынка полномочиями по участию в разработке Схемы и программы развития ЕЭС России в целях оценки рыночных и ценовых последствий ее реализации.

Проект изменений в Правила разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики в настоящее время разрабатывается Минэнерго России (с учетом положений законопроекта) и в ближайшее время планируется размещение указанного документа для прохождения процедуры общественного обсуждения.

Кроме того, планом разработки проектов актов, направленных на совершенствование системы перспективного планирования в электроэнергетике, предусмотрена разработка и актуализация ряда документов методического характера, в том числе:

1. Методических указаний по формированию среднесрочного и долгосрочного прогноза спроса на электрическую энергию и мощность, учитывающих экономические факторы развития;

2. Порядка определения величины нормативного резерва генерирующих мощностей в ЕЭС России и изолированных энергосистемах;

3. Методических указаний по обоснованию сооружения энергообъектов генерации и электросетевого комплекса;

4. Методических указаний по разработке схем и программ развития электроэнергетики субъектов РФ.

В 2017 г. по заказу Минэнерго России Институтом «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» с привлечением ИНЭИ РАН выполнена научно-исследовательская работа «Разработка методики прогнозирования спроса на электроэнергию и максимальных электрических нагрузок», на основании результатов которой разработаны методические указания по формированию среднесрочного и долгосрочного прогноза спроса на электрическую энергию и мощность, а также методические рекомендации по ведению реестров инвестиционных проектов и методические рекомендации по ведению реестров технических условий на технологическое присоединение. Утверждение указанных документов Минэнерго России планируется после издания Правил разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики в новой редакции.

Порядок определения величины нормативного резерва генерирующих мощностей в ЕЭС России и изолированных энергосистемах в настоящее время разрабатывается в рамках соответствующей научно-исследовательской работы по заказу Ассоциации «НП Совет рынка».

Методические указания по обоснованию сооружения энергообъектов генерации и электросетевого комплекса в составе Методических указаний по проектированию развития энергосистем, а также Методические указания по разработке схем и программ развития электроэнер-

гетики субъектов РФ планируется разработать с привлечением Института «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» до конца 2018 года. Соответствующая работа в настоящее время организована.

Поступила в редакцию
03.04.2018 г.

V.M. Kravchenko, V.S. Skulkin, A.E. Egorov[2]

ON LONG-TERM PLANNING IN ELECTRIC POWER INDUSTRY

Abstract. In 2015 the Russian Ministry of Energy together with the Federal State Budgetary Institution «Russian Energy Agency» analyzed the current long-term planning system in the electric power industry. The result of this work was a report prepared by the Russian Ministry of Energy to the Government of the Russian Federation «On Long-Term Planning System Improvement in Electric Power Industry». A.V. Dvorkovich, Chairman of the Government of the Russian Federation, approved the plan for the development of draft acts intended to improve the long-term planning system in the electric power industry based on this report on November 26, 2016.

Issues related to long-term planning system improvement were discussed on different platforms many times in terms of proposals developed by the Russian Ministry of Energy. It indicates a strong interest in the further discussion of long-term planning issues for the electric power industry not only among electric power industry entities, but also within the scientific and expert community.

Keywords: electric power industry, long-term planning, Unified Energy System of the Russian Federation, single center of competence, regulatory and methodological framework.

[2] Vyacheslav M. Kravchenko – Deputy Minister of Energy of the Russian Federation, *e-mail:* Pr.Kravchenko@minenergo.gov.ru;
Vyacheslav S. Skulkin – Deputy Director of the Department for Electric Power Industry Development at the Russian Ministry of Energy, *e-mail:* SkulkinVS@minenergo.gov.ru;
Andrey E. Egorov – Head of the Department for Maintenance of Electric Power Industry Development Programs of the Federal State Budgetary Institution «Russian Energy Agency» at the Russian Ministry of Energy, *e-mail:* EgorovAE@minenergo.gov.ru.

УДК 621.11:338.27

Ю.Д. Кононов, Д.Ю. Кононов[1]

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ ВАРИАНТОВ ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ ТЭК[2]

Аннотация. В статье анализируется эволюция методов и моделей долгосрочного прогнозирования развития систем энергетики (ТЭК). Отмечается конфликт между двумя тенденциями: усложнения используемого методического инструментария и объективного ускорения роста неопределенности. Вторая тенденция снижает практическую ценность точных прогнозов, но повышает значимость определения прогнозной области (конуса неопределенности) и комплексной оценки, формирующих ее вариантов, включая риск-анализ. Показана целесообразность использования для такого анализа стохастических моделей.

Ключевые слова: прогнозирование, ТЭК, системы энергетики, модели, неопределенность, оптимизация, стохастика, инвестиционные риски.

Введение

Объективный и значительный рост неопределенности внешних и внутренних условий развития ТЭК увеличивает важность долгосрочных прогнозов, но затрудняет повышение их качества. Основным способом повышения доверия к прогнозам считается совершенствование и усложнение используемых экономико-математических моделей. В этом направлении в России и за рубежом достигнуты значительные успехи. Но трудно рассчитывать на дальнейшую успешную борьбу с неопределенностью только за счет большего разагрегирования объектов моделирования, детализации внешних и внутренних связей систем и их свойств. Более перспективным представляется поэтапное формирование и сужение прогнозной области, при котором на каждом этапе выделяются и решаются основные задачи с учетом неопределенности исходных данных и требований к качеству решения [1].

Важную роль в учете фактора неопределенности при долгосрочном прогнозировании развития ТЭК играет сценарный подход – расчеты моделей при разных возможных состояниях внешней среды. Из анализа множества оптимальных в тех или иных условиях вариантов в основном и формируется прогнозная область (конус неопределенности) долгосрочного развития ТЭК. Сужение этой области возможно, например, путем совершенствования методов и схемы прогнозных исследований, определения места стохастических моделей в этих исследованиях, использования дополнительных критериев при сравнении вариантов. Краткий анализ этих возможностей и является основной целью данной статьи.

Эволюция методического инструментария для прогнозирования развития ТЭК

Осознание значимости долгосрочных прогнозов для выработки стратегических решений стимулировало развитие методологии прогнозирования на основе методов системного анализа. Существенный вклад в развитие этих методов и экономико-математических моделей применительно к системам энергетики внес Сибирский энергетический институт (сейчас Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева – ИСЭМ СО РАН), где в 70-х годах прошлого века была разработана первая в СССР оптимизационная модель ТЭК [2] и создана система моделей для долгосрочного прогнозирования развития энергетики. Помимо модели ТЭК она включала межотраслевую оптимизационную модель, регрессионную модель энергопотребления и модель требований ТЭК к развитию сопряженных с ним отраслей и производств. Близкая по структуре система моделей исполь-

[1] Юрий Дмитриевич Кононов – заведующий отделом Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН, д.э.н., профессор, *e-mail:* kononov@isem.irk.ru;
Дмитрий Юрьевич Кононов – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к.т.н., *e-mail:* dima@isem.irk.ru;
[2] Статья отражает результаты исследований, выполняемых по гранту РФФИ (проект № 16-06-00091).

зовалась в те годы для прогнозов развития мировой энергетики в Международном институте прикладного системного анализа [3].

Процесс развития методического инструментария, используемого в прогнозах развития энергетики, шел сначала путем усложнения моделей, в том числе за счет более развернутого представления экономики в энергетических моделях и большей детализации описания ТЭК в моделях экономики. Но уже в 80-х годах прошлого века в СССР и за рубежом получила распространение концепция использования для учета взаимосвязей экономики и энергетики систем иерархически организованных моделей, в которых все более важную роль играли макроэкономические модели. За рубежом это были преимущественно эконометрические модели, построенные на принципах общего равновесия, а в СССР и других странах с плановой экономикой – модели межотраслевого баланса.

Изменение в 1990-х годах в России социальной среды и условий хозяйствования поставило задачу модификации прежних методов и инструментов прогнозирования развития ТЭК. Новые экономические условия сделали необходимым учет формирования и роли энергетических рынков. В настоящее время межстрановые различия в моделировании развития ТЭК и его взаимосвязей с экономикой заметно уменьшились.

По мере расширения состава задач и усложнения рассматриваемых проблем все четче вырисовывалась тенденция к созданию вычислительных комплексов, рассчитанных на использование мощной вычислительной техники и новейших информационных технологий. При этом наметились два основных подхода.

Один из них – выбор из имеющегося набора (стенда) разного рода экономико-математических моделей необходимых только для решения определенных задач долгосрочного прогнозирования развития энергетики. При этом взаимосвязи между моделями в создаваемых комплексах необязательно автоматизированы. Такой подход используется, например, в ИСЭМ СО РАН, где накопленный опыт позволяет рациональным образом адаптировать модели и конструировать их комбинации для тех или иных прогнозных исследований. Корректировка исходных данных и ограничений в ходе контролируемых итерационных расчетов и увязки разных моделей позволяет решать проблему учета и согласования разных критериев оптимальности.

Другой подход к интеграции моделей – стремление автоматизации расчетов, использование единой базы данных (объединяющего модуля) и даже общего критерия. Примером такого подхода может служить мощный компьютерный комплекс NEMS (The National Energy Modeling System) [4]. Он создан в 1993 г. под эгидой Министерства энергетики США и используется для оценки возможных последствий для энергетики, экономики, окружающей среды и безопасности страны альтернативных вариантов энергетической политики различных (возможных) ситуаций на мировых энергетических рынках. NEMS объединяет более 10 модулей (моделей), в том числе: макроэкономики, международных энергетических рынков, национальных рынков электроэнергии, угля, моторных топлив и т.д. При этом обеспечивается баланс спроса и предложения энергоресурсов по 9 регионам, охватывающим все штаты.

Модельно-компьютерные комплексы для исследования проблем энергетического планирования и экологического менеджмента разрабатываются и в странах ЕЭС, Китае и Японии.

В России на основе объединения имеющихся и новых математических моделей и использования новейших информационных технологий создаются модельно-информационные комплексы, призванные, в частности, обеспечить системную оценку эффективности и рисков реализации разных стратегий развития энергетики как части экономики и позволяющие определять возможные последствия решений, прорабатываемых политическим и хозяйственным руководством страны. Таким успешно используемым комплексом является SCANER [5], разработанный в ИНЭИ РАН.

В SCANER наряду с вертикальными (межуровневыми) взаимодействиями существуют сильные горизонтальные связи – между моделями ТЭК регионов, топливно-энергетических отраслей и компаний, а также между функциональными (спрос на продукцию, производство и транспорт, экономика и финансы и т.д.) и временными блоками модели одного и того же хозяйственного объекта.

Современный уровень развития вычислительной техники и информационных технологий позволяет конструировать модельно-информационные комплексы любой сложности. При этом, однако, нельзя не учитывать следующие особенности: большую и растущую неопределенность исходных данных; зависимость требуемой точности расчетов от рассматриваемой перспективы и решаемых задач; сложность анализа получаемых результатов при большом количестве показателей, связей и критериев; целесообразность участия экспертов на отдельных этапах расчетов. Эти особенности заставляют осторожно относиться к построению многомодельных комплексов для одновременной (совместной) оптимизации развития энергетики и экономики.

Такие комплексы с полной автоматизацией расчетов не только трудно отлаживать, но, что более важно, на них трудно анализировать роль отдельных факторов и связей и интерпретировать получаемые результаты. Неформализованный подход, когда информация, получаемая из расчетов одной модели, анализируется и служит входом в другую модель, существенно облегчает исследование сложных проблем.

Важным принципом совершенствования моделей является соотнесение точности результатов расчетов с точностью используемой для этого информации [6]. Этот принцип схож с известным принципом бритвы Оккама и предполагает конструирование как можно более простых моделей, но учитывающих основные свойства рассматриваемой системы, необходимые для приемлемого решения данной задачи в конкретных условиях.

Принципу соответствия используемого методического инструментария неопределенности исходных данных отвечает поэтапный подход к сужению области неопределенности условий и результатов прогнозных исследований путем итерационных расчетов моделей разного иерархического уровня на каждом временном этапе и согласования итоговых показателей во времени [7]. При этом на начальном этапе рассматриваются максимальный горизонт прогнозирования (более 25 лет) и минимальное количество уровней и моделей. Поэтапный процесс прогнозирования от отдаленного к близкому будущему не исключает последующей обратной итерации прогнозных исследований – корректировки долгосрочных прогнозов по результатам углубленного анализа не столь отдаленной перспективы. На каждом из этих временных этапах итеративные расчеты («сверху вниз» и «снизу вверх») позволяют учесть особенности развития (возможности и требования) систем разного иерархического уровня, формирующих общеэнергетическую систему страны. При этом целесообразно в прогнозах на перспективу до 15-20 лет учитывать возможную реакцию потенциальных инвесторов на прогнозируемое изменение цен и спроса.

Один из важных способов повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК – определение наиболее значимых для каждого временного этапа задач и их решение адекватными методами.

Методы комплексной оценки вариантов развития отраслевых систем ТЭК

В любой системе моделей, используемой при прогнозировании развития систем энергетики, ключевую роль играют оптимизационные модели ТЭК страны. Они позволяют в первом приближении выделить варианты ввода мощностей в электроэнергетике и топливной промышленности, удовлетворяющие обеспечению заданной потребности в энергоносителях и выбранному критерию. Дополнительная оценка и корректировка этих вариантов может потребовать использования специализированных оптимизационных моделей отраслевых систем ТЭК [8, 9], учитывающих режимы производства и потребления данного энергоносителя, региональные особенности и другие факторы.

Анализ показывает, что взаимосвязи моделей разного иерархического уровня и итерационные расчеты особенно важны при среднесрочных прогнозах. При горизонте прогнозирования до 10-15 лет целесообразно дополнительно включать в схему прогнозных исследований уровень энергетических компаний, моделируя возможную реакцию инвесторов на возможную динамику цен и спроса. В такого рода моделях основным критерием является максимум прибыли (с учетом рисков).

На практике естественная многокритериальность развития энергетических систем заменяется выбором одного главного критерия, а остальные цели приводятся в качестве ограничений на допустимую область изменения основных факторов. В оптимизационных моделях ТЭК, или его отраслевых систем, таким критерием обычно является минимум приведенных (с учетом инвестиционной составляющей) или дисконтированных затрат на обеспечение заданной потребности в энергоносителях. Эти цены, как правило, не совпадают с рыночными, что реально искажает конкурентоспособность новых производственных мощностей. При сильном их отличии целесообразно проводить дополнительные расчеты моделей по критерию максимума прибыли (с учетом разности между рыночными ценами и ценами самофинансирования).

При поэтапном подходе к долгосрочному прогнозированию ТЭК и включению в итерационную схему расчетов региональных моделей энергоснабжения, а также моделей, имитирующих поведение потенциальных инвесторов – энергетических компаний, появляется целесообразность и возможность учитывать сравнительную рискованность рассматриваемых вариантов. Такую возможность дает использование стохастических моделей. В таких моделях исходные данные, условия функционирования и характеристики состояния моделируемого объекта представлены случайными величинами и связаны стохастическими (то есть случайными, нерегулируемыми) зависимостями. Основные параметры таких моделей определены не однозначно, а через законы распределения их вероятности [10].

В прогнозных исследованиях долгосрочного развития такой сложной и многофункциональной системы как ТЭК стохастические модели целесообразно использовать на заключительных этапах прогнозирования при решении наиболее значимых для каждого временного этапа задач (табл. 1). К числу таких задач относятся: количественная оценка стратегических угроз и пороговых значений индикаторов энергетической безопасности, прогноз взаимосвязанной динамики цен и спроса на региональных энергетических рынках, оценка конкурентоспособности новых технологий и принципиальных изменений в структуре производства и потребления электроэнергии и топлива. При решении этих задач надо учитывать региональные особенности (экономические, энергетические, природные и др.).

В практике прогнозирования для решения проблем неопределенности и учета стохастики может использоваться комбинированный подход – сочетание детерминированных оптимизационных моделей с известным методом статистических испытаний (Монте-Карло [11]). Такой подход применялся при анализе рисков развития газовой отрасли России [12] и при разработке в ИСЭМ СО РАН модели МИСС (Модель имитационная стохастическая статическая). Разные модификации этой модели используются в ИСЭМ СО РАН для комплексной оценки и риск-анализа вариантов энерго- и топливоснабжения отдельных макрорегионов, а также при прогнозировании конъюнктуры на региональных энергетических рынках и определении ценовой эластичности спроса [13].

Многочисленные расчеты с помощью стохастической модели МИСС показали ее работоспособность и выявили заметное влияние характера неопределенности исходных данных на величину инвестиционных рисков.

Иллюстрацией могут служить результаты, приведенные в табл. 2 и 3. Они относятся к прогнозу ввода мощностей электростанций в европейской части страны в предполагаемых условиях в период 2020-2025 гг. Учитывались особенности шести выделенных в модели регионов: цены на топливо, ограничения на ввод отдельных типов электростанций, их технико-экономические показатели. При этом задаваемые интервалы неопределенности исходных данных составляли: цен на топливо – 10-15% для каждого региона, прироста потребности в электроэнергии – 10%, других показателей – 5-15%. Рассматривались два варианта распределения вероятных значений всех этих показателей внутри заданных диапазонов: нормальное (близкое к средним) и равновероятное (интервальная неопределенность).

Следует отметить, что изменение характера распределения вероятностей значений исходных данных внутри задаваемых интервалов

Таблица 1

Область целесообразного использования стохастических моделей при прогнозных исследованиях развития ТЭК

Типы моделей	Горизонт прогнозирования	Решаемые задачи
Детерминированные Основные: оптимизационные ТЭК и электроэнергетики	Более 20-25 лет	Определение границ прогнозной области (конуса неопределенности), инвариантов (устойчивых решений).
Дополнительные: разагрегированные модели отраслевых систем ТЭК, макроэкономики, потребностей в энергоносителях и динамики их стоимости по макрорегионам	До 20-25 лет	Выявление возможных проблем, стратегических угроз. Уточнение целей и задач дальнейших исследований
Стохастические Энерго- и топливоснабжения регионов, региональных энергетических рынков, развития энергетических компаний	До 15-20 лет	Количественная оценка стратегических угроз и пороговых значений индикаторов энергетической безопасности. Ценовая эластичность спроса на топливо и электроэнергию. Перспективы развития региональных энергосистем и новых источников электроэнергии. Риск-анализ крупномасштабных проектов и программ

Таблица 2

Влияние характера неопределенности исходных данных на инвестиционные риски новых мощностей

Характер неопределенности	Тип электростанций	Средние риски, %	
		всех станций	наименее эффективных мощностей
Нормальное распределение	Газовые	4	16
	Угольные	4,5	49
	ГЭС и ВИЭ	10	38
Интервальная неопределенность	Газовые	9	39
	Угольные	12	69
	ГЭС и ВИЭ	21	68

Источник: *результаты расчетов одного из авторских прогнозов развития электроэнергетики европейской части РФ.*

Таблица 3

Рост инвестиционных рисков при увеличении годового ввода мощностей атомных станций*

Варианты	Мощность, МВт			
	800	1100	1500	1700
Дорогой газ	0-2	6-25	22-40	35-45
Дешевый газ	1-10	16-36	32-45	42-50
Дешевый газ при повышенном (на 10%) спросе на электроэнергию	0-1	5-21	13-30	31-42

Примечание: * – первые значения – при нормальном распределении исходных данных, вторые – при их интервальной неопределенности.

неопределенности оказывает заметное влияние не только на величину инвестиционных рисков, но и на рациональный ввод мощностей. В рассматриваемом примере переход к интервальной неопределенности привел к увеличению мощности угольных электростанций на 5%. Соответственно снизились мощности новых газовых станций и станций на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ).

Заключение

Ускорение роста неопределенных условий развития ТЭК увеличивает важность долгосрочных прогнозов, но затрудняет повышение их качества только за счет продолжения тенденции усложнения и детализации моделей. Принцип соответствия методического инструментария объективной неопределенности исходных данных и требуемой точности прогнозов реализуется на практике пока на основе интуиции создателей и пользователей моделей. Более обоснованный подход к реализации этого принципа может быть разработан с помощью количественного анализа и сопоставления зависимости качества прогнозов и их ценности для принятия решений от рассматриваемой перспективы.

В прогнозных исследованиях ТЭК важное место занимают способы определения возможных вариантов ввода новых мощностей, формирования на основе их анализа прогнозной области вероятного развития отраслей ТЭК и поэтапного сужения этой области.

Методический подход, сочетающий оптимизацию с имитацией на основе метода Монте-Карло разных комбинаций исходных данных с разной степенью достоверности их вероятностных характеристик, расширяет аналитические возможности используемых в настоящее время подходов к оценке рискованности и конкурентоспособности вариантов развития.

Результаты экспериментальных расчетов показывают, что не только масштабы, но и характер неопределенности будущих условий может оказывать заметное влияние на сравнительную эффективность и рискованность крупномасштабных проектов и вариантов развития систем энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононов Ю.Д., Кононов Д.Ю. Способы повышения эффективности долгосрочных прогнозов ТЭК // Энергетическая политика. 2013. № 1. С. 53-59.

2. Криворуцкий Л.Д., Макарова А.С., Папин А.А. Методы разработки стратегий долгосрочного развития энергетики // Вопросы прогнозирования топливно-энергетического комплекса. Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1976. С. 65-81.

3. Energy in a Finite World: A Global Systems Analysis / Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company, 1981. 825 p.

4. U.S. Energy Information Administration (2014). The National Energy Modeling System: An Overview / U.S. Energy Information Administration. URL: http://www.eia.gov/oiaf/aeo/overview/

5. Макаров А.А. Системные исследования развития энергетики. М.: Изд. дом МЭИ, 2015. 280 с.

6. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике: Элементы теории, направления развития. М.: Наука, 1979. 414 с.

7. Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. Новосибирск: Наука, 2015. 147 с.

8. Воропай Н.И., Труфанов В.В. Математическое моделирование развития электроэнергетических систем в современных условиях // Электричество. 2000. № 5. С. 2-9.

9. Макаров А.А., Веселов Ф.В., Волкова Е.А., Макарова А.С. Методические основы разработки перспектив развития электроэнергетики. М.: ИНЭИ РАН, 2007. 102 с.

10. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. М.: Дело, 2003. 520 с.

11. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. М.: Наука, 1975. 472 с.

12. Елисеева О.А., Лукьянов А.С., Тарасов А.Э. Исследование перспектив и анализ рисков развития газовой отрасли России // Известия РАН. Энергетика. 2010. № 4. С. 119-132.

13. Гальперова Е.В., Кононов Д.Ю., Тыртышный В.Н. Комплекс моделей для долгосрочного прогнозирования конъюнктуры региональных энергетических рынков // Труды XIX Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и в управлении». Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2014. С. 14-21.

REFERENCES

1. Kononov Yu.D., Kononov D.Yu. Sposoby povysheniya ehffektivnosti dolgosrochnyh prognozov TEK // Energeticheskaya politika. 2013. № 1. S. 53-59.

2. Krivoruckij L.D., Makarova A.S., Papin A.A. Metody razrabotki strategij dolgosrochnogo razvitiya ehnergetiki // Voprosy prognozirovaniya toplivno-ehnergeticheskogo kompleksa. Irkutsk: SEI SO AN SSSR, 1976. S. 65-81.

3. Energy in a Finite World: A Global Systems Analysis / Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company, 1981. 825 p.

4. U.S. Energy Information Administration (2014). The National Energy Modeling System: An Overview / U.S. Energy Information Administration. URL: http://www.eia.gov/oiaf/aeo/overview/

5. Makarov A.A. Sistemnye issledovaniya razvitiya ehnergetiki. M.: Izd. dom MEI, 2015. 280 s.

6. Melent'ev L.A. Sistemnye issledovaniya v ehnergetike: Elementy teorii, napravleniya razvitiya. M.: Nauka, 1979. 414 s.

7. Kononov Yu.D. Puti povysheniya obosnovannosti dolgosrochnyh prognozov razvitiya TEK. Novosibirsk: Nauka, 2015. 147 s.

8. Voropaj N.I., Trufanov V.V. Matematicheskoe modelirovanie razvitiya ehlektroehnergeticheskih sistem v sovremennyh usloviyah // Elektrichestvo. 2000. № 5. S. 2-9.

