

УДК 620.92

## ПЛАН ГОЭЛРО И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

© 2020 г. Э. П. Волков\*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия*

*\*e-mail: volkov.ehduard@yandex.ru*

Поступила в редакцию 08.08.2020 г.

После доработки 17.08.2020 г.

Принята к публикации 19.08.2020 г.

Рассмотрены основные положения плана ГОЭЛРО, его роль и влияние на развитие электроэнергетики страны и создание основ энергетической науки в России. Сформулированы основные уроки, вытекающие из разработки и реализации плана ГОЭЛРО. Представлены предложения по развитию электроэнергетики страны на основе новейших инновационных технологий и основные направления построения новой низкоуглеродной электроэнергетики.

*Ключевые слова:* план ГОЭЛРО, электрификация, энергетическая наука, уроки плана ГОЭЛРО, возобновляемые источники энергии, водородная энергетика, атомная энергетика, распределенная генерация, глобальная суперсеть

**DOI:** 10.31857/S000231020060060

В этом году исполняется столетие со времени принятия плана ГОЭЛРО (плана электрификации России). Этот план, подготовленный и реализованный в самый сложный период коренной ломки государственного строя и экономики России, оказал громадное влияние на развитие экономики страны и на развитие ее энергетического хозяйства. Более того, импульс, созданный разработкой и, главное, реализацией плана ГОЭЛРО предопределил развитие электроэнергетики России на протяжении всего XX в.

**Значение плана ГОЭЛРО, на наш взгляд, состоит в том, что этот план предусматривал коренное преобразование экономики, не поддержку, не развитие, а преобразование. И в этом гениальность и дерзость разработчиков. В условиях разрухи, в глубокой кризисной ситуации решиться на такое нетривиальное, нетрадиционное решение было абсолютно не просто.** В России начала 20-х гг. XX в. план ГОЭЛРО был, возможно, единственным приемлемым выходом из глубокой воронки энергетического и хозяйственного кризиса. Уже после разработки плана ГОЭЛРО другие страны продемонстрировали, что выход из глубоких кризисов требует нестандартных подходов.

Стоит в связи с этим вспомнить “новый” курс Рузвельта в США в период великой депрессии и почти повторение плана ГОЭЛРО в миниатюре: создание энергокомплекса в долине реки Теннесси.

Но, конечно, план ГОЭЛРО среди всех этих примеров – это наиболее комплексный, системный план, поскольку касался преобразования экономики страны. Преобразования на базе самого эффективного и наиболее передового по всем параметрам научно-технического инструмента – электроэнергии. Именно электричество, являясь

самым прогрессивным видом энергии, позволяло проникать во все сферы человеческой деятельности, вызывая кратное повышение производительности труда. И этим инструментом воспользовались разработчики плана, строго отслеживая, чтобы техническая база страны возводилась с использованием последних достижений науки и техники.

Идея электрификации появилась не в 20-м году XX века и не в России первоначально широко была высказана, но заслуга Комиссии ГОЭЛРО и руководства страны состояла в том, что эта идея была воплощена в конкретный план общехозяйственного развития, который затем был успешно реализован.

**Не останавливаясь на основных положениях плана ГОЭЛРО, которые подавляющему числу читателей известны, отметим только, что главным в содержании плана было стремление на базе электрификации воздействовать одновременно на все отрасли экономики и быт населения с целью системного, одновременного преодоления всех имевших в то время место в России кризисов: производственного, топливного и транспортного и выйти на путь устойчивого, поступательного развития страны.**

Результаты выполнения плана ГОЭЛРО превзошли все то, что было предусмотрено. Как известно, выполнение плана было рассчитано на 10–15 лет. В действительности, ко второму сроку окончания плана (1935 г.) было введено электрических мощностей в три раза больше предусмотренных планом. Производство электроэнергии увеличилось в 13 раз по отношению к 1913 г. и в 52 раза по сравнению с 1921 г.

**Разработка конкретных разделов плана была проведена под руководством и при непосредственном участии специалистов высокого интеллектуального и образовательно-профессионального уровня.** Они сформировались как специалисты и как личности в дореволюционный период, многие из них получили университетское образование и закончили престижные вузы того времени, совершенствовали свои знания в университетах и в компаниях за рубежом. Можно назвать следующие имена: Графтио Г.О., Классон Р.Э., Круг К.А., Угримов Б.И., Шателен М.А. и др. Они вели плодотворную научную и педагогическую работу, участвовали в создании новых лабораторий, учебных кафедр, факультетов и институтов, писали учебники и монографии, активно занимались общественной научно-технической деятельностью. Они хорошо знали зарубежные научно-технические разработки в области электроэнергетики, энергетического машиностроения и электротехнической промышленности. Большинство из них совмещало преподавательскую деятельность с работой над конкретными проектами электростанций, энергоустановок, электропередач и других объектов.

Можно утверждать, что к работе в Комиссии удалось привлечь весь цвет научно-технической интеллигенции России. Надо было обладать нетривиальным мышлением, чтобы в условиях напряженного послереволюционного периода в России, в состоянии разрухи в стране, в условиях гражданской войны и иностранной интервенции, самостоятельно найти такое необычное решение, каким явилась разработка плана ГОЭЛРО.