9. Makarov A.A., Veselov F.V., Volkova E.A., Makarova A.S. Metodicheskie osnovy razrabotki perspektiv razvitiya ehlektroehnergetiki. M.: INEI RAN, 2007. 102 s.

10. Lopatnikov L.I. Ekonomiko-matematicheskij slovar': Slovar' sovremennoj ehkonomicheskoj nauki. M.: Delo, 2003. 520 s.

11. Ermakov S.M. Metod Monte-Karlo i smezhnye voprosy. M.: Nauka, 1975. 472 s.

12. Eliseeva O.A., Luk'yanov A.S., Tarasov A.E. Issledovanie perspektiv i analiz riskov razvitiya gazovoj otrasli Rossii // Izvestiya RAN. Energetika. 2010. № 4. S. 119-132.

13. Gal'perova E.V., Kononov D.Y., Tyrtyshnyj V.N. Kompleks modelej dlya dolgosrochnogo prognozirovaniya konyunktury regional'nyh ehnergeticheskih rynkov // Trudy XIX Bajkal'skoj Vserossijskoj konferencii «Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i v upravlenii». Irkutsk: ISEM SO RAN. 2014. S. 14-21.

Поступила в редакцию
31.05.2017 г.

Yu.D. Kononov, D.Yu. Kononov[3]

ANALYSIS OF METHODS AND MODELS APPLIED TO ASSESS THE OPTIONS OF LONG-TERM ENERGY DEVELOPMENT

Abstract. In the paper we analyze the evolution of methods and models for long-term forecasting of energy development. A conflict between two trends is shown: the complication of the applied methodological tools and objective acceleration of an increase in the uncertainty. The second trend diminishes the practical value of «accurate» forecasts but raises the importance of identifying the field of forecasting (the cone of uncertainty) and comprehensively assessing the options this region consists of, including risk analysis. The paper demonstrates the advisability of using such an analysis of stochastic models.

Keywords: forecasting, energy, models, uncertainty, optimization, stochastic, investment risks.

[3] Yury D. Kononov – Head of Department at the Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Full Professor, *e-mail:* kononov@isem.irk.ru;
Dmitry Yu. Kononov – Senior Researcher at the Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, PhD in Engineering, *e-mail:* dima@isem.irk.ru

УДК 622.323 (470+571)

Ю.К. Шафраник, В.А. Крюков[1]

НЕФТЬ В ПРОСТРАНСТВЕ И «ПРОСТРАНСТВО НЕФТИ»

Аннотация. В статье анализируется современное состояние, проблемы и перспективы развития российского нефтегазового комплекса (НГК). Приведены основные результаты деятельности НГК за последние годы, рассматриваются происходящие трансформации «пространства нефти» как в общемировом, так и российском масштабе, роль и значение нефти в пространстве России.

Ключевые слова: нефть, Россия, нефть в пространстве, «пространство нефти», нефтегазовый комплекс, экономика.

Нефть и в целом нефтегазовый комплекс уже много лет доминантно определяют состояние отечественной экономики. Определяют напрямую и – это важно – косвенно, что часто не учитывается в текущих планах и стратегии экономического развития страны, поэтому приводит к однобоким и даже ошибочным выводам.

Роль нефти в России имеет такую специфику, которой нельзя пренебрегать при выводе экономики на траекторию поступательного развития. Эта специфика в значительной мере определяется невероятной обширностью территории страны, что является нашим активом и пассивом одновременно. Актив – возможности, которые открываются при переходе к менее освоенным пространствам. Пассив – колоссальные затраты труда и капитала при этом движении.

Очевидно, что роль нефти в России не может быть адекватно оценена в рамках лишь попарного осмысления («нефть и научно-технический прогресс», «нефть и урбанизация», «нефть и гражданское общество» и т.п.), которому присущи оценки-приговоры («ресурсное проклятье», «голландская болезнь», «социально-экономический застой»). Тут, как минимум, надо рассматривать явление в динамике взаимодействия двух составляющих – «нефть в пространстве» и «пространство нефти».

Результаты НГК впечатляют

Российский нефтегазовый комплекс является одним из крупнейших в мире и продолжает успешно развиваться. По итогам 2016 г., как и 2017-го, добыча нефти и газового конденсата достигла максимального за всю историю уровня – 547 млн т. Россия занимает второе место в мире после США по добыче нефти и природного газа и второе место в мире после Саудовской Аравии по экспорту нефти. Правда, на состоянии НГК в 2014-2017 гг. сказались санкции и падение цен на углеводороды, но главное при этом – удалось удержать инвестиционные программы в отрасли. Страна выходит на мировой рынок СПГ (создаются новые мощности по его производству), увеличивается протяженность нефтегазопроводов, включая экспортные. Осваиваются новые месторождения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Но при этом надо учитывать следующее…

«Пространство нефти»: стремительные перемены

«Пространство нефти» (внутренняя структура отраслевых связей и взаимоотношений в ходе многостадийного процесса от поисков до добычи, транспортировки и переработки «черного золота»), а также ее связи с внешним по отношению к ней миром претерпевают колоссальные трансформации.

Внешний мир в ближайшие годы характеризуется ускоренным развитием производства альтернативных энергоресурсов, а также резким изменением представлений о потребностях экономики в углеводородах под влиянием научно-технического «взрыва» последних двух десятилетий. Горячие головы даже заявляют об окончании «эры нефти» в обозримые 20-30 лет. В числе оснований, например, то, что растет

[1] Юрий Константинович Шафраник – председатель Совета Союза нефтегазопромышленников России, д.э.н., *e-mail:* referent@snggroup.com;
Валерий Анатольевич Крюков – директор Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, чл.-корр. РАН, профессор НИУ-ВШЭ, д.э.н., *e-mail:* kryukov @ ieie.nsc.ru

число инициатив на уровне самых различных стран по отказу от двигателей внутреннего сгорания в долгосрочной перспективе. В частности, Китай предполагает к 2050 г. достичь в своем «автохозяйстве» 30-процентной доли электромобилей. Стремительно растет производство энергии из альтернативных источников, которое сопровождается впечатляющим снижением затрат; усиливается внимание к проблемам охраны окружающей среды и проч.

Важно и то, что в системе «поиск – добыча» углеводородов стремительно меняется и внутренняя структура – соотношение различных типов компаний, видов и сфер деятельности. Все это также происходит под влиянием научно-технического прогресса и тех новых условий, в которых осуществляются все отраслевые процессы. Яркая иллюстрация: США менее чем за десять лет нарастили добычу нефти с 339 до 625 млн т в год, а газа – с 545 до 749 млрд м^3. Как итог – рост предложения углеводородов на мировом рынке превысил спрос, и цены, например на нефть, упали втрое. Диктат производителя сменился диктатом потребителя нефти и газа.

При рассмотрении «пространства нефти» важно понимание не столько его постоянного сжатия, сколько того, что и как будет потом. Несомненно, что потом нефть останется (хотя и в более скромных масштабах) не только как источник энергии, но и как основа для получения разнообразных химических продуктов. Для нас важно, что этот переход в состояние потом будет сопровождаться изменениями во внутреннем «пространстве нефти». К числу таких изменений обязательно следует отнести усиление роли знаний и интеллекта на всех стадиях и этапах от поисков до добычи. Так, большие данные и информационные технологии, на основе которых получают распространение распределенные базы знаний и данных, будут становиться более доступными всем, кто склонен к принятию риска при реализации новых проектов. И эти процессы станут во все большей степени определять динамику нефтегазового комплекса в мире и в нашей стране. Результат – снижение издержек (несмотря на ухудшение горно-геологических и географических условий), умеренные цены и успешность только конкурентоспособных производителей.

Следует отметить, что льготы и преференции не могут играть значительной роли в долгосрочной перспективе. Их назначение состоит в запуске новых процессов. При этом любые преференции должны служить, в первую очередь, развитию производительных сил России, а не являться базой для закупки оборудования и услуг за рубежом.

Сегодня неизмеримо возрастает роль инновационных компаний, возникает среда, в рамках которой взаимодействуют ВИНКи (крупные вертикально-интегрированные компании), малые и средние предприятия, число которых в мире, в отличие от России, стремительно множится. В этой ситуации ВИНКи, в частности, утрачивают многие универсальные преимущества, включая действие «фактора экономии на масштабе». Бизнес производства углеводородов во все большей степени нормализуется с точки зрения его доходности (в том числе и так называемой бюджетной эффективности) вследствие сложной игры «издержки – результаты».

Важная особенность «пространства нефти» состоит и в том, что на новых объектах (более сложных и наукоемких, а также расположенных в ранее освоенных районах) малые и средние инновационные компании более чем успешно конкурируют с ВИНКами, равно как и для независимых сервисных подрядчиков подобные объекты становятся основной сферой приложения усилий. Но это опять-таки не у нас, где данный процесс затормозился, а в последние годы имеет отрицательную динамику.

Российское «пространство нефти»

В современной России это пространство также имеет свою значительную специфику. В основе лежат особенности ресурсной базы добычи углеводородов – тот колоссальный задел, который был создан за годы плановой экономики, а также та роль, которую нефть и газ играют в доходах государственного бюджета. По итогам первого полугодия 2017 г. экономика страны выросла на 1,4% во многом благодаря росту цен на нефть и высокому уровню экспортных поставок.

Эти обстоятельства определяют формы связей и взаимодействий всех участников отечественного нефтяного пространства. Домини-

рующую роль играют ВИНКи (прежде всего компания-лидер ПАО «Роснефть»); роль малых и средних компаний остается более чем скромной. Современные информационные технологии и подходы экономики знаний используются все более широко, но в значительной мере как дополняющие и в русле тех представлений, которые зарекомендовали себя в других странах мира (число отечественных прорывных технологий абсолютно незначительно).

Между тем именно на ВИНКах во главе с «Роснефтью» (с их достижениями и возможностями) лежит основная ответственность за создание нового – конкурентного и высокотехнологичного – «пространства нефти» в России. Оно меняется, но не так целенаправленно и динамично, как этого требует время. Причем, если подразумеваются рыночные отношения, служащие развитию российской экономики, то действия самих компаний и механизмы их взаимодействия значат больше, чем любые законодательные инициативы и директивные указания. Пока же мы видим отсутствие реального консенсуса в профессиональном сообществе по самым злободневным вопросам.

Нефть в пространстве России

Начиная с середины прошлого столетия углеводороды удерживают роль премьера среди отечественных минерально-сырьевых ресурсов. Благодаря формированию новых районов добычи нефти и газа на девственных просторах были построены города, разнообразная инфраструктура. Иными словами, был обеспечен переход от географического пространства к пространству экономическому (мы далеки от мысли идеализировать данные процессы: были и ошибки, но то, что сделано, имеет в целом колоссальное позитивное значение).

И этот путь в пространстве далеко не завершен. Восточная Сибирь и Арктика, шельф и Дальний Восток таят в себе огромные возможности экономического роста. Показателен в этом отношении пример Республики Саха (Якутия) – освоение нефтегазовых месторождений и сооружение новых инфраструктурных объектов служит мощным подспорьем, например, алмазодобывающей отрасли, которая переживает не самые лучшие времена. Движение нефти в пространстве определяется не столько бизнесом, сколько государством и компаниями-лидерами (как правило, с государственным участием ПАО «Роснефть», ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть», исключение – ПАО «НОВАТЭК», ОАО «Сургутнефтегаз»). Подчеркнем еще раз: подлинное лидерство компаний заключается не в поглощении отраслевых активов, а в формировании экономической, конкурентной среды, необходимой России.

В силу того что знания и интеллект становятся главенствующими в развитии НГК, активно меняются организационные формы и пространственные рамки реализации проектов. В этой связи представляется ошибочным высказываемое некоторыми экономистами противопоставление пространственной экономики развитых стран (основу которой составляют центры экономической активности – агломерации) развитию пространства, основанного на освоении и использовании природных ресурсов. Такое противопоставление носит чересчур общий характер и не учитывает территориальную специфику России. Наши природные ресурсы еще долго будут востребованы на внутреннем и мировом рынке. Их разбросанность по огромной территории предопределяет необходимость развития инфраструктуры и концентрации населения вокруг месторождений и прилегающих к ним центров не только первичной, но и, возможно, вторичной переработки и производства некоторых конечных продуктов.

В реализации проектов будущего вряд ли будут экономически эффективны и социально оправданы моногорода и стационарные монопрофильные поселения. Скорее, процесс будет развиваться в направлении формирования пространственно-рассредоточенных объектов. Это собственно добыча в местах размещения источников ресурсов (при максимально возможном применении информационных технологий по аналогии со смарт-генерацией и автономно управляемыми карьерными комплексами). В то же время сопровождение производственных систем, их разработка, а также получение всего многообразия конечных продуктов займут место на значительном удалении.

Можно сформировать представление о будущем, гораздо сложнее перейти от настоящего (ранее созданных для других экономических условий технологических комплексов) к новому качеству. Здесь как никогда велика роль целенаправленного государственного регулирования при обязательном учете фактора пространства. Едва ли целесообразно, например, в агломерациях осуществлять первичную и даже вторичную переработку сырья.

Нефть и газ – не только энергоресурсы страны, но и важные факторы ее пространственного развития, в определенном смысле – «скрепы» ее территориального каркаса. Они должны дать конкурентные преимущества самой России благодаря насыщению углеводородами внутреннего рынка, развитию нефтегазохимии, снижению тарифов на электроэнергию и цен на природный газ.

Россия, вполне возможно, когда-то станет экономикой крупных агломераций, функционирующих за счет сильных внутренних производственных, социальных и культурных связей, в рамках которых создаются товары и услуги на основе действия синергетического эффекта. Однако та ситуация, в которой сейчас находятся страна и ее экономика, не позволяет говорить об этом как о среднесрочной перспективе (равно как и о перспективе за пределами 10-летнего горизонта). В отраслевом плане мы до сих пор не ответили на вопросы: когда у нас появится сервисная компания, равная, допустим, Schlumberger? Когда реально повысится эффективность большинства российских компаний? Когда среда вокруг лидеров НГК станет по-настоящему рыночной? Не может не настораживать и то, что Россия обезлюдивает, исчезают малые города, экономическая активность стихийно стягивается в весьма немногие центры.

Нам нужно включение в систему глобальных экономических связей, но не любой ценой. Так, при реализации нефтегазовых проектов на Востоке страны приоритет имеют припортовые и приграничные территории: Амурский ГПЗ, Находкинский НПЗ, Восточный нефтехимический комбинат – это всецело экспортоориентированные производства. Но должна присутствовать и внутренняя пространственная составляющая подобных проектов (например, в виде производств, ориентированных на местные рынки и работающих в тесной пространственной кооперации). Тут нельзя не упомянуть позитивный пример ООО «Иркутская нефтяная компания», которое реализует ряд нефтехимических проектов непосредственно в Восточной Сибири.

Динамика пространства России диктует особую роль крупных ВИНКов, но не в качестве единственных участников процесса продвижения на Север и Восток, а в качестве компаний-лидеров (тех, кто берет на себя непростую задачу пионерного освоения).

Как соединить разные пространства?

Упомянутые лидеры развиваются успешно, все активнее применяют новейшие технологии. Однако быть лидером – не значит все делать самому или создавать в собственных рамках «минефтепромы» и «мингазпромы», но, прежде всего, быть центром формирования эффективной созидательной среды. Такой подход позволит сформировать широкий спектр отечественных инновационных компаний, которые могут более эффективно осуществлять конкретные задачи в конкретном месте и конкретных условиях. При огромном спектре пространственных, геологических и экономических различий, наблюдаемых от Калининграда до Камчатки, нельзя пользоваться универсальным подходом ко всем проектам.

Поддержание современного уровня добычи диктует освоение все более сложных месторождений, относящихся к трудноизвлекаемым запасам (ТРИЗ). Это требует соответствующих технологий и бизнес-условий, которые у нас почему-то отождествляется только с налоговыми льготами и преференциями. Также опрометчиво полагаться только на то, что «бизнес все знает и все сделает сам». Поэтому ключевыми становятся вопросы государственной научно-технологической политики. Важны не просто современные технологии, но и навыки, и умения работать эффективно в конкретном месте определенного региона. Поэтому необходимы не столько предписания, сколько сигналы для бизнеса о том, какие складываются экономические условия для реализации проектов в раз-

ных точках обширного пространства. Требуется гибкость замыслов и действий, обеспечивающих главный результат – развитие отечественной промышленности в целом, следовательно, создание разных условий для разных проектов на разных территориях.

Выход видится, в том числе, в широком распространении цифровой экономики. Распределенные базы знаний и данных под патронажем профессионального сообщества и государственных научных организаций вполне могут исполнить эту роль. Много, в частности, говорится об экспертной роли академической науки России – прежде всего РАН. Так почему бы главной отечественной академии не возглавить это архиважное дело?

Соединение невозможно вне доверия и делегирования

Очевидно, что в развитии отечественного нефтегазового комплекса заметное участие принимают общественные профессиональные объединения. Так, многие рекомендации Высшего горного совета Некоммерческого партнерства «Горнопромышленники России» и Союза нефтегазопромышленников Росси легли в основу различных решений по развитию НГК. В 2017 г. под многолетним «натиском» профессионального сообщества налог на добычу полезных ископаемых стал утрачивать свою незыблемость: с января 2019 г. на пилотных проектах, возможно, будет действовать налог на добавленный доход, в большей мере адекватный современным условиям развития отрасли.

Тем не менее полномочия профессиональных объединений все еще малы для обеспечения соединения особенностей развития «пространства нефти» и нефти в пространстве России. Тут уместно вспомнить «Положение о Съездах горнопромышленников Уральской горной области» [1], которое было утверждено министром земледелия и государственных имуществ Российской империи 2 января 1898 года. Вполне определенно и ясно была очерчена направленность подобных съездов: обсуждение вопросов, касающихся интересов и нужд горной промышленности, а также разрешения всякого рода экономических и административных дел.

В соединении пространств (см. выше) роль регионального уровня государственного управления, а также профессиональных объединений и организаций, представляющих интересы различных бизнес-сообществ, исключительно велика. Остро назрела необходимость не столько внесения изменений и уточнений в современное российское законодательство, сколько целенаправленного формирования условий, навыков и особенностей работы в конкретных условиях.

Огромное пространство – не только источник проблем, но и фактор формирования собственного подхода к использованию потенциала природных ресурсов на благо Отечества.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Девиер А.А., Бредов В.Р. Свод постановлений о горной промышленности. Т. 1. СПб, 1904. С. 176-178.

Devier A.A., Bredov V.R. Set of resolutions on the mining industry. Vol.1. St. Petersburg, 1904. P. 176-178.

Поступила в редакцию
30.03.2018 г.

Yu.K. Shafranik, V.A. Kryukov[2]

OIL IN SPACE AND «OIL SPACE»

Abstract. The article analyzes the current state, problems and development prospects of the Russian oil and gas sector. Main results of the oil and gas sector activity over the recent years are presented, and «oil space» transformations occurring on both global and Russian scale are reviewed along with the role and significance of oil in the Russian space.

Keywords: oil, Russia, oil in space, «oil space», oil and gas sector, economy.

[2] Yury K. Shafranik – Chairman of the Board at the Union of Oil & Gas Producers of Russia, Doctor of Sciences (Economics), *e-mail:* referent@snggroup.com;
Valeriy A. Kryukov – Director, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the RAS, Corresponding Member of the RAS, Professor, Doctor of Sciences (Economics), *e-mail:* kryukov@ieie.nsc.ru.

УДК 622.323 (100)

А.И. Громов[1]

МИРОВОЙ РЫНОК НЕФТИ В ПЕРИОД ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ: ОЖИДАНИЯ И ОПАСЕНИЯ

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются кратко-, средне- и долгосрочные перспективы развития мирового рынка нефти в условиях происходящей сегодня глобальной энергетической трансформации. Достигнутая в 2017 г. стабилизация мирового нефтяного рынка, обеспеченная усилиями стран-производителей нефти, в том числе России, произошла на фоне крупных изменений мирового энергетического ландшафта, которые в перспективе и будут определять будущее рынка нефти. Ждут ли нас в ближайшие годы «качели» нефтяных цен или же рыночные настроения будут корректироваться мягким управляющим воздействием стран-производителей? Возможен ли закат эры нефти или ее переход в новое потребительское качество на фоне децентрализации, цифровизации и декарбонизации мирового спроса на энергию? Какие факторы в будущем будут определять развитие ключевого энергетического рынка, который уже почти 50 лет является «кровеносной системой» мировой экономики и финансов?

Ключевые слова: мировой нефтяной рынок, Соглашение ОПЕК+, мировое потребление нефти, добыча нефти, мировые цены на нефть, прогнозы, сценарии, децентрализация, декарбонизация, цифровизация, нефтегазохимия.

После потрясений 2014-2016 гг., когда мировые цены на нефть упали в несколько раз, а мировой рынок нефти надолго вошел в состояние устойчивого дисбаланса между спросом и предложением, сопровождавшимся рекордным накоплением коммерческих запасов нефти в развитых странах, в 2017 г. наступила определенная стабилизация.

Долгожданная стабилизация…

Более того, Соглашение ОПЕК+, достигнутое в декабре 2016 г., и его последующая пролонгация на 2018 г. позволили мировому рынку жидких углеводородов перейти к концу 2017 г. в состояние умеренного дефицита предложения. Так, по оценке основных энергетических агентств, средний уровень дефицита предложения жидких углеводородов (ЖУВ) на мировом рынке в 2017 г. составил 0,4-0,5 млн баррелей/сут. (рис. 1).

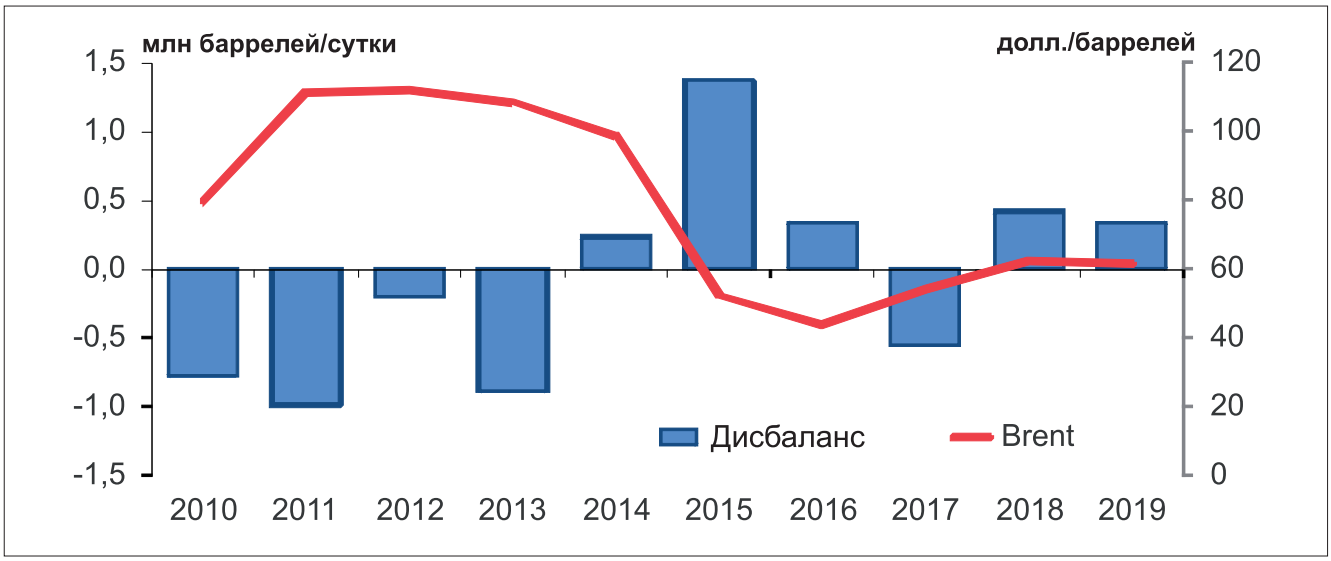
Стабилизации ситуации на мировом рынке нефти способствовал не только беспрецедентно высокий уровень выполнения обязательств странами-участниками Соглашения (в среднем 103% за 2017 г.), но и уверенный рост потребления нефти в мире, вызванный потребностями мировой экономики, в том числе благодаря ускорению темпов мирового экономического роста.

В настоящее время в мировой экономике по-прежнему сохраняются мощные драйверы роста мирового потребления нефти – это авиационный, водный, грузовой автомобильный транспорт, а также нефтехимия, со стороны которой ожидается основной вклад в прирост мирового спроса на нефтепродукты в ближайшем будущем.

---

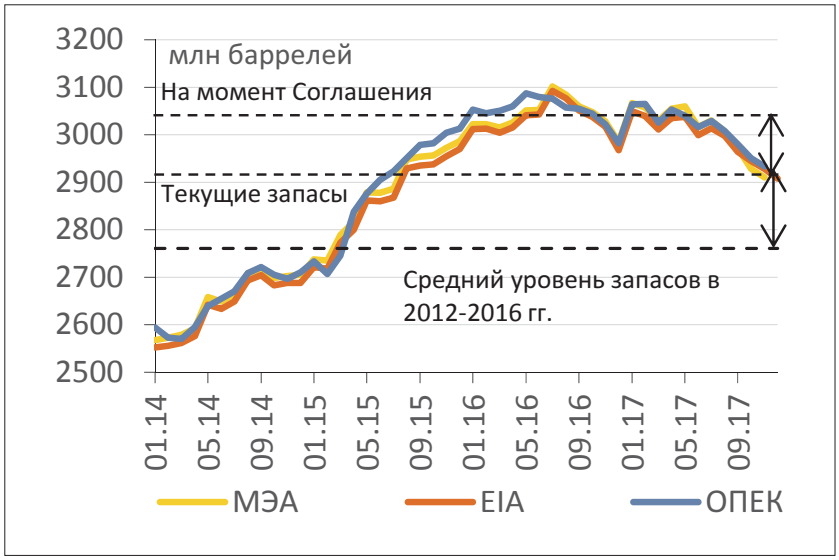
[1] Алексей Игоревич Громов – главный директор по энергетическому направлению, руководитель энергетического департамента Фонда «Институт энергетики и финансов», к.г.н., *e-mail:* a_gromov@fief.ru

[2] 10 декабря 2016 г. в штаб-квартире ОПЕК в Вене (Австрия) 13 стран-членов ОПЕК и 11 стран – независимых производителей нефти, не входящих в ОПЕК, в том числе Россия, на совокупную долю которых приходится до 60% мировой добычи нефти, подписали так называемую «Декларацию о сотрудничестве», направленную на стабилизацию мирового нефтяного рынка. В соответствии с декларацией, получившей неофициальное название Соглашение ОПЕК+, стороны взяли на себя добровольные обязательства по совокупному ограничению объемов добычи сырой нефти на уровне 1,8 млн баррелей/сут., начиная с января 2017 г., сроком на полгода. Соглашение вступило в силу 1 января 2017 года. 24-25 мая 2017 г. состоялись встречи стран ОПЕК и независимых производителей нефти, где стороны договорились продлить соглашение еще на девять месяцев, до конца I квартала 2018 г. на текущих условиях. 30 ноября 2017 г. участники Соглашения ОПЕК+ договорились о продлении его действия до конца 2018 года. Совокупный объем добровольно взятых обязательств России по сокращению добычи нефти по условиям данного Соглашения составляет 300 тыс. баррелей/сут.



Данные за 2019 г. носят оценочный характер.
Источники: *ФИЭФ на основе данных EIA.*

Рис. 1. ***Баланс спроса и предложения на мировом рынке нефти и динамика цены Brent (правая шкала), 2010-2019 гг.***



Источники: *ФИЭФ на основе данных МЭА, ОПЕК и EIA.*

Рис. 2. ***Динамика изменения коммерческих запасов нефти и нефтепродуктов в странах ОЭСР, 2014-2017 гг.***

При этом рост предложения нефти на мировом рынке в 2017 г. оказался существенно меньше роста спроса. Это привело к существенному сокращению накопленного «навеса» коммерческих запасов нефти и нефтепродуктов (рис. 2).

Из-за естественного наличия временных лагов, процесс снижения запасов в странах ОЭСР начался только в июне 2017 г., то есть спустя 6 месяцев после начала действия Соглашения ОПЕК+. За 12 месяцев действия этого соглашения коммерческие запасы нефти и нефтепродуктов в странах ОЭСР сократились на 142 млн баррелей (декабрь 2017 г. по сравнению с январем 2017 г.). Это примерно половина от требуемого сокращения до среднего уровня запасов 2012-2016 гг., что изначально было одной из ключевых целей Соглашения ОПЕК+.

Достигнутое во втором полугодии 2017 г. устойчивое сокращение коммерческих запасов нефти стало ключевым фактором, обеспечившим рост цен на нефть, которые к концу 2017 г. уверенно перешагнули отметку в 65 долл. за баррель, увеличившись за год почти в 1,5 раза.

Безусловно, были и другие факторы: ослабление курса доллара, ураганы в США, факторы политической напряженности в ряде добывающих стран, но именно снижение запасов стало тем фундаментальным фактором, который определил настроения игроков на нефтяном финансовом рынке в конце 2017 – начале 2018 годов.

Краткосрочные перспективы: управляемая стабильность или «качели» нефтяных цен?

Стремительный рост цен на нефть во втором полугодии 2017 г. породил иллюзию, что достигнутая ценой больших усилий со стороны ключевых стран-производителей нефти стабилизация нефтяного рынка приведет к дальнейшему росту нефтяных котировок и в дальнейшем. Более того, появились утверждения, что в ближайшей перспективе мировой нефтяной рынок полностью восстановится, и цены на черное золото уже к 2019 г. вернутся к трехзначным значениям 2014 года…[3]

Ключевым фактором, который будет стимулировать дальнейший рост цен на мировом нефтяном рынке, считают инвестиционный провал 2015-2016 гг., когда отрасль недоинвестировала в свое развитие до 40% от запланированных объемов капиталовложений в новые проекты за эти годы.

Однако за это время отрасль сильно изменилась. Нефтегазовые компании провели большую работу по оптимизации своих капитальных и операционных затрат, с падением цен на нефть существенно снизилась и стоимость услуг нефтесервисных компаний, была повышена эффективность разработки действующих месторождений. Таким образом, оценки недоинвестирования в новые добычные проекты, сделанные ранее, сегодня уже не соответствуют действительности в полной мере, и отрасль способна обеспечить прирост новой добычи за счет меньших капиталовложений и меньшего объема ввода новых промыслов.

Кроме того, важным фактором влияния на мировой нефтяной рынок стало стремительное развитие сланцевой нефтедобычи в США. Только за 2014-2017 гг., то есть в период низких нефтяных цен, по данным EIA, добыча и производство жидких углеводородов в США выросла с 13,09 до 16,56 млн баррелей/сут. (+26,5%), при этом добыча сырой нефти увеличилась на 32% (с 8,02 до 10,06 млн баррелей/сут.) – рис. 3. И основной прирост добычи сырой нефти за этот период произошел именно за счет мощного рывка в сланцевой нефтедобыче. Достаточно сказать, что к концу 2017 г. доля сланцевой нефти в общем объеме добычи нефти в США достигла 65%!

Таким образом, сланцевая отрасль в США оказалась устойчивой к низким ценам на нефть главным образом за счет своей более гибкой и адаптивной финансово-экономической модели функционирования, активного использования механизмов хеджирования, а также быстрого абсорбирования технологических новаций с соответствующим повышением собственной технологической эффективности.

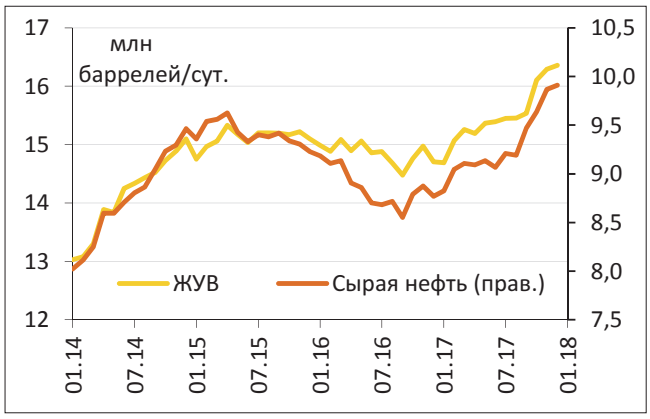
Так, только за последние три года, благодаря оперативному внедрению технологических новаций (бурение исключительно горизонтальных скважин, увеличение длины продуктивного участка, числа, интенсивности и стадийности гидроразрыва пласта), почти вдвое увеличился объем добычи сланцевой нефти в расчете на одну скважину и резко замедлились темпы падения базовой добычи на сланцевых плеях.

При этом даже в условиях так называемой «инфляции издержек» в сланцевой отрасли США, наблюдаемой в настоящее время, медианные цены безубыточности сланцевых производителей нефти в США на конец 2017 г. находились на уровне 45-47 долл./баррель. Таким образом, в условиях текущих цен на нефть (более 65 долл. за баррель) американская сланцевая индустрия получила мощный стимул к своему дальнейшему развитию.

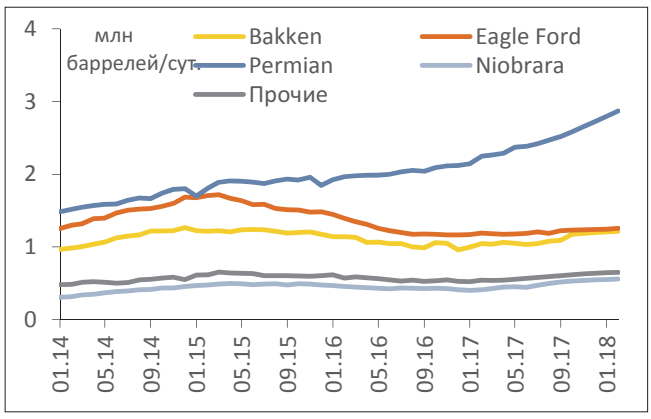
По прогнозам норвежских аналитиков из компании Rystad, добыча нефти в США в

[3] URL: http://www.forexpf.ru/news/2018/01/18/bkg7-energy-aspects-bekvordatsiya-nefti-privlekaet-spekulyantov-i-100-ikh-novaya-tsel.html.

а) Добыча жидких углеводородов* и сырой нефти в США



б) Добыча сланцевой нефти по основным плеям в США



* К жидким углеводородам в США относятся сырая нефть, газовый конденсат, жидкие газовые фракции (NGL) и биотопливо

Источник: *EIA Short-Term Energy Outlook, ФИЭФ.*

Рис. 3. ***Динамика добычи жидких углеводородов и сырой нефти в США, 2014-2017 гг.***

2018 г. может вырасти еще на 1,0-1,2 млн баррелей/сут. до 11,3 млн барелей/сут., то есть на величину сопоставимую с уровнем прироста мирового спроса на нефть, прогнозируемым на уровне 1,3-1,6 млн баррелей/сутки. Это может привести к значительному снижению нефтяных цен уже во второй половине 2018 г. до уровня 50-55 долл. за баррель, а возможно и ниже, если предположить, что финансовые игроки захотят заработать на очередном витке разбалансировки мирового нефтяного рынка.

При реализации этого сценария дальнейшая динамика ситуации на мировом нефтяном рынке может стать труднопрогнозируемой, поскольку уже в 2019 г. мы вполне можем увидеть последствия инвестиционной паузы 2015-2016 гг., о которой уже упоминалось выше. Отмены и отсрочки проектов неизбежно приведут к снижению добычи нефти в ближайшие годы, и, как следствие, к риску возникновения дефицита и возможному росту цен.

Но возможен и другой сценарий, когда рыночным «качелям» нефтяных цен будет противопоставлена сила мягкого управляющего воздействия, направленного на поддержание стабильного состояния рынка и снижение его волатильности. Этот сценарий может быть реализован в случае выполнения Соглашения ОПЕК+ странами-участницами в 2018 г. и комплексного мониторинга мирового нефтяного рынка с целью своевременного выявления и предупреждения тенденций и трендов, которые могут привести к его опасной разбалансировке в кратко- и среднесрочной перспективе.

Долгосрочные перспективы: глобальная энергетическая трансформация

Если кратко- и среднесрочные перспективы развития мирового нефтяного рынка сегодня еще можно очертить с позиций взаимодействия основных факторов, оказывающих влияние на возможную динамику и направление его движения, то долгосрочные перспективы невозможно оценить вне контекста происходящей сегодня глобальной энергетической трансформации. Масштаб происходящих изменений в экономике и энергетике, а также особенно в сфере технологического развития, свидетельствует о том, что мир вошел в активную стадию трансформации как экономического, так и энергетического уклада, основанную на последних достижениях научно-технического прогресса.

Ключевые драйверы ожидаемой трансформации мирового энергетического ландшафта лежат в плоскости потребительских предпочтений, развития технологий и энергетического регулирования (рис. 4).

Среди важнейших направлений трансформации мирового энергетического ландшафта следует выделить децентрализацию, цифровизацию и декарбонизацию, которые в совокупно-

Рис. 4. *Три «Д» текущей трансформации мировой энергетики*

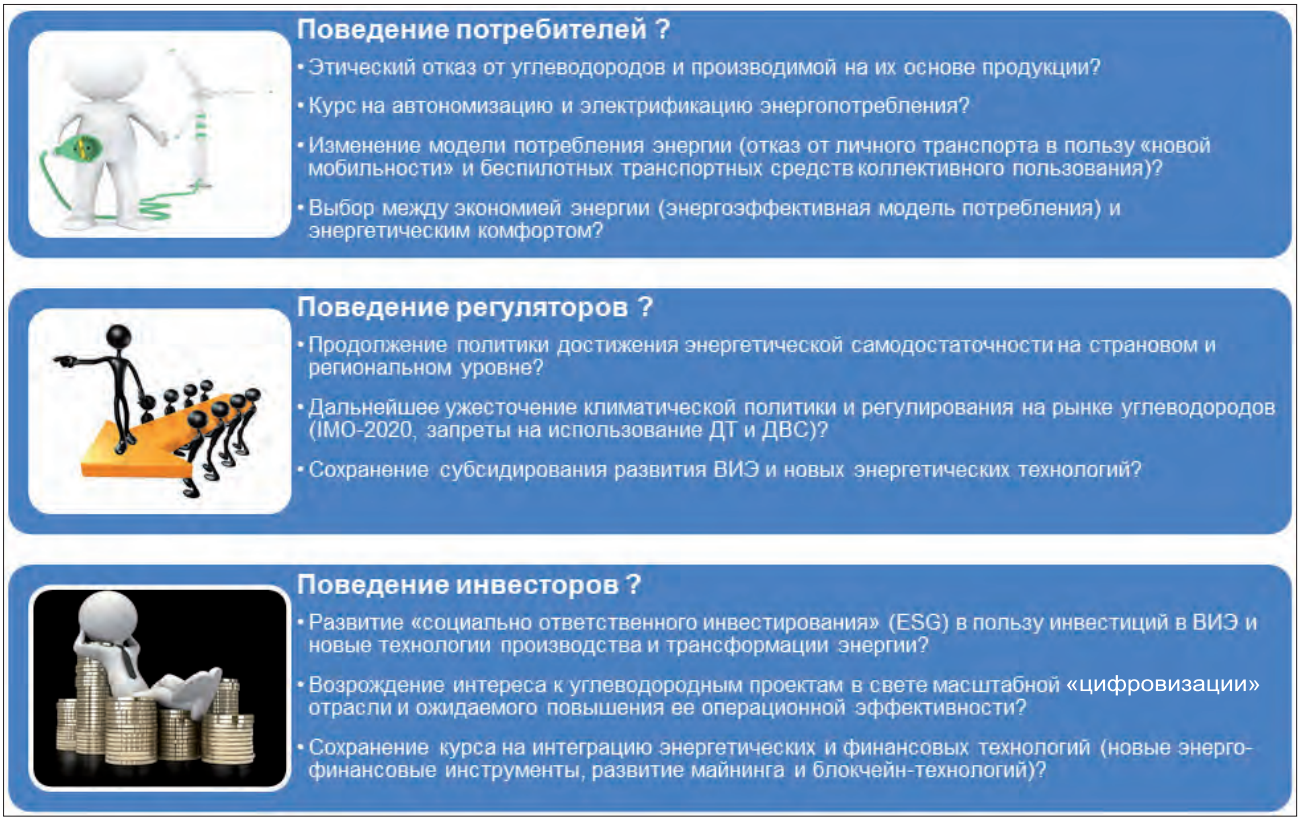


Рис. 5. *Три ключевых неопределенности текущей трансформации мировой энергетики*

сти, по-видимому, и будут определять будущий облик мировой энергетики и соответственно будущее углеводородов в мировом топливно-энергетическом балансе и, конечно же, будущее важнейшей его составляющей – нефти.

Так, растущая децентрализация энергопотребления в совокупности с повсеместным проникновением цифровых технологий (цифровизация) усиливает стремление потребителей ко все большей автономности энергоснабжения, а политика декарбонизации энергетики – к обеспечению такой автономности на базе неуглеводородных источников энергии.

В связи с этим крайне важно внимательно следить за происходящими и ожидаемыми изменениями в поведении потребителей, регуляторов и инвесторов, которые вовсе не так очевидны, как кажется (рис. 5).

Так, в предпочтениях новых поколений потребителей, так называемых «миллениалов» (поколение 2000-х гг.), усиливается морально-этическое стремление к отказу от углеводородов и производимой на их основе продукции. Растет популярность энергоэффективных моделей потребления, отказа от личного автотранспорта как символа достатка в пользу «новой мобильности», основанной на коллективном использовании транспортных средств (каршеринг), развитие которых идет по пути электрификации и беспилотных технологий. Однако это характерно для населения стран с высоким уровнем дохода, тогда как потребители развивающихся стран по-прежнему, ориентированы на решение проблемы энергетической бедности и обеспечение энергетического комфорта. И число таких потребителей велико. Таким образом, вопрос глобального потребительского выбора пока не решен.

Власти все большего числа государств и международных объединений идут по пути целенаправленного ужесточения климатической политики и регулирования на рынке углеводородов. Так, Высший административный суд Германии в начале 2018 г. дал возможность государственным и муниципальным органам власти вводить запрет на использование дизельных автомобилей без разрешения центрального правительства.[4] В октябре 2016 г. Бундесрат Германии принял резолюцию о запрете на производство автомобилей с двигателями внутреннего сгорания с 2030 года[5]. Аналогичный запрет обсуждается в Норвегии, Франции и Нидерландах. В 2016 г. комитет Международной морской организации утвердил ограничение уровня содержания серы в судовом топливе – 0,5% с 2020 г., а также уровня выбросов оксидов азота с судов с 2021 года[6].

Наряду с ужесточением климатических требований и политики в сфере регулирования углеводородной энергетики, регуляторы многих стран мира продолжают политику поддержки развития новых низкоуглеродных энергетических технологий, особенно в сфере ВИЭ. Однако объемы и формы таких субсидий постепенно видоизменяются, как по мере роста экономической эффективности низкоуглеродной энергетики, так и с учетом экономических возможностей стран, предоставляющих такие субсидии.

Еще одним фактором долгосрочной неопределенности в мировой энергетике служит поведение инвесторов. Вплоть до последнего времени инвесторы ориентировались в большей степени на экономику энергетических проектов, однако изменения потребительских предпочтений и ужесточение регулятивных норм в отношении традиционной энергетики привели к тому, что, начиная с 2016 г. совокупные инвестиции в развитие ВИЭ, по данным МЭА, стали устойчиво превышать капиталовложения в мировой нефтегазовый сектор. Растет популярность так называемого «социально ответственного инвестирования» (Environment, Social, Governance Investing, далее – ESG), ориентированного на стимулирование перехода к низкоуглеродной энергетике и обеспечению устойчивого развития.

Так, по результатам исследования BNY Mellon, более 80% из 800 крупнейших международных управляющих и владельцев активами учитывают нефинансовую (ESG) информацию при принятии инвестиционных решений. Более того, сегодня высокие рейтинги компаний в области ESG коррелируют с опережающей позитивной динамикой котировок их акций.

[4] URL: https://www.kommersant.ru/doc/3560036;
[5] URL: https://www.kommersant.ru/doc/3112026;
[6] URL: http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/FAQ_2020_English.pdf.

Явное охлаждение инвесторов к нефтегазовым проектам уже начало вызывать серьезное беспокойство у ряда ведущих нефтегазовых компаний мира, которые всерьез боятся потери интереса инвесторов к развитию нефтегазовой отрасли в целом. Однако проводимые нефтегазовыми компаниями реформы управления и активное внедрение передовых цифровых технологий на всех стадиях производственного процесса, направленные на снижение капитальных и операционных затрат и адаптацию нефтегазового бизнеса к требованиям ESG, могут вновь вернуть инвесторов в отрасль. Но уверенности в этом пока нет…

Наконец, вызывает все больше вопросов, кто в мире в наибольшей степени готов к обеспечению последовательного регулирования «энергетического перехода» к низкоуглеродной энергетике: государства или корпорации? (рис. 6). Очевидно, что власти национальных государств должны соотносить в проводимой ими энергетической политике вопросы энергетической безопасности, защиты окружающей среды и экономической стоимости усилий, направленных на решение этих двух долгосрочных задач, с электоральными ожиданиями своих избирателей. При этом смена правящей элиты каждые 4-5 лет может приводить к существенной коррекции политического курса в этом направлении.

Наиболее ярким примером является ситуация в США, где вновь избранный американский президент Д. Трамп, опиравшийся на поддержку консервативной части населения страны и ряда углеводородных компаний, начал последовательно отменять правила энергетического регулирования, введенные его предшественником Б. Обамой и направленные на опережающее развитие «зеленой» энергетики и климатической политики.

Так, в частности, в марте 2017 г., уже через два месяца после официального вступления в должность Президента США, Д. Трамп подписал указ об отмене Плана по развитию чистой энергетики Б. Обамы (Clean Energy Plan), принятого указом президента в США в 2015 г. в целях реализации глобального соглашения по климату.[7]

Рис. 6. ***Роль глобальных корпораций и национальных государств в регулировании «энергетического перехода»***

[7] URL: http://www.ntv.ru/novosti/1789098/.

Таким образом, наблюдается очевидное обострение разрыва между долгосрочностью задач, связанных с обеспечением «энергетического перехода» к низкоуглеродному будущему, и необходимостью выполнения текущих электоральных обязательств действующими властями национальных государств.

Глобальные же корпорации, в отличие от властей национальных государств, имеют возможности проводить более долгосрочную энергетическую политику в интересах своих акционеров, во все большей степени ориентированных на ESG-инвестирование.

Так, еще в конце 2016 г. одна из крупнейших мировых IT-корпораций Google заявила, что начнет полностью обеспечивать свои офисы и центры обработки данных за счет возобновляемых источников энергии, начиная с 2017 года[8]. Свои долгосрочные программы по переходу на использование энергии ВИЭ и обеспечение «нулевых» выбросов парниковых газов имеют также такие корпоративные гиганты, как Facebook, Amazon, Apple и Microsoft.

Более того, все большее число глобальных энергетических корпораций разрабатывают долгосрочные программы собственного энергетического развития, ориентированные на достижение целей низкоуглеродного развития (Shell, BP и др.).

В марте 2018 г. компания Shell опубликовала новый сценарий мирового энергетического развития Sky до 2100 г., соответствующий задачам обеспечения глобальной энергетической трансформации и «энергетического перехода» к низкоуглеродной энергетике. В соответствии с этим сценарием, доля углеводородов в структуре потребления первичных источников энергии снизится с текущих 80% до менее 60% к 2040 г., а доля нефти в мировом энергобалансе упадет с текущих 33 до 23%.

Это означает, что мировой нефтяной рынок в долгосрочной перспективе ожидают большие перемены. И крайне важно уже сегодня понять, будем ли мы свидетелями угасания нефтяной эры или же мы увидим ее переход на качественно иной уровень развития, соответствующий ожиданиям будущего?

Мировой рынок нефти в долгосрочной перспективе: ключевые посылы в будущее

Если еще 10-15 лет назад весь мир с тревогой ожидал так называемого «пика нефти», когда мощности по наращиванию ее добычи будут не соответствовать ее растущему потреблению, то сегодня все больше экспертов говорит о скором достижении пика в мировом потреблении нефти. При этом если раньше предполагали, что мировой спрос на нефть будет расти как минимум до 2050 г., то теперь полагают, что пик потребления нефти может быть пройден гораздо раньше, в период между 2025 и 2040 годами.

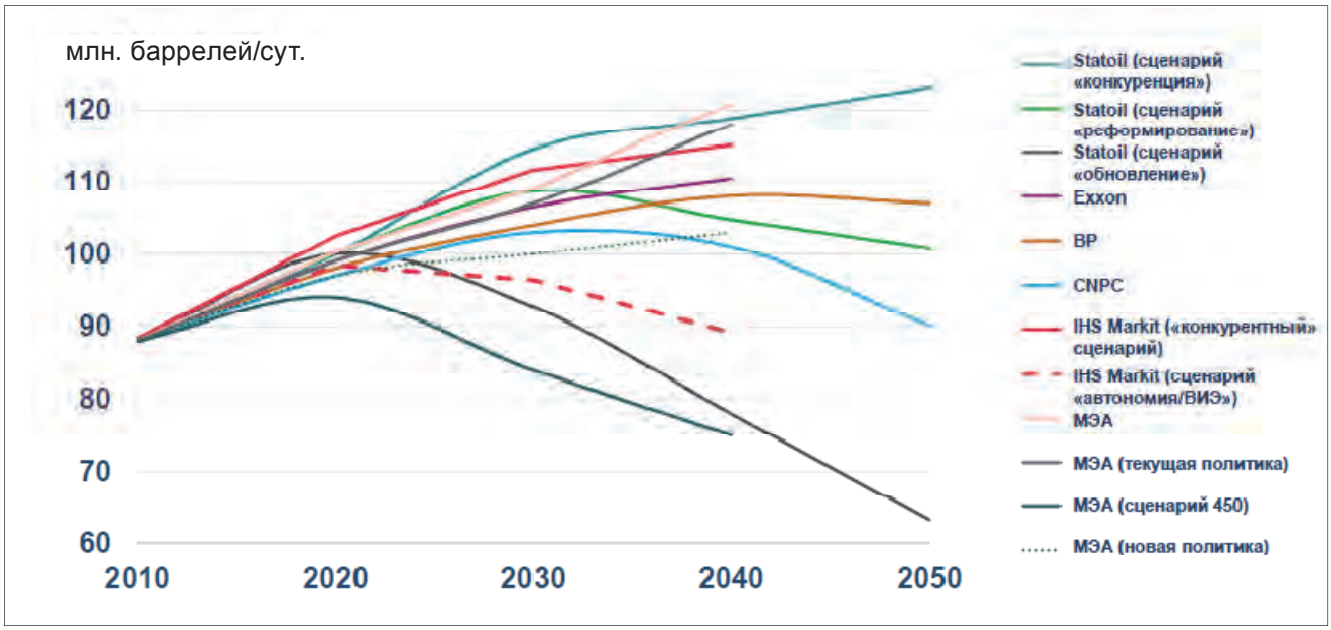
Поражает и уровень неопределенности долгосрочных прогнозов мирового потребления нефти, в рамках которых разброс будущих оценок потребления черного золота достигает 40-60 млн баррелей/сут. (рис. 7)!

Все это означает, что мир начинает постепенно уходить от доминирования углеводородов в своем энергообеспечении, но этот процесс, по-видимому, не будет резким, поскольку новая энергетика пока не в состоянии в полной мере обеспечить энергетические потребности мира в случае отказа последнего от нефти. Перспективы будущего развития мирового рынка нефти связаны с неопределенностью в отношении политики в области климата и энергетики, изменения демографической ситуации, глобального экономического роста и смещения экономической мощи между регионами, а также технического прогресса.

Пока очевидно, что темпы роста мирового потребления нефти будут замедляться и выйдут на «полку» уже в ближайшие 15-20 лет. Понятно, что в перспективе до 2020-2022 гг. главным драйвером роста мирового спроса на нефть останется Китай, который уже стал крупнейшим импортером нефти, обогнав по этому показателю США. После 2022 г. фокус мирового спроса на нефть сместится в Индию, но надолго ли и будут ли новые страны или регионы, которые поддержат спрос на нефть после 2030 г., – пока неясно… (рис. 8а).

Следующим посылом в будущее для мирового рынка нефти является возможная транс-

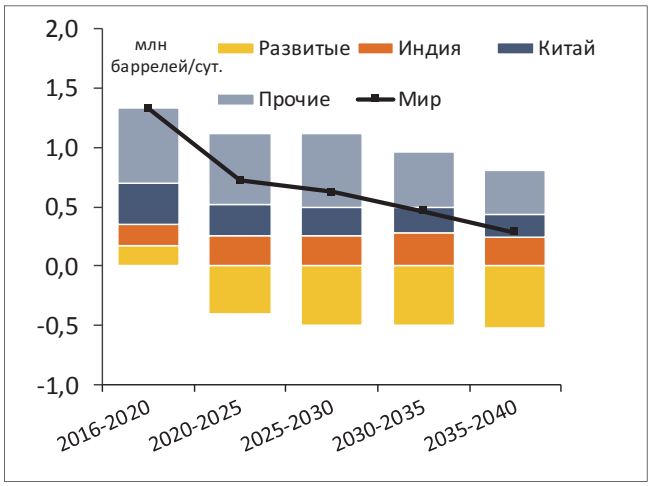
[8] URL: https://www.google.ru/about/values-in-action/renewable.



Источник: *IHS Markit на основе публичных прогнозов ведущих энергетических агентств и компаний.*

Рис. 7. ***Сценарное поле долгосрочных прогнозов мирового потребления нефти, опубликованных в 2016-2017 гг.***

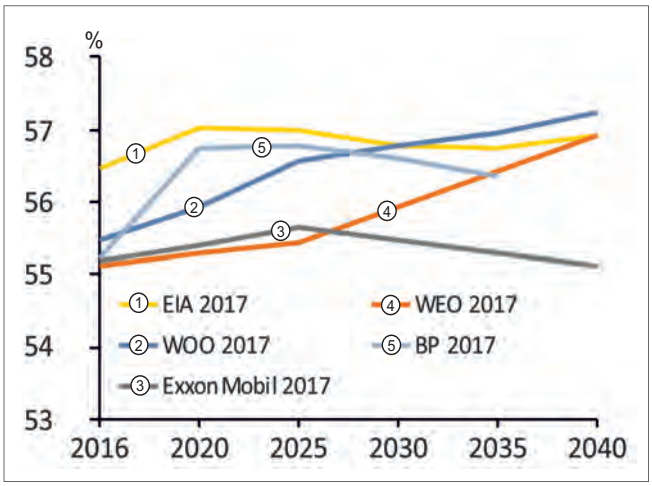
а) Среднегодовой прирост потребления ЖУВ в разрезе ключевых стран и регионов мира



ЖУВ – жидкие углеводороды (сырая нефть, газовый конденсат, жидкие газовые фракции (NGL) и биотопливо).

Источник: *ФИЭФ, МЭА, ОПЕК.*

б) Прогноз доли транспортного сектора в структуре мирового потребления ЖУВ



Источник: *ФИЭФ, EIA, МЭА, ОПЕК, BP, Bloomberg.*

Рис. 8. ***Ключевые структурные трансформации мирового спроса на жидкие углеводороды (ЖУВ) в долгосрочной перспективе***

формация структуры потребления жидких углеводородов по секторам экономики. Сегодня и в перспективе до 2020-2025 гг. доминирующее положение в потреблении нефти сохранит транспортный сектор (55-57%, рис. 8б), однако в дальнейшей перспективе опережающее развитие альтернативных транспортных технологий и «новой мобильности» могут существенным образом изменить ситуацию, и где тогда будут востребованы углеводороды?

Думается, что в формирующейся сегодня энергетической реальности углеводороды следует рассматривать не столько как исключительно энергетические ресурсы и топливо, сколько как ценнейшее нефтехимическое сырье, необходимое для производства широкого спектра инновационной продукции, начиная с широкой линейки пластиков до новых композитных материалов, потребности в которых в будущем будут только расти.

В этой связи одним из наиболее перспективных направлений развития спроса на жидкие углеводороды сегодня и в будущем является нефтегазохимия. Ожидается, что к 2025-2030 гг. прирост спроса на нефть со стороны нефтегазохимии превысит прирост спроса основного потребителя нефтепродуктов – транспортного сектора. При этом продукты нефтегазохимии имеют, в среднем, самую высокую добавленную стоимость из всех продуктов, производимых из нефти и газа.

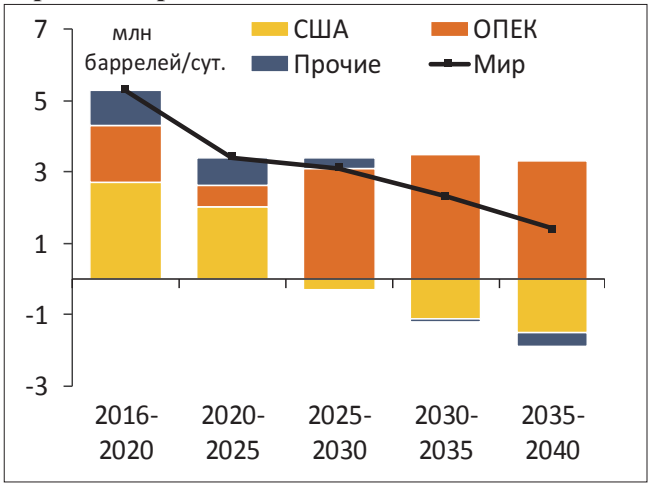
А что же ожидает нефтяной рынок с точки зрения предложения жидких углеводородов? В перспективе до 2020-2025 гг. мы увидим рост числа стран-участниц мирового нефтяного рынка. Глобальным игроком уже стали США за счет эффекта сланцевой революции начала 2000-х годов. На очереди подсолевые ресурсы углеводородов бразильского шельфа, канадские нефтяные пески и т.д. (рис. 9а).

Но что дальше? Какие ресурсы будут обеспечивать мировой спрос на нефть после 2025 года? Дешевые углеводороды стран Персидского залива, входящих в ОПЕК, или российская нефть? Или мир перейдет на более диверсифицированную картину производства жидких углеводородов, где все больше места получат жидкие газовые фракции (NGL) и биотоплива нового поколения (рис. 9б)?

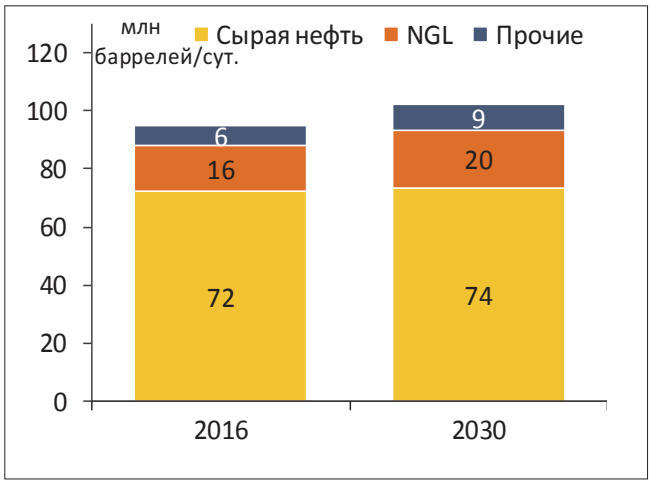
Также важно оценить, как изменится география мировой нефтяной торговли. Как мы знаем, сегодня существует два важнейших нефтяных потока: Ближний Восток – Европа и США, а также Ближний Восток – страны АТР. Однако наблюдаемое в настоящее время превращение США в одного из крупнейших мировых производителей и экспортеров нефти, а также дальнейшее снижение потребления жидких углеводородов в Европе трансформируют мировую торговлю нефтью в потоки: Ближний Восток – страны АТР, США – страны АТР. Но что будет после 2025 г., когда нефтяное изобилие в США, по всей видимости, начнет сходить на нет? Вернется ли мир к глобальному доминированию ОПЕК в мировой нефтяной торговле или мировая торговля черным золотом, подобно шагреневой коже, будет неуклонно сокращаться в пользу новых энергоресурсов?

Отметим также, что на фоне наблюдаемых трендов быстрого развития возобновляемой

а) Прирост добычи ЖУВ в разрезе ключевых игроков на рынке



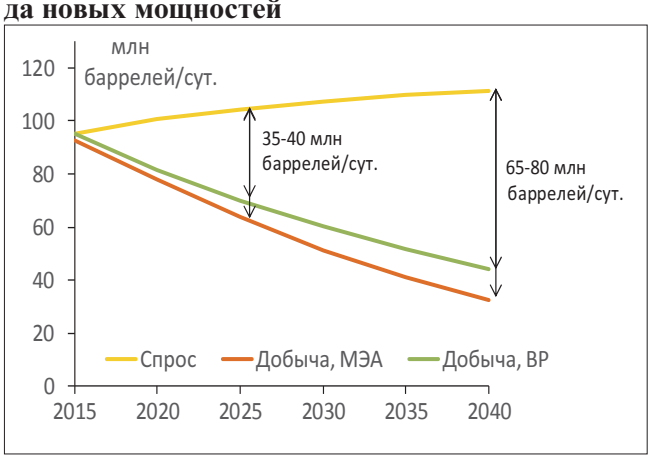
б) Структура добычи ЖУВ в мире



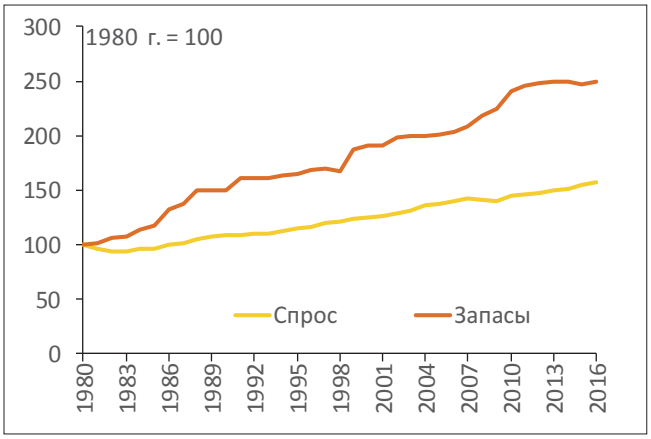
Источник: *ФИЭФ, МЭА, ОПЕК.*

Рис. 9. ***Ключевые структурные трансформации мирового предложения жидких углеводородов в долгосрочной перспективе***

а) Прогноз мирового потребления ЖУВ и добычи на действующих месторождениях без ввода новых мощностей



б) Рост мирового спроса на ЖУВ и доказанных запасов нефти



Источник: *ФИЭФ, МЭА, BP.*

Рис. 10. ***Потребности в новой добыче жидких углеводородов в долгосрочной перспективе***

энергетики, тенденций к росту мирового парка электромобилей, развития добычи нетрадиционных углеводородов целый ряд публикуемых сценариев и прогнозов развития мирового нефтяного рынка носит откровенно дезориентирующий характер, и создает иллюзию одномоментного перехода к новой энергетической реальности.

Для преодоления этой иллюзии необходимо проводить реалистичную и сбалансированную энергетическую политику, учитывающую как новые тренды в энергетике, так и поддерживающую (в том числе инвестиционно) развитие традиционных энергетических отраслей (нефтегазовый комплекс), которые тоже приобретают инновационный характер и придают мировой энергетической системе стабильный и устойчивый характер.

По оценкам МЭА, до 2040 г. мировой нефтегазовый комплекс только для поддержания текущего уровня добычи углеводородов нуждается не менее чем в 20 трлн долл. новых инвестиций (в долларах 2016 г.), и для того чтобы их обеспечить, необходимо поддерживать здоровую и устойчивую инвестиционную среду в отрасли, привлекательную для международных инвесторов.

А для обеспечения нового спроса на нефть даже до 2025 г. потребуется ввести от 35 до 40 млн баррелей/сут. дополнительной добычи к уже действующим месторождениям (рис. 10а), пусть даже ожидания роста спроса на нефть после 2025 г. и не реализуются в полной мере, как это видится из сегодняшнего дня…

Ввод новой добычи возможен только при соответствующей работе с нефтегазовыми ресурсами и запасами, которые должны своевременно восполняться. До последнего времени отрасль успешно решала эти проблемы, но в будущем возникает серьезный вопрос: будет ли обеспечена разработка имеющихся ресурсов и запасов нефти достаточным объемом инвестиций и приемлемым уровнем цен на углеводороды?

Вместо заключения

Как мы видим, мировой рынок нефти сегодня переживает глубокую качественную трансформацию, связанную, в первую очередь, с изменением потребительских предпочтений, политики регуляторов и инвесторов под влиянием научно-технологического прогресса (цифровизации экономики и энергетики) и морально-этического перехода к низкоуглеродной энергетике и устойчивому развитию (декарбонизация).

Потребитель во все большей степени отказывается от углеводородов в своем энергообеспечении, что формирует новую концепцию «пика спроса на нефть» вместо устаревшей концепции «пика добычи нефти». Вместе с тем уход от угле-

водородов и нефти, в частности, не произойдет одномоментно, поскольку любые резкие изменения на мировом нефтяном рынке могут обрушить мировую энергетическую, да и экономическую систему, «кровью» которой пока еще является нефть.

В связи с этим отрасли еще нужны инвестиции в ее развитие и адаптацию к новым низкоуглеродным реалиям, где жидкие углеводороды также могут быть востребованы не только как энергетические ресурсы, но и как ценнейшее сырье для новых быстрорастущих секторов экономики, таких как нефтегазохимия и производство новых конструкционных материалов (композитов).

Таким образом, говорить о скором закате эры нефти по крайней мере преждевременно. Скорее следует говорить о ее переходе в новое качество. А каким оно будет – покажет время…

Поступила в редакцию
15.04.2018 г.

A.I. Gromov[9]

WORLD OIL MARKET DURING GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION: EXPECTATIONS AND CONCERNS

Abstract. This article considers short, medium and long-term prospects for the world oil market under the conditions of today's global energy transformation. Stabilization on the world oil market achieved in 2017 due to the oil-producing countries including Russia took place against a backdrop of major changes in the world energy landscape that will be the ones to determine the future of the oil market in the long term. Whether we will face oil price «swings» or market trends will be corrected by mild control actions of producing countries? Is it possible that the oil era could be over or transformed into the new consumer quality in the face of decentralization, digitalization and decarbonization of the global energy demand? What factors will be decisive in the future development of the key energy market, which has been a «blood circulatory system» for the world economy and finance over nearly 50 years?

Keywords: world oil market, OPEC+ Agreement, global oil consumption, oil production, world oil prices, forecasts, scenarios, decentralization, decarbonization, digitalization, petrochemical industry.

[9] Alexey I. Gromov – Chief Energy Officer, Manager of the Energy Department at the «Institute for Energy and Finance» Foundation, PhD in Geography, *e-mail:* a_gromov@fief.ru

УДК 338:98 (622.323) (571.5+571.6)

Г.В. Агафонов, А.Г. Корнеев[1]

РОЛЬ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ ВОСТОЧНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Аннотация. В статье рассматривается перспективное развитие территориально-производственных комплексов нефтегазовой специализации (ТПК НГС) и их роль в экономическом развитии восточных регионов Российской Федерации. Дается краткая характеристика четырех перспективных ТПК НГС, формируемых в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, и оценивается их вклад в достижение важнейших индикаторов ускоренного экономического роста восточных регионов.

Ключевые слова: территориально-производственные комплексы нефтегазовой специализации, ресурсный потенциал, энергетика, проекты в нефте- и газодобыче, газопереработке и газохимиии, проекты в смежных отраслях, прогноз, валовой региональный продукт.

Введение

Наличие крупных запасов углеводородного сырья в восточных регионах России [1-4] и его использование создают предпосылки формирования новых территориально-производственных комплексов нефтегазовой специализации: Южно-Эвенкийского (Красноярский край), Верхне-Ленского (Иркутская область), Западно-Якутского (Республика Саха (Якутия)) и Сахалинского (Сахалинская область).

В советские годы ТПК получили всестороннее научное обоснование и практическую реализацию в ряде регионов при освоении их ресурсного потенциала, например, Братско-Усть-Илимский ТПК, показавший высокую народнохозяйственную эффективность [5]. Впоследствии, в постсоветское время, появилось достаточно много различных вариантов и интерпретаций комплексного развития территорий. Это – экономические пояса, особые экономические зоны, кластеры, агломерации и т.п. Они, как правило, решают ограниченный круг задач социально-экономического развития и не обеспечивают реализацию всех государственных, отраслевых и территориально-хозяйственных приоритетов во взаимной увязке [6].

Как показала практика, наиболее эффективной формой развития производительных сил на обширных территориях являются ТПК, в которых крупные объекты энергетики ориентируются не на поставки сырья, а на его глубокую переработку и создают условия вовлечения в хозяйственный оборот других, неэнергетических, ресурсов на базе создаваемой общей инфраструктуры (транспорт, энергоснабжение, финансово-кредитная система и др.) [7-9].

За годы рыночных реформ государственная региональная политика практически отошла от комплексного освоения территорий и, как правило, разработка богатой ресурсной базы регионов ведется по наиболее эффективным проектам, в которых заинтересованы крупные частные компании без особого внимания к интересам самих регионов. Такой подход приводит к большим экономическим потерям регионов, замедляет их развитие, не обеспечивает создание развитой производственной и социальной инфраструктуры, необходимого экономического роста и существенного повышения уровня жизни населения. В настоящее время, когда восточные регионы вступают в стадию нового интенсивного развития, становится актуальным стратегическое планирование на базе территориально-производственных комплексов.

Общая характеристика ТПК нефтегазовой специализации

Основу ТПК НГС составят крупные эффективно функционирующие нефтегазовые предприятия и инфраструктурные объекты, охва-

[1] Глеб Владимирович Агафонов – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, к. т. н., *e-mail:* gleb@isem.irk.ru;
Анатолий Григорьевич Корнеев – старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН, *e-mail:* korn@isem.irk.ru.

тывающие, как правило, несколько административных образований субъекта РФ. Так, в состав Южно-Эвенкийского ТПК НГС входят – Южная часть Эвенкийского района и северная часть Северо-Енисейского района, а так же Мотыгинский, Богучанский и Кежемский районы Красноярского края. На этой территории расположены два перспективных нефтегазоносных района – Юрубчоно-Тохомский и Собинско-Тэтэринский, где в настоящее время сформирована надежная база для развития добычи и переработки углеводородного сырья [1, 4, 10].

Кроме того, на территории Южно-Эвенкийского ТПК имеются и другие природные ресурсы федерального значения, включая руды черных, цветных и благородных металлов, в частности – месторождения золота, сурьмы и редкоземельных металлов, железной и алюминиевой руд [11], являющихся сырьевой базой для создания целого ряда крупных промышленных объектов.

Помимо полезных ископаемых в этом регионе находятся уникальные неосвоенные запасы леса – сырьевая база для развития на территории ТПК лесной и деревообрабатывающей промышленности. Для их освоения и комплексного развития ТПК предполагается также инфраструктурное освоение его территории, в частности, строительство железной дороги до пос. Байкит и предусмотренного Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 г. строительства участков Северо-Сибирской магистрали.

В состав Верхне-Ленского ТПК НГС Иркутской области входят – Катангский, Усть-Кутский, Киренский, Жигаловский и Зиминский районы. На этой территории имеются: более десятка перспективных месторождений нефти и газа, среди которых два являются уникальными – Ковыктинское и Ангаро-Ленское, а также четыре крупных месторождения: Верхнечонское, Дульсиминское, Чиканское и Вакунайское и более десятка средних и мелких (Левобережное, Западно-Аянское, Большетирское, Ярактинское, Даниловское, Марковское, Ангаро-Илимское, Даниловское и др.) [1-4].

К другим имеющимся крупным запасам природных ресурсов относятся калийные соли Непского месторождения. Это месторождение калийных солей по горно-геологическим условиям, комплектности и качеству руд является лучшим в России. Строительство Непского горно-химического комбината по производству калийных минеральных удобрений может стать надежной минерально-сырьевой базой для сельского хозяйства Сибири, Дальнего Востока и зарубежных стран, потребности которого в настоящее время удовлетворяются на 35-40% [12].

Помимо этого в регионе находятся неосвоенные запасы леса – сырьевая база для строительства на территории ТПК в г. Усть-Кут крупного лесоперерабатывающего комплекса. Для их освоения и комплексного развития ТПК предполагается также инфраструктурное освоение территории, в частности – строительство железной дороги от Усть-Кута в направлении Непа – Ленск.

В состав Западно-Якутского ТПК НГС входят Ленский, Мирнинский, Нюрбинский районы, а также северная часть Олекминского района. На этой территории расположены несколько перспективных нефтеконденсатных месторождений, среди которых выделяются Талаканское, Чаяндинское и Средне-Ботуобинское [4]. Стратегическим природным ресурсом, сосредоточенным на данной территории являются алмазы. Их запасы составляют около 80% всех запасов России. Кроме того, территория ТПК обладает богатыми лесными ресурсами [13].

В состав Сахалинского ТПК НГС входят Охинский, Ногликский, Тымовский, Томаринский, Александровский и др. районы Сахалинской области. В акватории первых 3-х районов находятся основные месторождения нефти и газа о. Сахалин [4]. В Томаринском районе намечается строительство газопереабатывающего и газохимического комплексов. Среди природных ресурсов, которыми обладает данная территория, следует отметить значительные запасы нерудных материалов, используемых в строительной отрасли, и неосвоенные лесные ресурсы, древесина которых может быть использована для создания производств с глубокой ее переработкой [14].

По состоянию на 01.01.2016 г. запасы нефти категории А+В+С1+С2 на суше и акватории рассматриваемых ТПК НГС составляют 2062 млн т, а природного газа – 6813 млрд м^3 (табл. 1).

Таблица 1

Извлекаемые запасы нефти (млн т) и природного газа (млрд м³) по ТПК НГС (на 01.01.2016 г.)

ТПК НГС, субъект РФ	Запасы нефти		Запасы природного газа		
	Категория запасов		Категория запасов		Ресурсы С3+Д
	А+В+С1	С2	А+В+С1	С2	
Южно-Эвенкийский, Красноярский край	303	542	366	484	7956
Верхнее-Ленский, Иркутская область	189	124	1724	1121	7000
Западно-Якутский, Республика Саха (Якутия)	308	170	911	787	7845
Сахалинский, Сахалинская область	317	109	922	498	199
Итого	1116	946	3923	2890	23000

Источник: *[1-4].*

Прогнозируемые объемы добычи нефти и газа в ТПК НГС будут покрывать потребность в углеводородном сырье как регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока, так и стран АТР с учетом их энергетической кооперации.

Субъекты РФ, на территориях которых формируются ТПК НГС, имеют важное геополитическое значение и *призваны обеспечивать сильные экономические, демографические и геополитические позиции России на Востоке.* В значительной мере решение этой задачи может быть обеспечено развитием ТПК НГС. Их реализация позволит:

1. Создать на базе местных ресурсов эффективные самодостаточные региональные хозяйственные комплексы.

2. Приблизить уровень и качество жизни населения к передовым регионам РФ и странам АТР.

3. Закрепить имеющуюся на территории численность населения и создать условия для ее роста.

В табл. 2 приводится перечень основных видов деятельности по ТПК НГС, а в табл. 3-6 представлены основные прогнозные показатели их развития до 2035 года.

Преимущества формирования ТПК заключаются в следующем:

– создаются условия для максимального сокращения сырьевой составляющей в вывозе продукции (особенно экспорте) и расширении ее видов за счет глубокой переработки природных ресурсов;

– обеспечивается более высокая экономическая эффективность получаемой продукции, дополнительное производство добавленной стоимости и в конечном итоге значительно повышается доходная часть бюджетов всех уровней и, как следствие, создаются благоприятные финансовые условия для решения экономических, социальных и экологических задач территорий;

Таблица 2

Основные виды деятельности ТПК НГС Восточной Сибири и Дальнего Востока

ТПК НГС	Отрасли нефтегазового комплекса				Смежные отрасли						
	Добыча нефти и газа	Нефтепереработка	Газопереработка	Трубопроводный транспорт	Газохимия	Электроэнергетика	Горнодобывающая	Золото, драгметаллы, алмазы	Цветная металлургия	Лесная, деревообработка	Железнодорожный транспорт
Южно-Эвенкийский	#		#	#	#	#	#	#	#	#	#
Верхне-Ленский	#		#	#	#	#	#			#	#
Западно-Якутский	#			#		#	#	#		#	#
Сахалинский	#	#	#	#		#				#	#

Примечание: # – означает наличие указанного в столбцах вида деятельности в рассматриваемых ТПК НГС.

– создаются предпосылки для более широкой координации инфраструктурных инвестиций государства и инвестиционных стратегий бизнеса в регионах с учетом приоритетов пространственного развития;
– обеспечивается более широкая занятость местного населения.

Южно-Эвенкийский ТПК НГС находится в начальной стадии формирования. В первоочередном порядке осваиваются нефтяные запасы, что вызвано необходимостью заполнения нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО). Лицензией на разработку Куюмбинского месторождения владеет ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз», учредителями которого являются ОАО «ТНК-ВР» и ОАО «Газпром нефть». Лицензия на разработку Юрубчено-Тохомского месторождения принадлежит ОАО «Восточно-Сибирская нефтегазовая компания» (дочерняя компания ОАО НК «Роснефть») [15].

Данные компании обладают инвестиционными ресурсами и на месторождениях активно ведутся работы по развитию производственной инфраструктуры и подготовке запасов углеводородов к промышленной разработке. К 2025 г. объем добычи нефти на месторождениях планируется довести до 15 млн т. В настоящее время завершено строительство нефтепровода Куюмба – Тайшет и идет наращивание его заполнения до проектной мощности 15 млн т нефти в год (табл. 3).

Добыча газа в Южной Эвенкии может начаться после 2020 г. и будет зависеть от рынка его сбыта. На Собинском нефтегазоконденсатном месторождении, лицензией на разработку которого владеет ПАО «Газпром», завершены геологоразведочные работы по уточнению за-

Таблица 3

Основные показатели развития Южно-Эвенкийского ТПК НГС

Вид деятельности	Район	Год				
		2015	2020	2025	2030	2035
Добыча нефти, млн т*	Эвенкийский	0,6	8,5	12,0	15	17
Добыча газа, млрд м³*	Эвенкийский	–	–	5	10	17
Газопереработка и газохимическое производство	Богучанский	–	–			
Переработка газа, млрд м³	Богучанский	–	–	5	10	17
Производство полипропилена, тыс. т	Богучанский	–	–	50	100	170
Производство полиэтилена, тыс. т	Богучанский	–	–	471	941	1600
Добыча золота, т	Северо-Енисейский	38	50	57	60	60
Производство глинозема, тыс. т	Кежемский	–	–	400	400	400
Производство сурьмы, тыс. т	Мотыгинский		1,1	2,9	2,9	2,9
Производство концентрата редкоземельных металлов, тыс. т	Кежемский	–	10	30	40	50
Производство древесины и изделий из дерева, млн м³	Кодинский	–	–	2	2	2
Производство электроэнергии, млн кВт·ч	Мотыгинский	–	–	–	756	4260
Нефтепровод Куюмба – Тайшет (535 км), млн ткм	–	321	2675	6420	8025	9095
Газопроводы: 1) Юрубчен и Собинское – Богучаны – Нижняя Пойма (700 км); 2) Нижняя Пойма – Красноярск – Канск – Ачинск-Проскоково (400 км), млрд м³ км	–	–	–	5500	11000	18700
Железная дорога Богучаны – Байкит (380 км), млн ткм	–	–	–	–	660	1125

*** Источник:** *URL: http://my.krskstate.ru/docs/minerals/kuyumbinskoe-mestorozhdenie/.*

пасов и прорабатывается возможность создания на базе южно-эвенкийского газа газоперерабатывающего и газохимического комплексов, размещаемых в Богучанском районе.

Красноярский край в связи с крайне неблагоприятной экологической обстановкой, особенно в крупных промышленных центрах, остро нуждается в газификации, и собственная добыча газа в Южной Эвенкии позволила бы решить в регионе целый ряд задач социально-экономического и экологического характера. Однако на сегодняшний день нет полной ясности о сбыте добываемого газа. Здесь рассматривается вариант добычи газа в объеме 15-17 млрд м^3, который частично идет на газификацию региона (примерно 3,5 млрд м^3), а остающаяся его большая часть перекачивается в западном направлении до Проскоково с последующей транспортировкой по газопроводу «Алтай» в Китай. По Красноярскому краю газопровод пройдет от Собинского и Юрубчоно-Тохомского месторождений до г. Богучаны на газопереработку и далее до Нижней Поймы – Канска – Красноярска – Ачинска – Проскоково. При условии устойчивого сбыта газа в Китай по рентабельным для добычи и транспортировки мировым ценам проект освоения газовых месторождений Южной Эвенкии и газификация южной части региона могут стать привлекательными с точки зрения окупаемости.

Верхне-Ленский ТПК НГС находится в активной стадии формирования, что определяется созданием в восточных регионах страны мощной нефте- и газотрубопроводной системы и достигнутыми соглашениями между Россией и Китаем о поставках нефти и газа. В настоящее время почти вся добываемая в Иркутской области нефть (17,7 млн т) поступает в ВСТО и далее в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. В перспективе до 2035 г., с учетом разведки и прироста запасов, объем добычи нефти может составить 24 млн т в год.

Иркутская нефтяная компания ведет работу по созданию в г. Усть-Кут завода по производству на базе попутного газа полиэтилена высокого и низкого давления в объеме 400 тыс. т и другой продукции. Для электроснабжения завода предполагается строительство электростанции установленной мощностью 100 МВт (табл. 4) [16].

Ковыктинское и Чаяндинское газоконденсатные месторождения являются ресурсной базой для газопровода «Сила Сибири», мощность которого составляет 38 млрд м^3 газа в год. Ввод газопровода на участке Чаяндинское – Благовещенск протяженностью 2200 км намечен в 2018-2019 гг. и газ начнет поступать в него с Чаяндинского месторождения [17].

Газ Ковыкты будет подаваться в газопровод с 2022 г., то есть после строительства участка газопровода Ковыкта – Чаяндинское протяженностью 791 км.

Одновременно с газопроводом «Сила Сибири» в Амурской области в районе г. Свободный строится газоперерабатывающий завод для приема и переработки газа мощностью 42 млрд м^3, который будет производить 60 млн м^3 гелия в год и другую продукцию.

Строительство газопровода Ковыкта – Саянск – Иркутск протяженностью 660 км и пропускной способностью 2,5 млрд м^3/год планируется не раннее 2022 года. Передаваемый по газопроводу газ будет перерабатываться на Саянском химическом комбинате с получением 6 млн м^3 гелиевого концентрата и 240 тыс. т поливинилхлорида. В дальнейшем переработанный газ планируется использовать для газификации региона.

Западно-Якутский ТПК НГС интенсивно развивается и станет одним из крупнейших на Дальнем Востоке с добычей газа 30 млрд м^3 и 15 млн т нефти в год. В настоящее время газодобыча ведется в небольших объемах на пяти месторождениях: Средневилюйском, Мастахском (ОАО «ЯТЭК»), Среднеботуобинском (Северный блок, ОАО «АЛРОСА-Газ»), Отраднинском (ООО «Ленск-Газ») и Среднетюнгском (АО «Сахатранснефтегаз»). Общая добыча газа составила в 2015 г. 1,9 млрд м^3, в том числе 1,7 млрд м^3 из них добывало ОАО «ЯТЭК». Весь газ используется в основном для газификации потребителей республики и поставляется в 91 населенный пункт в девяти улусах (районах). Объемы добычи газа значительно возрастут с вводом в разработку Чаяндинского месторождения, газ которого будет поступать в газопровод «Сила Сибири» (табл. 5).

В перспективе основной прирост добычи нефти в Республике Саха (Якутия) будут обе-

Таблица 4

Основные показатели развития Верхне-Ленского ТПК НГС

Вид деятельности	Район, город	Год				
		2015	2020	2025	2030	2035
Добыча нефти*, млн т	Жигаловский, Усть-Кутский, Киренский, Катангский	15,8	20	22	23	24
Добыча газа*, млрд м³		2,2**	3,5**	20	30	35
Газопереработка и газохимическое производство						
Переработка газа, млрд м³	Усть-Кут	–	–	4,3	4,3	4,3
Производство гелиевого концентрата, млн м³	Усть-Кут	–	–	13	13	13
Производство полипропилена, тыс. т	Усть-Кут	–	–	50	50	50
Производство полиэтилена, тыс. т	Усть-Кут	–	–	400	400	400
Переработка газа, млрд м³	Саянск	–	–	2,5	2,5	2,5
Производство гелиевого концентрата, млн м³	Саянск	–	–	6	6	6
Производство поливинилхлорида (ПВХ), тыс. т	Саянск	–	–	240	240	240
Производство калийных удобрений, млн т	Киренский	–	–	2	2	2
Производство пиломатериалов, тыс. м³	Усть-Кутский	–	300	600	600	600
Производство фанеры, тыс. м³	Усть-Кутский	–	50	100	100	100
Производство ДВП, тыс. м³	Усть-Кутский	–	40	80	80	80
Производство электроэнергии на электростанции завода полимеров, млн кВт·ч	Усть-Кутский	–	–	700	700	700
Транспорт нефти но нефтепроводу ВСТО (470 км), млн ткм	Усть-Кутский	7426	9400	10340	10810	11280
Газопровод-отвод Ковыкта – Саянск – Иркутск (660 км)		–	–	1650	1650	1650
Транспорт газа по участку газопровода «Сила Сибири» Ковыкта – Чаянда (800 км), млрд м³ км	Усть-Кутский	–	2800	16000	24000	28000
Железная дорога Лена – Непа – Ленск (400 км), млн ткм	Усть-Кутский	–	–	190	1500	4200

Примечания: * – стратегия социально-экономического развития Иркутской обл. на период до 2030 г., проект 2017, ** – в основном попутный газ.

Таблица 5

Основные показатели развития Западно-Якутского ТПК НГС

Вид деятельности	Район	Год				
		2015	2020	2025	2030	2035
Добыча нефти, млн т	Ленский, Мирниский	9,1	11,0	12,0	13,2	15,2
Добыча газа, млрд м³		1,9	2	13,6	28	30
Переработка руды для производства алмазов, млн т	Мирниский	2,2	3	3,5	4	4
Переработка руды для производства алмазов, млн т	Нюрбинский	–	–	1	1	1
Переработка руды для производства алмазов, млн т	Оленекский	–	–	3	3	3

Окончание табл. 5

Вид деятельности	Район	Год				
		2015	2020	2025	2030	2035
Заготовка деловой древесины, тыс. м³	Ленский	700	800	830	880	930
Производство пиломатериалов, тыс. м³	Ленский	200	220	250	300	350
Производство ДСП и ЛДСП, тыс. м³	Ленский	–	10	10	10	10
Производство биотоплива, тыс. м³	Ленский	–	24	30	35	40
Производство электроэнергии, млн кВт·ч	Ленский	–	–	–	500	1000
Транспорт нефти по нефтепроводу ВСТО (1300 км), млн ткм		–	14300	13910	17160	19760
Транспорт газа по участку газопровода «Сила Сибири» от Чаянды по территории Якутии (1220 км), млрд м³ км		–	–	14176	31720	34160
Железная дорога Витим – Ленск (200 км), млн ткм	Ленский	–	–	–	200	1400

спечивать Талаканская группа месторождений (ОАО «Сургутнефтегаз») и ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча» (ОАО НК «Роснефть» – центральный блок Среднеботуобинского месторождения). Добываемая нефть будет доставляться по нефтепроводу ВСТО в Амурскую область и Приморский край и экспортироваться в страны АТР.

Современный Сахалинский ТПК НГС получил свое развитие от нефте- и газодобывающей промышленности на Севере Сахалинской области советского периода с открытием новых

Таблица 6

Основные показатели развития Сахалинского ТПК НГС

Вид деятельности	Район	Год				
		2015	2020	2025	2030	2035
Добыча нефти, млн т	Сахалинский шельф и суша	16,9	21	21	22	22
Добыча газа, млрд м³		28,4	33	35	40	40
Нефтепереработка, млн т	Томаринский	–	–	2	4	4
Производство СПГ, млрд м³*	Корсаковский	11	11	16,5	22	22
Производство СПГ (п. Ильинское), млрд м³*	Томаринский	–	–	–	5	10
Строительство завода «Комплексное деревообрабатывающее производство»	Александровский					
- сухие пиломатериалы, тыс. м³		–	60	100	120	150
- строганые пиломатериалы тыс. м³		–	30	40	50	60
- технологическая щепа, тыс. пл. м		–	50	70	100	100
- топливные пеллеты, тыс. т		–	50	65	80	100
Производство кирпича, млн шт.	Тымовский	–	3	10	20	20
Производство цемента, млн т	Тымовский	–	0,67	0,67	0,67	0,67
Производство электроэнергии (Сахалинская ГРЭС-2, п. Ильинское), млн кВт·ч	Томаринский	–	840	1260	1680	2520
Железная дорога через пролив Невельского (25 км), млн ткм	Охинский	–	–	–	125	250

***Источник:** *URL: https://www.vostockcapital.com/spg/sderzhannyiy-optimizm-obzor-rossiyskih-spg-proektov/.*

крупных запасов нефти и газа на северо-восточном шельфе Сахалина [18]. Если максимальная добыча нефти в 1966 г. на Сахалине составляла 2,65 млн т, то в настоящее время около 17 млн т с увеличением до 22 млн т к 2030 г., по газу соответственно – 28,4 и 40 млрд м^3 (табл. 6).

Прирост добычи нефти и газа будет осуществляться за счет дальнейшего развития групп месторождений проектов «Сахалин-1» и «Сахалин-2», а также, с учетом доразведки, проектов «Сахалин-3», «Сахалин-4», и «Сахалин-5». Основная часть газа будет перерабатываться на заводах по его сжижению, а также направляться на газификацию в Хабаровский и Приморский края и Сахалинскую область. ПАО «Газпром» ведет строительство третьей линии завода СПГ в рамках проекта «Сахалин-2» в Корсаковском районе и в более отдаленной перспективе может быть введена четвертая очередь по сжижению газа. ПАО «Роснефть» также планирует создание завода СПГ в п. Ильинское Томаринского района или в порту Де-Кастри Хабаровского края мощностью первой очереди около 5 млрд м^3 газа. Здесь рассматривается вариант завода СПГ в п. Ильинское, как наиболее выгодный в социально-экономическом отношении для Сахалинской области, с одной стороны, и как обеспеченный электроэнергией от угольной Сахалинской ГРЭС-2, строящейся в том же п. Ильинское, общей мощностью 360 МВт с вводом первой очереди мощностью 120 МВт в 2018 г. [19].

Интенсивное промышленное развитие, связанное с добычей и переработкой нефти и газа, требует и соответствующего развития на острове строительной индустрии и промышленности строительных материалов. В Александровском районе реализуется крупный проект по лесопереработке «Комплексное деревообрабатывающее производство» мощностью до 210 тыс. м^3 пиломатериалов в год [20]. В Тымовском районе строятся заводы по производству кирпича и цемента (табл. 6).

Интегральная оценка эффективности ТПК НГС

В качестве интегральной оценки, характеризующей социально-экономическую эффективность ТПК НГС, для региона используется показатель производства валовой добавленной стоимости. Расчет валовой добавленной стоимости проводился по продукции, производимой на базе новых проектов нефтегазового комплекса и смежных отраслей.

Производство валовой добавленной стоимости на уровне 2035 г. составит: по Южно-Эвенкийскому ТПК НГС – 406,5 млрд руб. (12,6% от валового регионального продукта (ВРП) Красноярского края в том же году, по Верхне-Ленско-

Таблица 7

Производство валового регионального продукта по ТПК НГС (млрд руб.)

ТПК НГС	Год			
	2020	2025	2030	2035
Южно-Эвенкийский, всего	107,8	222,2	308,3	406,5
в т.ч. нефтегазовый комплекс	72,8	124,9	172,7	220,8
смежные отрасли	35,1	97,4	135,6	185,7
Верхне-Ленский, всего	187,5	334,7	385,5	415,4
в т.ч. нефтегазовый комплекс	185,5	273,1	323,7	353,2
смежные отрасли	1,9	61,6	61,8	62,2
Западно-Якутский, всего	161,3	293,7	390,9	418,7
в т.ч. нефтегазовый комплекс	103,9	153,7	240,6	267,2
смежные отрасли	57,4	140,0	150,2	151,5
Сахалинский, всего	345,3	399,4	493,3	494,8
в т.ч. нефтегазовый комплекс	295,2	324,4	372,8	372,8
смежные отрасли	50,1	75,0	120,5	122,0

Таблица 8

Отраслевая структура валового регионального продукта по ТПК НГС, %

ТПК НГС	Год			
	2020	2025	2030	2035
Южно-Эвенкийский, всего	100	100	100	100
в т.ч. нефтегазовый комплекс	67	56	56	54
смежные отрасли	33	44	44	46
Верхне-Ленский, всего	100	100	100	100
в т.ч. нефтегазовый комплекс	99	82	84	85
смежные отрасли	1	18	16	15
Западно-Якутский, всего	100	100	100	100
в т.ч. нефтегазовый комплекс	64	52	62	64
смежные отрасли	36	48	38	36
Сахалинский, всего	100	100	100	100
в т.ч. нефтегазовый комплекс	85	81	76	75
смежные отрасли	15	19	24	25

му – 415,4 млрд руб. (12,5 % от ВРП Иркутской области), по Западно-Якутскому – 418,7 млрд руб. (18,8% от ВРП Республики Саха (Якутия)), по Сахалинскому – 494,8 млрд руб. (15,8% от ВРП Сахалинской области) (табл. 7).

Оценки показали высокий уровень эффективности развития ТПК как по нефтегазовым, так и смежным отраслям. Так, в 2035 г. доля проектов смежных отраслей в производстве валового регионального продукта в Южно-Эвенкийском ТПК НГС составит около 46% (186 млрд руб.), в Верхне-Ленском – 15% (62 млрд руб.), в Западно-Якутском – 36% (152 млрд руб.), а в Сахалинском – 25% (122 млрд руб.) (табл. 7, 8).

Заключение

В настоящее время создание нефтегазовых комплексов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке находится в стадиях активного развития, и в целях обеспечения максимально эффективного освоения новых крупных территорий необходимо их развитие увязывать с развитием смежных добывающих и перерабатывающих производств. Такой подход государства к освоению природных ресурсов в восточных регионах страны позволил бы повысить производство валового регионального продукта в соответствующих регионах в среднем на 30% больше, чем только за счет реализации отдельных проектов нефтегазового комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние и перспективы развития сырьевой базы углеводородов / А.С.Ефимов, М.Ю. Смирнов, Е.В. Смирнов, М.В. Бражникова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2017. № 3.

2. Ресурсное обеспечение трубопроводной системы ВСТО: состояние и перспективы / А.С. Ефимов, Ю.Л. Зайцева, М.А. Масленников, Е.В. Смирнов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2015. № 1.

3. Нефтегазовая вертикаль / 2017. № 3-4. С. 46-75.

4. Нефтегазовая вертикаль / 2017. № 15-16. С. 12-45.

5. Территориально-производственные комплексы: планирование и управление / М.К. Бандман, Н.И. Ларина, М.Ю. Черевикина и др. Новосибирск: Наука, 1984. 246 с.

6. Проект «Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года». Новосибирск: ИЭиОПП, 2009. 214 с.

7. Бандман М.К., Воробьева В.В., Санеев Б.Г. Богучанская ГЭС как элемент хозяйственного комплекса Нижнего Приангарья и Красноярского края // Регион: экономика и социология. 1995. № 1. С. 77-97.

8. Бушуев В.В. Энергетика России: ожидания и возможности. М.: ГУИЭС, 1999. С. 64.

9. Агафонов Г.В., Бандман М.К., Воробьева В.В., Малов В.Ю., Санеев Б.Г. Территориальные производственно-энергетические комплексы как перспективная форма пространственной организации энергетики регионов // Регион: экономика и социология. 2001. № 3. С. 143-172.

10. Стратегия социально-экономического развития Красноярского края до 2030 года. Красноярск, 2017. С. 191.

11. Территориально-производственные комплексы: Нижнее Приангарье / М.К. Бандман, В.Д. Ионова, В.Ю. Малов и др. Новосибирск: Наука, 1992. 344 с.

12. Стратегия социально-экономического развития Иркутской области на период до 2030 года. Иркутск, 2016. С. 221.

13. Стратегия социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года с определением целевого видения до 2050 года. Якутск, 2016. С. 310.

14. Инвестиционный потенциал Сахалинской области. 2015, 20 с.

15. Обзорная схема проекта МН «Куюмба – Тайшет». URL: http://taishetcom.do.am/arj/TR2.pdf/

16. Газовый проект. URL: http://irkutskoil.ru/gas/

17. «Газпром» утвердил техсхему разработки Ковыктинского месторождения. URL: https://ria.ru/economy/20160216/1375598795.html

18. 89 лет назад началась история промышленной добычи нефти на Сахалине. URL: http://sakhalinmedia.ru/news/612808/

19. ГРЭС-2 будет способствовать экономическому развитию Сахалинской области. URL: http://primamedia.ru/news/550505/

20. Прогноз социально-экономического развития Сахалинской области. URL: https://sakhalin.gov.ru/index.php?id=797.

REFERENCES

1. Sostoyanie i perspektivy razvitiya syr'evoj bazy uglevodorodov / A.S. Efimov, M.Y. Smirnov, E.V. Smirnov, M.V. Brazhnikova // Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie. 2017. № 3.

2. Resursnoe obespechenie truboprovodnoj sistemy VSTO: sostoyanie i perspektivy / A.S. Efimov, Y.L. Zajceva, M.A. Maslennikov, E.V. Smirnov // Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie. 2015. № 1.

3. Neftegazovaya vertikal / 2017. № 3-4. S. 46-75.

4. Neftegazovaya vertikal / 2017. № 15-16. S. 12-45.

5. Territorial'no-proizvodstvennye kompleksy: planirovanie i upravlenie / M.K. Bandman, N.I. Larina, M.Y. Cherevikina i dr. Novosibirsk: Nauka, 1984. 246 s.

6. Proekt «Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Sibiri do 2020 goda». Novo-sibirsk: IEiOPP, 2009. 214 s.

7. Bandman M.K., Vorob'eva V.V., Saneev B.G. Boguchanskaya GES kak element hozyajstvennogo kompleksa Nizhnego Priangar'ya i Krasnoyarskogo kraya // Region: ekonomika i sociologiya. 1995. № 1. S. 77-97.

8. Bushuev V.V. Energetika Rossii: ozhidaniya i vozmozhnosti. M.: GUIEHS, 1999. S. 64.

9. Agafonov G.V., Bandman M.K., Vorob'eva V.V., Malov V.Y., Saneev B.G. Territorial'nye proizvodstvenno-energeticheskie kompleksy kak perspektivnaya forma pro-stranstvennoj organizacii energetiki regionov // Region: ekonomika i sociologiya. 2001. № 3. S. 143-172.

10. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Krasnoyarskogo kraya do 2030 goda. Krasnoyarsk, 2017. S. 191.

11. Territorial'no-proizvodstvennye kompleksy: Nizhnee Priangar'e / M.K. Bandman, V.D. Ionova, V.YU. Malov i dr. Novosibirsk: Nauka, 1992. 344 s.

12. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Irkutskoj oblasti na period do 2030 goda. Irkutsk, 2016. S. 221.

13. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Saha (Yakutiya) na period do 2030 goda

s opredeleniem celevogo videniya do 2050 goda. Yakutsk, 2016. S. 310.

14. Investicionnyj potencial Sahalinskoj oblasti. 2015, 20 s.

15. Obzornaya shema proekta MN «Kuyumba – Tajshet». URL: http://taishetcom.do.am/arj/TR2.pdf/

16. Gazovyj proekt. URL: http://irkutskoil.ru/gas/

17. «Gazprom» utverdil tehshemu razrabotki Kovyktinskogo mestorozhdeniya. URL: https://ria.ru/economy/20160216/1375598795.html

18. 89 let nazad nachalas' istoriya promyshlennoj dobychi nefti na Sahaline. URL: http://sakhalinmedia.ru/news/612808/

19. GRES-2 budet sposobstvovat' ekonomicheskomu razvitiyu Sahalinskoj oblasti. URL: http://primamedia.ru/news/550505/

20. Prognoz social'no-ekonomicheskogo razvitiya Sahalinskoj oblasti. URL: https://sakhalin.gov.ru/index.php?id=797

Поступила в редакцию
11.04.2018 г.

G.V. Agafonov, A.G. Korneev[2]

THE ROLE OF OIL AND GAS TERRITORIAL PRODUCTION COMPLEXES IN EASTERN RUSSIA ECONOMIC DEVELOPMENT

Abstract. The article reviews the long-term development of oil and gas territorial production complexes (O&G TPC) and their role in the Eastern Russia economic development. An overview of four promising O&G TPCs formed in Eastern Siberia and Far East is provided with their contribution in achieving critical indicators of accelerated Eastern region growth evaluated.

Keywords: oil and gas territorial production complexes, resource potential, power industry, oil and gas production, gas processing and gas-to-chemicals projects, projects in related industries, forecast, gross regional product.

[2] Gleb V. Agafonov – Senior Researcher at the Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, PhD in Engineering, *e-mail:* gleb@isem.irk.ru;
Anatoly G. Korneev – Senior Researcher at the Melentiev Energy Systems Institute, *e-mail:* korn@isem.irk.ru

УДК 620.9 (470.312)

В.В. Саенко[1]

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ДО 2035 ГОДА[2]

Аннотация. В рамах разработки материалов для Стратегии социально-экономического развития Тульской области до 2035 года рассматривается энергетический потенциал региона. Определены основные цели, задачи и приоритеты стратегического развития энергетического сектора области, сценарии и этапы, меры и механизмы их реализации, приведены ожидаемые результаты.

Ключевые слова: Энергетическая стратегия, Тульская область, энергетический сектор, энергетический потенциал региона, сценарии и этапы развития.

Введение

Исследования по анализу и прогнозированию региональной энергетики в стране ведутся с 70-х годов прошлого столетия в академических институтах (ИНЭИ РАН, ИНП РАН, ИСЭМ СО РАН, ИЭиОПП СО РАН), Минэкономразвития России (СОПС, ВНИИКТЭП), аналитических центрах (ИЭС, ЦЭНЭФ). Значительный вклад в разработку методов и моделей прогнозирования энергетического сектора регионов внесли работы А.А. Макарова, А.С. Некрасова, Б.Г. Санеева, В.А. Рыльского, А.М. Мастепанова, В.В. Бушуева, И.А. Башмакова и др. [1-7].

Накоплен также значительный опыт разработки региональных энергетических программ и стратегий, в том числе и для Тульской области [8]. Данная работа выполнена в рамках подготовки ИНП РАН материалов для Стратегии социально-экономического развития Тульской области до 2035 года.

Энергетический потенциал области

Стратегия развития энергетического сектора Тульской области до 2035 г. определяет цели, задачи, приоритеты и ориентиры долгосрочного развития ТЭК региона, а также механизмы государственной энергетической политики ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей.

Энергетический сектор – важная инфраструктурная составляющая экономики Тульской области (примерно 3% ВРП). Он включает в свой состав системы электро-, тепло- и топливоснабжения (природный газ, уголь и нефтепродукты) области. Почти все топливо и около половины потребляемой электроэнергии поставляется из-за пределов региона. Регион небогат топливно-энергетическими ресурсами.

Угольные месторождения области входят в состав южного крыла Подмосковного бассейна. Промышленные запасы бурых углей на территории Тульской области оцениваются в 3 млрд т, что составляет 40% запасов Подмосковного угольного бассейна. Качество подмосковного угля невысокое: зольность изменяется в пределах 34,4-45%, сернистость составляет 3-5%. В последние годы промышленная добыча угля в области прекращена по причине низкой экономической эффективности и экологическим ограничениям. Залежи торфа приурочены к четвертичным отложениям. Запасы его на территории области невелики. Это мелкие месторождения, расположенные в поймах рек, разрабатываемые местным населением. Торф в незначительных объемах используется как топливо и в качестве органического удобрения.

Потенциал ВИЭ составляет около 870 тыс. т у.т. Значительная его часть сосредоточена в биомассе, прежде всего в отходах агропромышленного комплекса – около 60%.

Потенциал вторичных энергоресурсов области – около 1600 тыс. т у.т. Они образуются в ходе производственного процесса на металлургических предприятиях и используются преимущественно для собственного энергоснабжения этих организаций.

[1] Владимир Васильевич Саенко – старший научный сотрудник Института народнохозяйственного прогнозирования (ИНП) РАН, к.э.н., *e-mail:* vv_saenko@mail.ru

[2] При финансовой поддержке гранта РФФИ (Проект № 17-02-00397).

По оценке ОАО «Промгаз», суммарный потенциал энергосбережения региона оценивается в 2500 тыс. т у.т., или более 20% от совокупного потребления ТЭР в области. На долю топлива приходится 51% этого потенциала, на электроэнергию – 27% и на тепло – 22%.

Суммарное потребление ТЭР в Тульской области снизилось за 2005-2015 гг. на 7% с 13 до 12,2 млн т у.т. При этом основное падение энергопотребления наблюдалось до 2010 г. в результате снижения использования тепловой энергии (с 2,9 до 2,1 млн т у.т. за 2005-2010 гг.). Кроме того, за 2005-2015 гг. потребление угля снизилось на 19%, кокса – на 17%, природного газа – на 8%, электроэнергии – на 4%. При этом потребление нефтепродуктов за этот период выросло на 40%.

Основным энергоресурсом в Тульской области является природный газ, на долю которого в 2015 г. приходилось 65% потребления энергии. По 9% приходилось на уголь и нефтепродукты, 13% – на кокс. Ввоз электроэнергии обеспечил 4% спроса на энергию.

Структура энергопотребления в ретроспективном периоде оставалась достаточно устойчивой. Крупнейшим структурным сдвигом за 2005-2015 гг. является рост доли нефтепродуктов на 3 п.п. с 6 до 9%. При этом доли природного газа и угля за этот период снизились на 1 п.п., кокса – на 2 п.п. Современная структура потребления в электроэнергетике и теплоснабжении на 68% состоит из природного газа, на 24% – из угля, на 6% – из доменного газа и на 2% – из нефтепродуктов. При этом на фоне сокращения собственной генерации в регионе за 2005-2015 гг. потребление природного газа в энергетике сократилось с 3,9 до 2,6 млн т у.т., угля – с 1,2 до 0,9 млн т у.т.

В структуре конечного использования больше всего ТЭР потребляется в промышленности в качестве сырья для химического производства и населением.

Энергопотребление промышленности снизилось за 2005-2015 гг. с 4,7 до 4,3 млн т у.т. При этом 32% спроса покрывается коксом (с учетом образующегося в производственном процессе доменного газа), 31% – тепловой энергией, 14% – электроэнергией, 20% – природным газом, остальное прочими ТЭР. В качестве сырья для химического производства в 2015 г. было использовано 3,5 млн т у.т. природного газа, что на 4% выше, чем в 2005 году.

Энергопотребление населения выросло за 2005-2015 гг. на 26% с 1,75 до 2,2 млн т у.т. В 2015 г. на природный газ пришлось 37% суммарного потребления, на нефтепродукты – 30%, тепловую энергию – 26%, электрическую энергию – 7%. При этом доля нефтепродуктов выросла за 2005-2015 гг. на 19 п.п. (с 11%), а доля тепловой энергии снизилась на 11 п.п. (с 37%).

Цели, задачи и приоритеты развития энергетического сектора региона

Целью Энергетической стратегии является создание надежного и эффективного энергетического сектора области для устойчивого роста ее экономики и повышения качества жизни населения. Эта цель конкретизируется в следующих ключевых задачах:

1. Содействие модернизации электроэнергетики области, что повысит как эффективность генерации (число часов использования модернизированных блоков ТЭС возрастет в 3-4 раза), так и сократит затраты на развитие электросетевого комплекса, необходимые для подведения дополнительных внешних перетоков электроэнергии.

2. Проведение реорганизации теплоснабжения области путем внедрения современного оборудования и схем организации на основе концессионных соглашений по передаче в управление частным инвесторам муниципальных тепловых сетей и котельных с их последующей модернизацией. Это позволит существенно сократить расходы на топливо, электроэнергию, воду и оплату труда в этой сфере, а также сдержать рост тарифов в долгосрочной перспективе.

3. Обеспечение Тульской области природным газом с учетом перспективной потребности экономики и населения региона.

4. Повышение доступности (по цене, наличию и надежности) и качества энергетических товаров и услуг (за счет внедрения технологических стандартов, снижения издержек компаний энергетического сектора, эффективного госрегулирования, модернизации инфраструктуры).

5. Обеспечение социальной и экологической ответственности, использования и развития человеческого капитала энергетическими компаниями области.

Целевое видение энергетического сектора, которое должно быть достигнуто к 2035 г., включает в себя, в том числе:

- удовлетворяющую массового внутреннего потребителя доступность энергии как по наличию и срокам подключения, так и по цене (в том числе при строительстве жилья и реализации планов территориального развития);
- существенно более низкий уровень энергоемкости и электроемкости ВРП области (включая снижение удельных расходов топлива на выработку электрической и тепловой энергии, уменьшение потерь электроэнергии и тепла при транспортировке и расходов энергии на собственные нужды энергетического сектора);
- сниженные удельные показатели загрязнения окружающей среды предприятиями ТЭК;
- полное обеспечение энергетического сектора области квалифицированными кадрами.

Приоритетами в развитии энергетического сектора Тульской области должны стать энергетическая безопасность, энергетическая эффективность, экономическая эффективность и устойчивое развитие энергетики.

Что касается обеспечения энергетической безопасности, то необходимо:

- повышение надежности электроэнергетики области путем увеличения загрузки эффективных мощностей областной генерации и упрощения доступа потребителей к электросетям;
- развитие теплоснабжения области преимущественно на базе теплофикации с использованием современных экономически и экологически эффективных когенерационных установок широкого диапазона мощности. Вместе с тем важно и развитие систем децентрализованного тепло- и энергоснабжения, где неэффективно централизованное теплоснабжение;
- завершение газификации области, прежде всего сельской местности.

Главной проблемой повышения энергетической эффективности является значительный нереализованный потенциал организационного и технологического энергосбережения, превышающий 1/4 общего потребления ТЭР в области. В этой связи необходимо завершить начатую работу по формированию целостной системы стимулов и механизмов для развития технологического энергосбережения. Требуется также федеральная поддержка лучших региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, организация обязательного энергетического аудита организаций (предприятий) с определенной периодичностью. Однако энергосбережение – не самоцель, а составная часть проблемы повышения энергетической эффективности за счет инновационного развития, нацеленного как на снижение издержек при производстве, транспортировке, переработке и использовании энергоресурсов, так и на рост качества электрификации экономики области.

В сфере повышения экономической эффективности главным является максимизация общеэкономического эффекта с учетом косвенных мультипликативных эффектов от функционирования энергетического сектора области. При этом экономические интересы предприятий ТЭК рассматриваются в увязке с задачами областного бюджета. С точки зрения потребителей сохраняются серьезные риски в части экономической эффективности, ключевым элементом здесь являются высокие темпы роста цен и тарифов на энергоресурсы.

Устойчивое развитие энергетики включает социальную ответственность и экологическую эффективность энергетических компаний области.

Для развития человеческого потенциала энергетического сектора области необходимо партнерство государства, общества и бизнеса, в том числе координация количественных и качественных параметров профильных направлений профессионального образования и потребностей энергетики, создание устойчивых связей между корпоративным сектором ТЭК и профессиональным образованием. Для Тульской

области могут быть востребованы следующие направления: подготовка персонала для электростанций региона и коммунальной энергетики, а также специалистов по повышению энергетической эффективности: подготовка студентов и повышение квалификации действующих сотрудников на базе местных вузов, а разработка программ – совместно с профильными московскими вузами и организациями.

С точки зрения экологической эффективности энергетического сектора области основными вызовами в рассматриваемой перспективе являются отставание с внедрением современных технологий по минимизации экологического ущерба от работы действующего оборудования и созданию безотходных производств, недостаточная эффективность природоохранного законодательства (устаревшие нормы, отсутствие эффективных механизмов их применения).

Сценарии и этапы развития энергетического сектора Тульской области

В основу прогнозных оценок возможностей развития энергетики области положены два сценария: базовый и инвестиционно-структурный. Они определяют диапазон возможных изменений параметров топливно-энергетического баланса (ТЭБ) и основных показателей развития отраслей ТЭК области. Нахождение в границах указанного диапазона будет свидетельствовать об адекватности стратегии и актуальности определенных в ней целей, задач, приоритетов, мер и механизмов реализации. Выход за пределы указанного диапазона может свидетельствовать о необходимости пересмотра ориентиров развития. Оба сценария развития энергетики согласуются со сценариями Стратегии социально-экономического развития Тульской области до 2035 года.

Базовый (умеренно-оптимистический) сценарий развития энергетического сектора Тульской области предполагает максимально надежное и эффективное удовлетворение спроса на ТЭР со стороны населения и экономики региона в рассматриваемом периоде. Модернизация энергетического сектора является основой сценария.

Инвестиционно-структурный сценарий предполагает по возможности полное использование потенциала энергетического сектора для ускорения роста экономики и повышения благосостояния населения области в рассматриваемый период и предполагает реализацию дополнительного числа инвестиционных проектов в отраслях промышленности и опережающее развитие энергетической инфраструктуры.

Развитие энергетического сектора области будет иметь свои временные особенности (этапы). Первый этап реализации – ориентировочно до 2020 г. с возможной пролонгацией до 2022 г. – этап перестройки, направленной на преодоление узких мест в развитии энергетической инфраструктуры и формирование нормативных и организационных основ развития энергетического сектора области. На первом этапе должны быть созданы основы целостной институциональной системы энергетического сектора.

В электроэнергетике будет осуществляться вывод из эксплуатации неэффективных генерирующих мощностей, проведен анализ и сделан выбор направлений модернизации электрогенерирующего оборудования в увязке с развитием электросетевого хозяйства области. Продолжится совершенствование существующей модели отношений и ценообразования на электрическую энергию в целях обеспечения баланса интересов производителей и потребителей энергии, прежде всего – сокращение перекрестного субсидирования тарифов между группами потребителей до оптимального уровня.

В теплоснабжении области на первом этапе будут заключены концессионные соглашения с частными инвесторами по подавляющему большинству систем теплоснабжения (муниципальные сети и котельные). В этой сфере важным направлением преобразований станет внедрение модели ценообразования на основе принципа «альтернативной котельной» (или его модификации). Кроме того, продолжится формирование локальных рынков тепла, дающих потребителям реальную возможность выбора схем и способов теплоснабжения и стимулы для применения эффективных технологий всем сторонам процесса; формирование на локальных рынках тепла единых теплоснабжающих организаций, ответственных за надежное и экономически эффективное теплоснабжение потребителей.

Второй этап (до 2035 г.) – этап формирования и функционирования надежной и эффективной энергетической инфраструктуры экономики области. Доминантой второго этапа будет модернизация, широкое обновление отраслей энергетического сектора области за счет отечественных технологий, материалов и оборудования, в том числе за счет поставок оборудования компаний Тульской области.

В электроэнергетике должно произойти обновление генерирующих мощностей на основе инновационных технологий и оптимизация их структуры. Осуществится ликвидация всех видов перекрестного субсидирования, а также переход к долгосрочному ценообразованию на услуги естественных монополий и регулируемых организаций в отрасли.

В теплоснабжении главными направлениями будут осуществление контроля за реализацией концессионных соглашений и содействие модернизации коммунальной энергетики области.

Меры и механизмы реализации

Поставленные задачи будут решаться с помощью мер и механизмов государственной энергетической политики в пределах полномочий Тульской области. Поскольку область не обеспечена собственными ТЭР, важное значение имеют меры, повышающие надежность, качество и экологичность энергообеспечения региона, включая:

- взаимодействие с федеральными министерствами и ведомствами, крупными газовыми и газораспределительными компаниями по обеспечению поставок природного газа в область в нужных объемах;
- снятие сетевых ограничений на перетоки электрической энергии;
- помощь в модернизации электроэнергетики и теплоснабжения области;
- обеспечение прозрачного доступа для всех участников рынка к энергетической инфраструктуре (трубопроводы, электрические и тепловые сети), в том числе на конкурентной основе;
- развитие сектора независимых компаний в сфере хранения, оптовой и розничной реализации нефтепродуктов и усиление контроля за качеством нефтепродуктов;
- стимулирование применения экологических стандартов для снижения негативного влияния производства, транспорта и использования ТЭР на окружающую среду и здоровье людей;
- контроль за выполнением пользователями недр и собственниками объектов энергетики ликвидационных работ, рекультивации использованных земель и ликвидации экологических последствий после вывода объектов из эксплуатации.

Особое значение имеет реализация специальных мер по повышению энергетической эффективности жилищно-коммунального хозяйства и модернизации теплоснабжения, включая:

- стимулирование привлечения частных инвестиций в сферу теплоснабжения через заключение соглашений по передаче объектов теплоснабжения в концессию;
- содействие модернизации старых котельных с увеличением эффективности используемого оборудования и повышения автоматизации процессов и перекладки тепловых сетей с использованием современных технологий и материалов.

Также необходимо формирование целостной системы стимулов и механизмов для развития энергосбережения в регионе. Основные меры государственной энергетической политики в этой сфере включают:

- поддержку лучших региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, пилотных энергосберегающих проектов, том числе на основе механизмов государственных гарантий;
- организацию обязательного энергетического аудита отдельных крупных организаций (предприятий) с определенной периодичностью с целью стимулирования внедрения энергетически эффективных технологий и сокращения затрат на топливо и энергию;

- участие в пропаганде энергосбережения и повышения энергетической эффективности среди различных групп населения, в том числе в составе образовательных программ высших учебных заведений.

Кроме того, важным направлением работы региональных властей должно стать развитие частных управляющих компаний, ориентированных на долгосрочную работу и повышение грамотности конечных потребителей (населения, предприятий и организаций). Целесообразно также участие в работе по более полному регламентированию взаимоотношений поставщиков коммунальных ресурсов и исполнителей коммунальных услуг (управляющих компаний и ТСЖ) с потребителями.

Ожидаемые результаты

Главным результатом реализации стратегии станет повышение эффективности энергетического сектора максимально содействующего динамичному социально-экономическому развитию Тульской области. Основными ожидаемыми результатами реализации стратегии являются:

1. Снижение энергоемкости экономики на 9-12% на первом этапе и на 37-45% на втором этапе по отношению к 2015 г., в том числе за счет уменьшения удельных расходов топлива на выработку электрической и тепловой энергии и расходов энергии на собственные нужды отраслей ТЭК.

2. Устойчивое, надежное и эффективное удовлетворение спроса на энергию и топливо все более высокого качества при прогнозируемом росте потребления ТЭР на 5-10% на первом этапе и 24-62% на втором этапе (по сравнению с 2015 г.).

3. В структуре топливно-энергетического баланса произойдут сдвиги в пользу нефтепродуктов (рост потребления на 50-75% за 2015-2035 гг.), природного газа (рост потребления на 14-60%) при снижении доли угля (на 5-9%). Основу топливного потребления составит природный газ (к 2035 г. его доля сохранится примерно на текущем уровне и составит 78-81%), доля нефтепродуктов вырастет до 13-14%, а угля – снизится до 6-8%. Причем зависимость от поставок ТЭР из-за пределов региона останется 100%.

4. Произойдет ускорение электрификации основных сфер использования с увеличением конечного потребления электрической энергии в области на 3-10% на первом этапе и на 26-52% на втором. Для обеспечения устойчивого развития экономики региона необходимо расширение электросетевой инфраструктуры, а также увеличение роли собственной генерации при условии ее модернизации.

5. Перспективная структура, а также объемы производства и потребления тепловой энергии на рассматриваемый период максимально ориентированы на полное обеспечение потребностей социальной сферы и экономики Тульской области. Рост теплопотребления к 2035 г. составит при этом в базовом сценарии 9%, а в инвестиционно-структурном – 55%.

Развитие энергетического сектора области будет сталкиваться с меняющимися во времени внешними и внутренними рисками. Основными из них являются следующие:

1) высокие темпы роста цен на энергоресурсы;

2) замедление развития экономики России и области;

3) отсрочка или срыв реализации программ инвестиционного и инновационного развития энергетики области в результате отставания в формировании целостной институциональной системы в энергетическом секторе России.

Реализация рисков станет сдерживать развитие энергетического сектора и экономики области, при этом появляется опасность снижения темпов роста ВРП и параметров ТЭК области по сравнению с запланированным уровнем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А.А., Вигдорчик А.Г. Топливно-энергетический комплекс. М.: Наука, 1979.

2. Некрасов А.С. Анализ и прогнозы развития отраслей топливно-энергетического комплекса. М.: ИНП РАН, 2013.

3. Восточный вектор Энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / под ред. Н.И. Воропая, Б.Г. Санеева. Новосибирск: ГЕО, 2011.

4. Мастепанов А.М., Саенко В.В., Рыльский В.А., Шафраник Ю.К. Экономика и энергетика регионов Российской Федерации. М.: Экономика, 2001.

5. Мастепанов А.М. Региональные и внешнеэкономические аспекты энергетической политики России. М., 1999.

6. Бушуев В.В. Энергетика России. Т. 2. Энергетическая политика. М.: Энергия, 2012.

7. Башмаков И.А. Разработка комплексных долгосрочных программ энергосбережения и повышения энергоэффективности: методология и практика / Диссер. на соискание уч. ст. д.э.н. Москва. 2013.

8. О проекте региональной энергетической программы Тульской области.

REFERENCES

1. Makarov A.A., Vigdorchik A.G. Toplivno-energeticheskij kompleks. M.: Nauka, 1979.

2. Nekrasov A.S. Analiz i prognozy razvitiya otraslej toplivno-energeticheskogo kompleksa. M.: INP RAN, 2013.

3. Vostochnyj vektor Energeticheskoj strategii Rossii: sovremennoe sostoyanie, vzglyad v budushee / pod red. N.I. Voropaya, B.G. Saneeva. Novosibirsk: GEO, 2011.

4. Mastepanov A.M., Saenko V.V., Ryl'skij V.A., Shafranik Y.K. Ekonomika i energetika regionov Rossijskoj Federacii. M.: Ekonomika, 2001.

5. Mastepanov A.M. Regional'nye i vneshneekonomicheskie aspekty energeticheskoj politiki Rossii. M., 1999.

6. Bushuev V.V. Energetika Rossii. T. 2. Energeticheskaya politika. M.: Energiya, 2012.

7. Bashmakov I.A. Razrabotka kompleksnyh dolgosrochnyh programm energosberezeniya i povysheniya energoeffektivnosti: metodologiya i praktika / Disser. na soiskanie uch. st. d.e.n. Moskva. 2013.

8. O proekte regional'noj energeticheskoj programmy Tul'skoj oblasti.

Поступила в редакцию
30.03.2018 г.

V.V. Saenko[3]

MAIN PROVISIONS OF TULA REGION ENERGY STRATEGY UP TO 2035

Abstract. The energy potential of the Tula region is considered while developing materials for the Tula Region Social and Economic Development Strategy up to 2035. Main goals, tasks and priorities of strategic development are identified for the regional energy sector along with scenarios and stages of its development as well as measures and mechanisms of their implementation with expected results described.

Keywords: Energy Strategy, Tula region, energy sector, regional energy potential, scenarios and stages of development.

[3] Vladimir V. Saenko – Senior Researcher at the Institute for National Economic Forecasts of the Russian Academy of Sciences, PhD in Economics, *e-mail:* vv_saenko@mail.ru

УДК 620.92+339.977

А.А. Горлов[1]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИВЫХ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аннотация. Общей проблемой для всех видов ВИЭ является тот факт, что их внедрение происходит на фоне развитого рынка традиционной углеводородной энергетики. Это вызывает конкуренцию за средства потенциальных инвесторов, хотя в настоящее время наблюдается существенное снижение стоимости наиболее развитых технологий ВИЭ, что в ряде случаев уже делает более привлекательной альтернативную энергетику. В рамках данной статьи проведен подробный анализ теоретических предпосылок использования кривых обучения для исследований в области ВИЭ, направленных на снижение высокой степени неопределенности относительно будущей конкурентоспособности, рентабельности и сроков окупаемости проектов возобновляемой энергетики. В статье рассмотрены основные достоинства и недостатки предлагаемого математического инструмента. Обращается внимание на возможность применения аппарата кривых обучения для технологий ВИЭ, которые в настоящее время находятся на самых ранних этапах развития. Представленная в статье методика может быть использована для оценок и прогнозирования динамики процессов замещения традиционной энергетики различными новыми и развивающимися технологиями ВИЭ в рамках отдельных или группы стран бассейна Северного моря.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, традиционная энергетика, динамика развития ВИЭ, кривые обучения, методика оценки, процессы замещения в энергетике.

В настоящее время разные технологии возобновляемых источников энергии находятся на различных стадиях развития. Одни из них уже достигли высокой степени совершенства и больших объемов внедрения (например, ветровые и солнечные установки на суше), другие пока только претендуют на широкие масштабы использования (например, оффшорные ветровые ВИЭ), третьи находятся на ранних стадиях и существуют пока только в десятках экземплярах (например, плавучие ветровые установки или морские ВИЭ, использующие энергию волн и приливных течений). Общей проблемой для всех видов альтернативной энергетики является тот факт, что их внедрение происходит на фоне развитого рынка традиционной углеводородной энергетики. Это вызывает конкуренцию за средства потенциальных инвесторов. Очевидными преимуществами традиционной энергетики с точки зрения инвесторов являются высокая степень определенности рынка, известная с высокой точностью рентабельность и отсутствие существенных технологических рисков. Преимущества альтернативной энергетики могут проявиться в долгосрочном периоде, однако далеко не каждого инвестора интересует такой вариант, что пока ограничивает приток инвестиций в сектор ВИЭ. Кроме того, себестоимость энергии, произведенной на основе традиционных энергоносителей, в большинстве случаев до сих пор была ниже, чем при применении альтернативных технологий. Однако в настоящее время наблюдается существенное снижение стоимости наиболее развитых технологий ВИЭ, что в ряде случаев уже делает более привлекательной альтернативную энергетику. Следует учитывать также, что современные высокоразвитые технологии, относительно низкая себестоимость углеводородной энергетики являются результатом вложения огромного объема средств, многочисленных исследований и более чем векового опыта работы в данной отрасли. Хотя на ранних этапах существования нефтяная отрасль с трудом конкурировала с традиционным для того времени углем. Соответственно, усилия по развитию технологий альтернативной энергетики и накоплению опыта их использования необходимо прилагать уже сейчас. Наиболее эффективная политика в этом направлении проводится в Европейском союзе, где уже к концу 2014 г. было произведено 11,8% потребляемой электроэнергии с помощью альтернативных технологий.

[1] Анатолий Александрович Горлов – аспирант НИУ ВШЭ, *e-mail:* anatolygorlov@yahoo.com.

А общий прирост производства электроэнергии в ЕС за счет ВИЭ за последние 25 лет (1990-2015 гг.) превысил 400% [1].

И для потенциальных инвесторов, и для органов государственной власти в странах ЕС одной из серьезных проблем, связанных с принятием решений в области альтернативной энергетики, остается высокая степень неопределенности относительно будущей конкурентоспособности, рентабельности и сроков окупаемости проектов. Особенно важным является вопрос конкуренции между традиционными и альтернативными источниками энергии, поскольку долгосрочная цель в странах бассейна Северного моря, как ведущих в энергетике ЕС, заключается в полном отказе от ископаемых видов топлива во всех сферах применения, где это только возможно [2]. Совершенных абсолютно точных прогнозов в данной области не существует, и вложения средств, как частных, так и государственных, в поддержку того или иного проекта в области альтернативной энергетики связано с определенным риском. Однако ряд аналитических инструментов позволяют снизить риск, обосновать применение тех или иных мер управленческого воздействия и косвенно спрогнозировать динамику развития альтернативной энергетики в зависимости от различных факторов. По ряду описанных ниже причин особого внимания в рамках данного исследования заслуживает такой инструмент, как «кривая обучения» (experience curve).

По своей сути кривая обучения представляет собой графическое отражение обратной статистической зависимости между себестоимостью продукции и совокупным накопленным опытом ее производства. Поскольку опыт – понятие ненаблюдаемое и неизмеримое, в качестве инструментальной переменной, имеющей тесную корреляцию с ненаблюдаемой характеристикой «опыт», используется совокупный накопленный объем производства или совокупные производственные мощности. Лежащая в основе кривых обучения концепция «learning by doing» (обучение на опыте) в настоящее время не имеет четкого теоретического обоснования, однако факт снижения себестоимости продукции по мере экстенсивного развития отрасли в целом эмпирически подтверждается для многих отраслей промышленности [3]. Первым в истории упоминанием об использовании концепции «обучения на опыте» можно считать описание убывающего характера затрат основных ресурсов по мере роста накопленных объемов производства в авиастроении [4]. Далее, в 60-х годах прошлого века, известный экономист, нобелевский лауреат К. Эрроу расширил понимание последствий обучения на опыте за рамки отдельной фирмы [5]. На основе его теории позднее была разработана модель экономического роста Эрроу-Ромера, которая демонстрирует, что способность экономических агентов обучаться в процессе производства и диффузия знаний (эффект, благодаря которому знания появляются не только у тех, кто нарабатывает опыт) способствуют формированию эндогенного экономического роста [6].

Одновременно кривые обучения, как аналитический инструмент, проникли в прикладные расчеты. Во второй половине прошлого века основные принципы применения кривых обучения в анализе отраслей, технологий и отдельных фирм были сформулированы компанией Boston Consulting Group [3]. В 2000 г. Международным энергетическим агентством (IEA) были сформулированы принципы применения кривых обучения как аналитического инструмента для анализа и прогнозирования динамики энергетических отраслей [3]. Стоит отметить, что применяемый в рамках данного исследования термин «кривая обучения» относится к конкретной графо-аналитической модели, демонстрирующей статистическую зависимость между себестоимостью (с учетом всех издержек) и накопленной производственной мощностью в отрасли и в целом. В англоязычных работах подобная модель известна под названием «experience curve» (термин введен в работе Эрроу) [5], в то время как обратная зависимость затрат конкретного ресурса в расчете на единицу выпуска от совокупных производственных мощностей обозначается термином «learning curve» (введен в работе Райта) [4]. Именно experience curve, по традиции, сложившейся в отечественных публикациях [1], в дальнейшем подразумевается нами под термином «кривая обучения». При этом очень важно использовать именно кривую обучения, а не так называемую «кривую освоения

производства», которая отражает зависимость между эффективностью производства (производимого оборудования) и совокупным объемом продаж и имеет линейно-степенную спецификацию следующего вида:

$$Y = a + bX^c\,, \qquad (1)$$

где Y – показатель эффективности производства, X – совокупный объем продаж, a, b, c – эмпирически оцениваемые параметры модели [1].

В отличие от упомянутой выше кривой освоения производства, однофакторная версия кривой обучения описывается степенным уравнением вида:

$$Y = \alpha X^{\varepsilon}, \alpha > 0, \varepsilon < 0\,, \qquad (2)$$

где Y – себестоимость производимой продукции, X – показатель накопленного опыта.

В рамках анализа энергетической отрасли в качестве X, как правило, используется накопленная потенциальная мощность. Отрицательная зависимость отражается эмпирически оцениваемым параметром ε. Степенная форма зависимости позволяет произвести логарифмическое преобразование кривой, что удобнее для дальнейших расчетов:

$$ln(Y) = ln(\alpha) + \varepsilon\, ln(X)\,, \qquad (3)$$

В логарифмической формулировке уравнение становится линейным по неизвестным параметрам, что позволяет оценивать параметры на основе метода наименьших квадратов. Кроме того, в логарифмической шкале график кривой обучения выглядит как прямая линия, что упрощает экстраполяцию. В публикации по ветровой энергетике в Европе [7] одна из эмпирически оцененных кривых обучения для технологии берегового ветра в однофакторной версии описывается уравнением регрессии следующего вида:

$$Y = 7{,}651X^{-0{,}071}\,, \qquad (4)$$

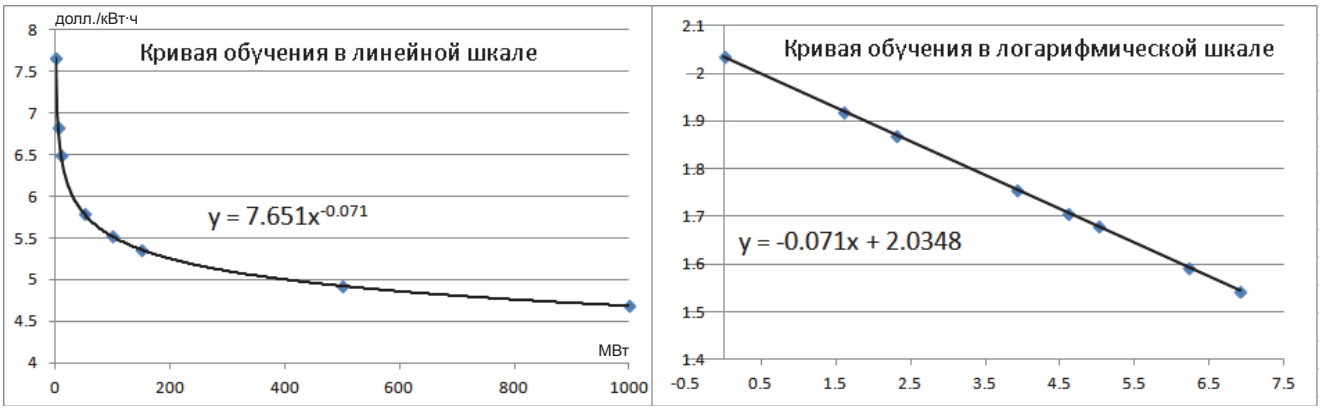
или в логарифмическом представлении:

$$ln(Y) = ln(7{,}651) - 0{,}071\, ln(X) = \\ = 2{,}0348 - 0{,}071\, ln(X) \qquad (5)$$

где Y – издержки генерирования ветровой энергии в долл./кВт·ч, X – совокупная мощность ветровых ВИЭ в мегаваттах.

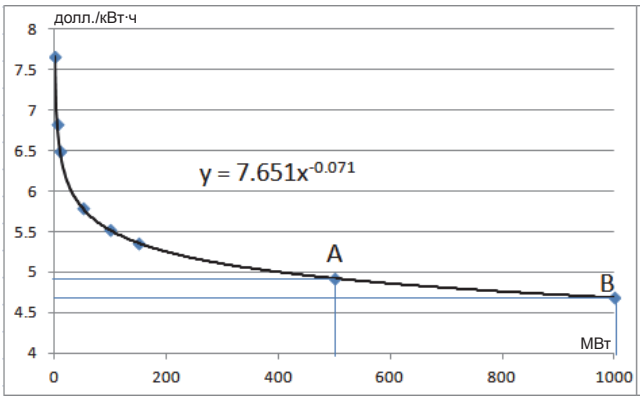
На примере данного уравнения можно продемонстрировать преимущества кривой обучений в двойной логарифмической шкале по сравнению с линейной шкалой (см. рис. 1).

Кривая обучения в линейной шкале является убывающей степенной функцией с отрицательным показателем степени. При движении по осям данного графика одинаковое расстояние



На левом графике по оси абсцисс – совокупная мощность ветровых ВИЭ, по оси ординат – себестоимость энергии.
На правом – логарифмы соответствующих переменных.
Источник: *составлено автором по данным [7].*

Рис. 1. ***Пример кривой обучения в линейной и двойной логарифмической шкалах***



По оси абсцисс – совокупная мощность ветровых ВИЭ, по оси ординат – себестоимость энергии.
Источник: *составлено автором по данным [7].*

Рис. 2. ***Кривая обучения в линейной шкале***

на оси соответствует одинаковому по величине приросту мощности или издержек. С другой стороны, в двойной логарифмической шкале, где по осям откладываются не переменные, а их натуральные логарифмы, при этом отображение кривой обучения становится линейным. Прямая линия имеет постоянный наклон, что, как будет показано ниже, позволяет рассчитать несколько важных для оценки процесса обучения коэффициентов.

Важными показателями, связанными с кривой обучения, являются также коэффициент развития (progress ratio, PR) и коэффициент обучения (learning ratio, LR). Коэффициент развития показывает, какой будет себестоимость продукции в случае удвоения объема производства относительно текущей себестоимости:

$$PR = \frac{\alpha(2X)^{\varepsilon}}{\alpha X^{\varepsilon}} = 2^{\varepsilon}, \qquad (6)$$

Чем меньше показатель PR, тем более серьезный прогресс может быть достигнут в развитии отрасли в будущем с точки зрения снижения себестоимости. Коэффициент обучения LR = 1-PR и показывает относительное потенциальное снижение себестоимости продукции при удвоении производственных мощностей или иного показателя опыта.

Рассмотрим оценку и применение коэффициента PR на примере уже упомянутой выше кривой обучения в линейной шкале (рис. 2) [7]. Переход из точки А в точку В на графике означает рост доступных мощностей ветровых ВИЭ в два раза, с 500 до 1000 МВт. При этом ордината точки А равна 4,921, а ордината точки В – 4,685. Коэффициент прогресса в данном случае равен 4,685/4,921 = 0,952 и показывает, что при удвоении мощностей новые издержки составят только 95,2% от старых издержек. Того же результата можно добиться применением формулы $PR = 2^{e} = 2^{(-0,071)} = 0,925$.

Важно отметить, что кривая обучения напрямую не привязана к динамике развития , так как не содержит показатель, отвечающий за течение времени. Поэтому на ее основе не может быть напрямую построен прогноз момента достижения себестоимости продукции определенного уровня. Однако на основе кривой обучения можно спрогнозировать объем инвестиций, необходимых отрасли для того, чтобы снизить себестоимость продукции за счет обучения до определенной величины. Инвестиции в обучение (learning investment, LI) – величина инвестиций, которые необходимо освоить в отрасли для того, чтобы себестоимость продукции снизилась до конкурентоспособного уровня, в случае энергетических отраслей – до уровня себестоимости энергии, вырабатываемой на основе ископаемых видов топлива [3].

Традиционно кривая обучения отражается на графике в двойной логарифмической шкале [7], причем по абсциссе отсчитывается совокупная мощность всех генерирующих ВИЭ конкретного типа (солнечных и ветровых установок, малых гидроэлектростанций и т.п.), а по ординате – показатель себестоимости единицы генерируемой энергии. В качестве показателя себестоимости может быть использована как простая бухгалтерская себестоимость, равная отношению операционных издержек за период к общему объему, так и более продвинутые показатели, например, LCOE (levelished costs of energy) [8]:

$$LCOE = \frac{CAPEX + PV(OPEX)}{PV(AEP)}, \qquad (7)$$

где $CAPEX$ – капитальные издержки (первоначальные инвестиции в проект), $OPEX$ – операционные издержки деятельности по генерированию энергии, AEP – количество сгенерированной за период энергии, а через PV обозначен

оператор расчета текущей приведенной стоимости при определенной норме дисконтирования.

Преимущества LCOE очевидны: поскольку расчет основан на приведенной стоимости различных показателей в течение всего срока жизни проекта, LCOE является реальным показателем, на основе которого принимают решения потенциальные инвесторы, а коэффициенты дисконтирования позволяют учесть альтернативные издержки в виде потерянных возможностей от инвестирования в альтернативные направления. С другой стороны, LCOE – величина сложная для оценки, требует большого количества надежных данных о различных проектах в области альтернативной энергетики и чувствительна к ставке дисконтирования, которую, в свою очередь, необходимо корректировать на текущую ситуацию на финансовых рынках. Поэтому в некоторых исследованиях рассматриваются другие показатели себестоимости, например, цена одной генерирующей установки [1]. В то же время большинство экспертов считают более правильным решением использовать для расчетов себестоимость вместо цены [9]. На стабильном с точки зрения структуры и рентабельности рынке кривые обучения, построенные на основе цены и себестоимости, в двойной логарифмической шкале представляют собой прямые линии одинакового наклона (а значит – с одинаковым коэффициентом обучения), причем линия цены сдвинута вверх на величину относительной рентабельности. Однако на практике кривая обучения, оцениваемая на основе рыночной цены генерируемой энергии, ведет себя непредсказуемо под влиянием изменения структуры рынка и нерыночных методов регулирования цен, в результате чего наклон может получиться даже положительным [10]. Для недостаточно развитых рынков альтернативной энергетики цена является плохим инструментом для оценки себестоимости.

Стоит также отметить, что стоимостные показатели для оценки кривых обучения должны быть приведены к постоянным ценам, в противном случае модель отразит две противоположные тенденции: сокращение себестоимости за счет обучения и рост за счет инфляции на рынках ресурсов, что может привести к произвольному результату.

По ряду причин применение кривых обучения для анализа энергетического сектора является более простым и оправданным, чем для многих других секторов. Во-первых, продукция энергетической отрасли абсолютно однородна. Если за единицу выпуска принять киловатт·час энергии, то не важно, каким именно способом и на какой установке эта энергия выработана, что позволяет без дополнительных корректировок сравнивать между собой кривые обучения различных технологий выработки электроэнергии. То же самое касается совокупной мощности: мощность одной конкретной энергоустановки измеряется в однородных по всей отрасли единицах измерения, как правило, в мегаваттах, что позволяет складывать мощность различных энергоустановок, в том числе применяющих различные технологии производства электроэнергии. Во-вторых, энергетическая отрасль отличается большим количеством существующих и еще большим число технологий перспективных, причем различные технологии находятся на разных стадиях существования с точки зрения кривых обучения. Это позволяет использовать методы сравнительного анализа для оценки технологий, для которых в настоящее время нет достаточного количества данных построения собственной кривой обучения. Наконец, кривая обучения конкретной отрасли или технологии нечувствительна к масштабу производства, что позволяет анализировать отрасль и сравнивать технологии в энергетике, где производитель может быть и крупной ГЭС, и отдельно стоящим ветрогенератором.

Вместе с тем кривые обучения, как аналитический инструмент, не лишены недостатков, которые необходимо учитывать при применении кривых для принятия решений. Прежде всего, стоит вернуться к уже отмеченному выше факту, согласно которому кривые обучения не имеют теоретического обоснования. Ряд исследователей (например, Jamasb T., Kohler J.) [9] в качестве обоснования приводят классическую парадигму Шумпетера «изобретение – инновация – распространение» (invention – innovation – diffusion). Также существует гипотеза, согласно которой отрицательный наклон кривой обучения связан эффектом масштаба. Однако обе гипотезы не позволяют объяснить сокращение издержек у про-

изводителя, который не является изобретателем технологии и не отличается масштабами производства. Теоретического обоснования не имеет именно сам факт диффузии знаний.

Отсутствие теоретически обоснованного влияния при наличии статистически значимой связи в рамках кривой обучения создает дополнительные проблемы для исследователя. Поскольку оценка уравнения кривой обучения осуществляется на основе метода наименьших квадратов по наблюдениям, относящимся к различным периодам времени (временные ряды), результирующая регрессия может оказаться «мнимой». Для получения более надежных статистических оценок коэффициентов прогресса и обучения можно идти двумя путями:

1) снижать риск формирования «мнимой» регрессии техническими способами (тестирование рядов на стационарность и/или коинтеграцию, переход к первым разностям, учет трендов);

2) кардинально решить проблему временных рядов, оценивая кривую обучения на основе пространственных данных. При этом в качестве выборки можно использовать данные по странам, технологии альтернативной энергетики в которых находятся на различных стадиях развития.

Среди других недостатков кривых обучения, как аналитических инструментов, можно отметить высокую степень неопределенности относительно себестоимости и малое количество наблюдений. Выборка, по которой в исследованиях оценивается уравнение кривой обучения, редко превышает 20 точек, что делает оценки параметров кривой чувствительными к выбросам. Кроме того, оценивание простой однофакторной кривой не позволяет адекватно отражать ситуацию в случае, если значимый технологический сдвиг ускорил или замедлил процесс обучении, в результате чего одна и та же технология демонстрирует кривую обучения сначала с одним, а затем с другим углом наклона.

По результатам ряда исследований недостатки кривых обучения могут быть частично преодолены модификацией самой постановки кривой. Во-первых, исследователи отмечают, что однофакторная версия кривой обучения завышает коэффициент обучения, и более точную оценку можно получить, используя двухфакторную версию кривой [11] с издержками на исследования и разработки (Research and development – R&D) в качестве второго фактора. Особую роль расходы на R&D играют для технологий, находящихся на ранних стадиях развития [9]. Двухфакторная кривая обучения также имеет степенную спецификацию:

$$Y = aX^{\varepsilon}(RD)^{\beta}, \qquad (8)$$

и логарифмическое представление, позволяющее оценивать параметры методом наименьших квадратов:

$$ln(Y) = ln(\alpha) + \varepsilon\, ln(X) + \beta\, ln(RD), \qquad (9)$$

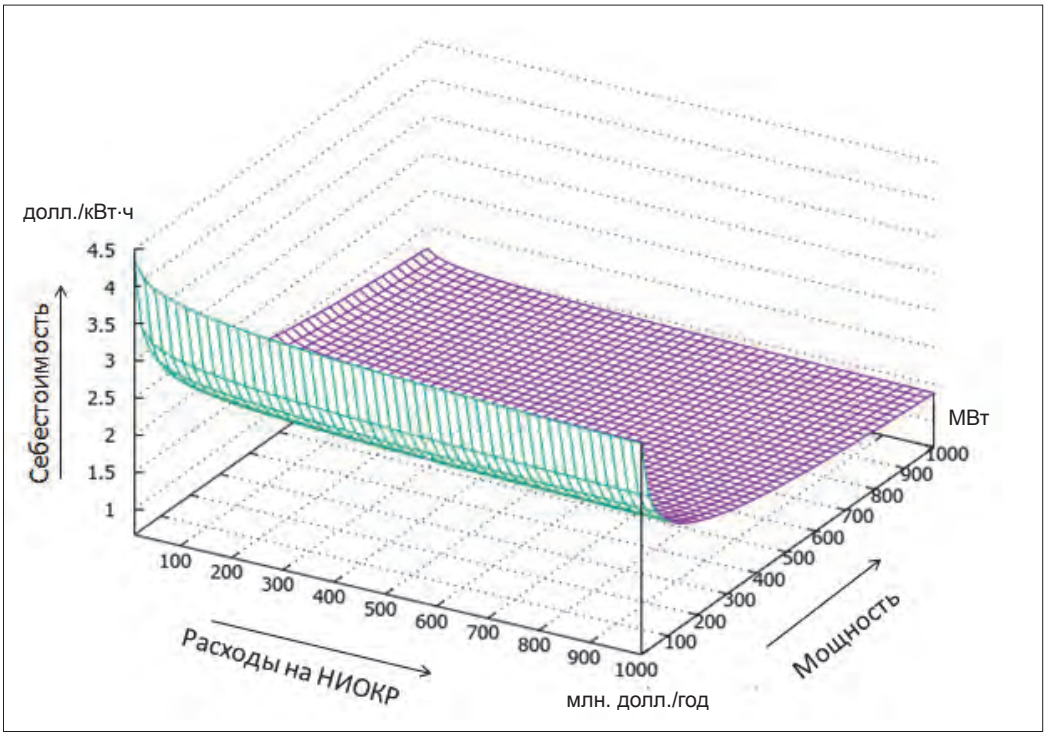
где RD – накопленные расходы на исследования (research and development expenditures).

Графическим отражением двухфакторной кривой обучения является карта линий в двойной логарифмической системе координат «себестоимость – накопленная мощность», причем форма каждой кривой зависит от предположений о сценарии дальнейшей динамики исследований и разработок, что дополнительно позволяет строить сценарные прогнозы.

В линейной шкале графическое отображение двухфакторной кривой обучения поверхностью, каждая проекций которой на плоскость себестоимость/мощность, в свою очередь, является однофакторной кривой обучения. Рассмотрим уравнение двухфакторной кривой обучения из статьи [7]. Уравнение двухфакторной кривой обучения выглядит следующим образом:

$$Y = 7{,}713X^{-0{,}047}RD^{-0{,}202}, \qquad (10)$$

График данного уравнения в трехмерном пространстве приведен ниже (рис. 3). Теоретически, в зависимости от траектории RD(t) во времени и начальных расходов RD(0) на НИОКР, реальная траектория снижения себестоимости ветровой энергии может быть произвольной кривой, начинающейся из точки с координатами $\{X_{min}, RD_0, f(X_{min}, RD_0)\}$, где f – функция, аналитическая запись которой задает двухфакторную кривую обучения.



Источник: *составлено автором по данным [7].*

Рис. 3. ***Двухфакторная кривая обучения в трехмерном пространстве***

Представленный график показывает, что при сопоставимых совокупных мощностях высокие затраты на НИОКР позволяют снизить себестоимость до более низких величин, чем более низкие расходы на НИОКР. При этом скорость убывания себестоимости по мере роста мощностей отрицательно зависит от НИОКР, что говорит о взаимозаменяемости обучений на опыте и на базе исследований.

Проблему возможной эндогенности в уравнении кривой обучения можно решить, представив задачу оценки неизвестных параметров модели в виде системы одновременных уравнений. Исходная форма кривой обучения не позволяет ответить на вопрос о направлении причинно-следственной связи между себестоимостью и накопленной производственной мощностью. При этом в случае, если имеет место двусторонняя зависимость, результаты оценки параметров с помощью метода наименьших квадратов оказываются искаженными. Для решения проблемы можно добавить в задачу оценки кривой обучения дополнительное уравнение, отвечающее за диффузию технологий [12]:

$$\begin{cases} ln(Y_t) = ln(\alpha) + \varepsilon\, ln(X_t) + \beta ln\,(RD_t) \\ ln(X_t) = b_1 + b_2\, ln(Y_t) + b_3 ln\,(t) \end{cases} \quad (11)$$

Второе уравнение, где переменная t отвечает за момент времени, показывает, что снижение себестоимости способно увеличивать стимул к вложению в технологию и, таким образом, оказывать влияние на совокупную производственную мощность, то есть в рамках кривой обучения присутствует как прямое, так и обратное влияние. Кроме того, учет времени в виде отдельного регрессора позволяет решить проблему нестационарности временного ряда X_t в случае, если данный ряд относится к классу TS (trend stationarity).

Таким образом, ряд недостатков однофакторной модели кривой обучения могут быть решены технически с помощью модификации модели. В результате полученные оценки коэффициентов, в том числе коэффициента обучения, будут обладать необходимыми статистическими свойствами и в целом окажутся более надеж-

ными, чем результаты оценки однофакторной модели. С другой стороны, модифицированные модели кривой обучения сложнее с точки зрения процедуры оценивания и требуют большего количества исходных данных (поскольку содержат больше неизвестных параметров). Проблему количества данных можно решить путем перехода к панельной структуре выборки, с учетом индивидуальных особенностей ВИЭ для каждой рассматриваемой страны. Что касается процедуры оценивания, система одновременных уравнений в указанной выше постановке идентифицируема и оценивается методом наименьших квадратов после перехода к приведенному виду:

$$\begin{cases} lnX_t = \dfrac{b_1 - b_2 ln\,(\alpha)}{1 - \varepsilon b_2} + \dfrac{b_3}{1 - \varepsilon b_2} ln(t) + \dfrac{b_2 \beta}{1 - \varepsilon b_2} ln\,(RD_t) \\ lnY_t = \dfrac{\varepsilon b_1 - ln\,(\alpha)}{1 - \varepsilon b_2} + \dfrac{\beta}{1 - \varepsilon b_2} ln(RD_t) + \dfrac{\varepsilon b_3}{1 - \varepsilon b_2} ln\,(t) \end{cases} \quad (12)$$

Наибольший интерес представляет возможность оценки кривых обучения и динамики процессов замещения традиционной энергетики возобновляемой для технологий генерирования электроэнергии, которые в настоящее время находятся на самых ранних этапах развития, в условиях отсутствия рынка и, возможно, при отсутствии коммерческих образцов. Идея оценки кривых обучения для таких технологий на основе информации, полученной в ходе анализа кривых обучения других технологий, высказана в [13]. В основе переноса анализа кривых обучения с одних отраслей (по которым достаточно эмпирических данных) на другие лежит идея о существовании стабильного, неизменного во времени коэффициента обучения. Такое распределение верно для всех энергетических отраслей и позволяет, как минимум, оценить доверительный интервал новой отрасли при отсутствии возможности напрямую построить ее кривую обучения.

Исследование [14] подтверждает, что имеется стабильное распределение коэффициента обучения для различных технологий генерации энергии. Этот факт подтверждается приведенными оценками коэффициентов обучения для 27-ми различных отраслей в интервале от 1,4% для крупных гидроэлектростанций до 35% для солнечных панелей. При этом статистические тесты позволяют подтвердить тот факт, что коэффициенты распределены нормально. Если учитывать все рассмотренные авторами технологии, то средний коэффициент обучения некоторой произвольной технологии генерации электроэнергии составляет 15% и с вероятностью 95% не превышает 33%. Аналогичные расчеты, проведенные после исключения из рассмотрения крайних (максимальных и минимальных) значений, показывают, что средний коэффициент обучения технологий генерирования электроэнергии равен 13% и с вероятностью 95% не превышает 27%. Таким образом, границы коэффициента обучения от 13% до 27% (правую половину доверительного интервала) можно считать разумными границами для новой, находящейся на ранних этапах развития технологии. Существует принципиальная возможность на основе распределения коэффициентов обучения построить доверительный интервал коэффициента для новой отрасли, выход за пределы которого маловероятен, а также смоделировать сценарный прогноз развития новой отрасли и замещения традиционных технологий в зависимости от коэффициента обучения и сценарного прогноза динамики расходов на НИОКР.

В рамках предлагаемой в данной статье методики оцениваются три неизвестных параметра в системе двух уравнений на основе трех временных рядов: совокупные вложения в исследования и разработки, накопленная производственная мощность и себестоимость единицы генерируемой энергии. В результате формируется не только модифицированная кривая обучения, но и набор связанных с ней кривых, позволяющих перейти от интерполяции кривой обучения к анализу динамики генерирующих мощностей и прогнозированию процесса замещения традиционных видов энергии альтернативными видами. Новый, доработанный автором, статико-эмпирический подход также позволяет оценить вероятную динамику роста генерации энергии для новейших видов технологий, доступный объем эмпирических данных, по которым в на-

стоящее время не позволяет напрямую оценивать кривую обучения.

Среди отличительных особенностей предлагаемой методики необходимо также отметить, что в качестве показателя себестоимости генерируемой энергии используется LCOE как наиболее репрезентативный показатель средних затрат производителя энергии, а среди факторов снижения себестоимости могут быть учтены расходы на НИОКР, что позволит получить несмещенную оценку коэффициентов обучения. Формирование связи между динамикой и кривой обучения также обеспечивает широкие возможности для использования разработанной методики для среднесрочного прогнозирования динамики замещения традиционной энергетики новейшими технологиями ВИЭ для различных стран и их вклад в суммарную ожидаемую долю возобновляемой энергетики, а также будущий общий топливно-энергетический баланс этих стран.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ermolenko G.V. and others. Reference book on renewable energy of the European Union, Institute of Energy, HSE, 2016.

2. Gorlov A.A. The processes of replacement of traditional renewable energy in the countries of the North Sea basin // Energy Policy. – 2015, – No. 4. – P. 68-78.

3. Experience curves for energy technology policy, OECD/IEA, 2000.

4. Wright T. P. Factors affecting the cost of airplanes // Journal of aeronautical sciences. – 1936. – Vol. 3. – No. 4. – P. 122-128.

5. Arrow K. The Economic Implications of Learning-By-Doing, Review of Economic Studies, 1962, Vol. 29, p.155-173.

6. Romer P.M. Endogenous technological change // Journal of political Economy. – 1990. –. Vol. 98. – No. 5, Part 2. – P. 71-102.

7. Söderholm P., Klaassen G. Wind power in Europe: a simultaneous innovation-diffusion model // Environmental and resource economics. – 2007. – Vol. 36. – No. 2. – P. 163-190.

8. Cost of energy for ocean energy technologies, IEA, Ocean energy systems, 2015.

9. Jamasb T., Kohler J. Learning curves for energy technology: a critical assessment. 2007.

10. Cory K.S., Bernow S., Dougherty W., Kartha S., Williams E. (1999). Analysis of Wind Turbine Cost Reductions: The Role of Research and Development and Cumulative Production. Paper presented at AWEA'S WINDPOWER'99 Conference, Burlington, VT, June 22.

11. Kouvaritakis N., Soria A., Isoard S. Modelling energy technology dynamics: methodology for adaptive expectations models with learning by doing and learning by searching // International Journal of Global Energy Issues. – 2000. – Vol. 14. – No. 1-4. – P. 104-115.

12. Jamasb T. Technical change theory and learning curves: patterns of progress in electricity generation technologies // The Energy Journal. – 2007. – P. 51-71.

13. Rubin E.S. et al. Learning curves for environmental technology and their importance for climate policy analysis // Energy. – 2004. – Vol. 29. – No. 9. – P. 1551-1559.

14. J. Köhler, M. Grubb, D. Popp, O. Edenhofer (2006). The Transition to Endogenous Technical Change in Climate-Economy Models: A Technical Overview to the Innovation Modeling Comparison Project. The Energy Journal Special Issue, Endogenous Technological Change and the Economics of Atmospheric Stabilization. P. 17-55.

Поступила в редакцию
05.03.2018 г.

A.A. Gorlov[2]

USING CURVE LEARNINGS FOR EVALUATING THE DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Abstract. A common problem for all types of renewable energy is the fact that their introduction takes place against the backdrop of the developed market of traditional hydrocarbon energy. This causes competition for the funds of potential investors, although at present there is a significant reduction in costs of the most advanced technologies of RES, which in some cases already makes alternative energy more attractive. Within the framework of this article, a detailed analysis of the theoretical backgrounds for the use of learning curves for RES research aimed at reducing the high degree of uncertainty about the future competitiveness, profitability and payback periods of renewable energy projects was carried out. The article considers the main advantages and disadvantages of the proposed mathematical tool. Attention is drawn to the possibility of using the apparatus of learning curves for RES technologies, which are currently at the earliest stages of development. The methodology presented in this article can be used to assess and predict the dynamics of traditional energy substitution processes by various new and developing RES technologies within the framework of individual or a group of countries in the North Sea basin.

Keywords: renewable energy, traditional energy, dynamics of development of renewable energy sources, learning curves, assessment methodology, substitution processes in the energy sector.

[2] Anatoly A. Gorlov – graduate student of NRU HSE, *e-mail:* anatolygorlov@yahoo.com.

Институт Энергетической Стратегии

www.energystrategy.ru

НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Энергетическое стратегирование
- Форсайт мировой энергетики
- Новая энергетическая философия (эргодинамика и энергология)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИДЕОЛОГИЯ

- Энергия = движение, развитие, жизнь
- Потенциал = природные ресурсы, инфраструктура, технологии, человеческий капитал
- Эффективность = прирост качества жизни и национального (общественного) богатства по отношению к используемому потенциалу
- Цивилизация = большая «энергетическая» система

МЕТОДОЛОГИЯ

- Метасистемный (System of System: природа – общество – человек) энерго–эколого–экономический подход
- Структурное (пространственно-временное) подобие и фрактальный образ будущего развития
- Интеллектуальное прогнозирование энергоинформационных эргатических (человеко-машинных) систем

ЭТАПЫ ПУТИ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Предыстория (1992 – 1998 гг.):

- Концепция энергетической политики России в новых экономических условиях (1992 г.)
- ЭС – 2010 (1995 г.)

Начало пути (1998 – 2005 гг.) – в статусе государственного учреждения при Минэнерго РФ:

- ЭС – 2020 (2000 г.)
- Разработка региональных энергетических программ: ЯНАО (2002 г.), Республика Коми (2003 г.), Бурятия (2005 г.), Тульская область (2004 г.)

Новый статус, новые задачи (2005 – 2015 гг.) – в формате ЗАО «ГУ ИЭС»:

- ЭС – 2030 (2009 г., совместно с ИНЭИ, ИПНГ РАН, ИСЭМ СО РАН, ЭНИН и др.)
- Проект Генеральной схемы развития нефтяной промышленности РФ (2011 г.)
- Нейронная модель прогнозирования мировых цен на нефть (2006 г.)
- Белая книга ЮНЕСКО ООН по устойчивому развитию мировой энергетики (2007 – 2011 гг.)

- Комплекс НИР по развитию газового сектора (2013 – 2015 гг., совместно с НИИгазэкономики)
- Комплекс работ по развитию электроэнергетики: форсайт ЕНЭС (2012 г.), Программа развития гидроэнергетики до 2050 г. (2013 – 2015 гг., совместно с ЭСП, Гидропроект и др.)
- Доктрина энергетической безопасности России (2012 г.)
- Энергетическая стратегия г. Москвы (2015 г.)

Новый вектор (2015 – 2018 гг.):

- Проект ЭС – 2035 и ЭС – 2050 (2013 – 2015 гг., совместно с ИНЭИ РАН и АЦ при Правительстве РФ)
- Постстратегический взгляд на развитие энергетики на 50 лет вперед (2016 г.)
- Интеллектуальное (структурное) прогнозирование развития энергетической цивилизации (2015 г.)
- Евразийская энергетическая цивилизация (2017 г.)

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

Журнал «Энергетическая политика»

- 6 выпусков в год, издается с 1998 г., входит в перечень ВАК

Приложения к журналу «Энергетическая политика»:

- Нефтегазовый сектор требует «перезагрузки» (Крюков В.А., 2010 г.)
- Природные ресурсы и национальное богатство (Астахов А.С., 2010 г.)
- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (2010 г.)
- Энергетическая стратегия и политика Евросоюза до 2020 года (2011 г.)
- Энергия Арктики (2012 г.)
- Евразийская энергетическая доктрина (Концептуальный проект, 2013 г.)
- Интеллектуальное прогнозирование электроэнергетики с участием «активного» потребителя (2013 г.)
- Энергетика России: постстратегический взгляд на 50 лет вперед (Бушуев В.В., Громов А.И., Белогорьев А.М., Мастепанов А.М., 2016 г.)

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ВЫПУСКИ

Серия «Энергетика будущего»:

- Энергокосмизм России (Бушуев В.В., Копылов И.И, 2006 г.)
- Основы эргодинамики (Бушуев В.В., Голубев В.С. , 2002, 2012 гг.)
- Ветроэнергетика (Безруких П.П., 2010 г.)
- Российская электроэнергетика – 2050 (Троицкий А.А. и др., 2011 г.)
- Энергия – вода – эволюция (2008 г.)
- Газогидраты: путь длиною в 250 лет (Мастепанов А.М., 2014 г.)
- Интеллектуальное прогнозирование (Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н. и др., 2016 г.)

Серия «Энергетика в глобальной системе «природа – общество – человек»:

- **Энергоинформационные основы устойчивого развития (2005 г.)**
- **Новая парадигма устойчивого развития (Харитонов А.А., 2011 г.)**
- **Энергия гидросферы (Соловьев Д.А., 2011 г.)**
- **Влияние солнечной активности на социально-политические события XX – XXI вв. (Сокотущенко Н.В. 2013 г.)**

Серия «Глобальная энергетика и Россия»:

- **Перспективы мирового транспортного сектора (Арслангулов У.Ю., 2009 г.)**
- **Энергетические истоки и последствия глобального кризиса 2010-х годов (Громов А.И. и др., 2012 г.)**
- **Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI в. (Белогорьев А.М. и др., 2011 г.)**

Серия «Энергетика – экономика – экология» (Энергия российского Экоса, Бушуев В.В.):

- **Энергия и энергетика (2003 г.)**
- **Энергетический потенциал и устойчивое развитие (2006 г.)**
- **Масса – энергия – структура (2009 г.)**
- **Энергия и эволюция (2009 г.)**
- **Энергия и судьба России (2014 г.)**

СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ОБЗОРНЫЕ ВЫПУСКИ

- **ТЭК и экономика регионов России (в 7 т. Троицкий А.А., 2007 г.)**

- **Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России (Безруких П.П., 2007 г.)**

- **ТЭК России на рубеже веков: состояние, проблемы и перспективы развития (в 2 т. Мастепанов А.М., 2009 г.)**

- **Энергетика России: 1920 – 2020 гг. (в 3 т., 2014 – 2015 гг.)**

- **Энергетика России (избранные статьи и презентации в 4 т., Бушуев В.В., 2014 – 2018 гг.)**

МОНОГРАФИИ

- **Энергетика России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к ЭС - 2030) (Бушуев В.В., Макаров А.А., Громов А.И. и др., 2010 г.)**

- **Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) (под ред. Бушуева В.В. и Каламанова В.А., 2011 г.)**

- **Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз (Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Я.М. и др., 2011 г.)**

- **ТЭК и экономика России: вчера, сегодня, завтра (1990 – 2010 – 2030) (под ред. Шафраника Ю.К., 2011 г.)**

- **Кризис 2010-х годов и новая энергетическая цивилизация (под ред. Бушуева В.В. и Муханова М.Н., 2013 г.)**

- **Евразийская энергетическая цивилизация (Бушуев В.В., Мастепанов А.М., Первухин В.В., Шафраник Ю.К., 2017 г.)**

- **Инновационная электроэнергетика – 21 (под ред. Батенина В.М., Бушуева В.В., Воропая Н.И., 2017 г.)**

УЧРЕДИТЕЛИ – ЧЛЕНЫ СОВЕТА ДИРЕКТОРОВ

Шафраник Ю.К. – председатель Совета, д.э.н., проф.
Министр топлива и энергетики РФ (1993 – 1996 гг.)
Председатель Комитета РСПП по энергетической стратегии и развитию ТЭК

Бушуев В.В. – генеральный директор, д.т.н., проф.
Председатель Комиссии ВС СССР по энергетике (1989 – 1991 гг.)
Зам. министра топлива и энергетики РФ (1992 – 1998 гг.)

Крюков В.А. – член-корр. РАН, д.э.н., проф.
Директор ИЭОПП СО РАН

Мастепанов А.М. – д.э.н., проф.
Руководитель АЦ ИПНГ РАН

Шмаль Г.И. – к.т.н.
Президент Союза нефтегазопромышленников России