Говоря о методах работы Комиссии ГОЭЛРО, надо отметить создание в ней центральной группы; групп по районам (Северному, Центрально-промышленному, Южному, Приволжскому, Уральскому, Кавказскому, Туркестанскому, Западной Сибири), а также дифференцирование работ по подгруппам и отдельным специалистам.

В процессе работы Комиссия не знала разногласий, кроме технических. Были, конечно, скептики, но большинство работавших над планом ГОЭЛРО верило в него, и основана эта вера была, прежде всего, на реальности плана. Был принят порядок многократного обмена материалами между группами по районам и центральной группой. В результате окончательное решение принималось лишь после тщательного учета общегосударственных интересов.

Для каждой отрасли хозяйства с учетом их особенностей и удельного веса были выделены соответствующие квоты (лимиты) энергии. Таким образом, работа каждого участника создания плана ГОЭЛРО вводилась в определенные рамки, что обуславли-

вало необходимый порядок в работе, исключало возможность появления нереальных проектов и, следовательно, ненужной работы.

**Особая методологическая ценность плана ГОЭЛРО состоит в глубокой научной логике его структурного построения, что было достигнуто рациональным сочетанием синтетических, отраслевых и региональных разделов плана.**

К числу синтетических относятся три раздела: Введение (посвященное электрификации и плану государственного хозяйства); Электрификация и топливоснабжение; Электрификация и водная энергия.

Отраслевые разделы плана: Электрификация и сельское хозяйство; Электрификация и транспорт; Электрификация и промышленность. Такая последовательность в расположении разделов отражала степень актуальности этих аспектов для периода разработки плана ГОЭЛРО.

План ГОЭЛРО был разработан в очень сжатые сроки благодаря тем большим работам, которые были сделаны русскими учеными и инженерами еще до Октябрьской революции и использованы Комиссией ГОЭЛРО. Это и материалы электротехнических съездов и проработки по отдельным электростанциям. Например, Б.Е. Веденеев, работавший на Волховстрое сначала начальником техотдела, а затем начальником работ, писал, что данные геологического исследования и глубокого бурения, произведенные в 1911 г., были вполне достаточны для составления окончательного проекта всех сооружений. В 1912–1914 гг. под руководством Р.Э. Классона была построена крупная по тем временам электростанция на торфе, и получен опыт работы таких станций. Это служит еще одним доказательством необходимости основательной интеллектуальной и научной подготовки к постановке и решению любой крупной научно-технической и общественно значимой проблемы.

Для выхода из кризиса была необходима исключительная концентрация всесторонних усилий на решении конкретных, четко поставленных задач. Распыление усилий вредно и в период спокойного эволюционного развития, но в переходные и кризисные периоды оно просто нетерпимо и может оказаться катастрофическим по своим последствиям. Разработка и реализация плана ГОЭЛРО может служить образцом концентрации организационных усилий для достижения поставленных целей: для разработки плана были собраны лучшие научные и инженерные кадры, финансирование для нового строительства было найдено, кадровые проблемы в основном решены, общественная поддержка плана ГОЭЛРО обеспечена мощной пиаровской акцией.

Решающая роль электрификации страны для развития народного хозяйства, обоснованная в плане ГОЭЛРО, вызвала к жизни широкий спектр научных исследований в электроэнергетике. Ориентировка на крупные энергогенерирующие мощности, объединенные системой дальних линий электропередачи, требовала изучения многих теоретических вопросов физико-технического плана и развития общих концепций электрификации и энергетики как науки, объединяющей экономику, теплотехнические и электротехнические научные дисциплины.

Большая заслуга становления и развития энергетической науки в СССР принадлежит научной энергетической школе, созданной академиком Г.М. Кржижановским, В 1930 г. с привлечением основных разработчиков плана ГОЭЛРО был основан Энергетический институт АН СССР (ныне ЭНИН им. Г.М. Кржижановского), в котором Г.М. Кржижановский, его ученики и последователи академики А.В. Винтер, М.В. Кирпичев., М.А. Михеев, Л.Р. Нейман, К.И. Шенфер, В.И. Попков, член-корр. РАН К.А. Круг, В.И. Вейц, М.А. Шателен и другие проводили крупные научные исследования.

Разработка и выполнение плана ГОЭЛРО инициировали многие фундаментальные исследования. В первую очередь это разработка комплексной научной теории обоснования развития экономики и электроэнергетики страны и построения единой энергетической системы. Это также разрешение физико-технических проблем развития

энергетики как электрофизических и электротехнических, так и теплофизических и теплотехнических.

Технической основой плана ГОЭЛРО было строительство сети районных электростанций. Из-за неразвитости в начале XX в. энергомашиностроительной базы России Комиссия ГОЭЛРО была вынуждена первоначально ориентироваться на поставки зарубежного оборудования, поднимая одновременно и отечественное машиностроение.

На заказах для электростанций по плану ГОЭЛРО росли и обретали новый технический опыт российские машиностроительные заводы. Например, четыре из восьми электрических генераторов для Волховской ГЭС были изготовлены заводом “Электросила”, который до тех пор никогда не изготавливал подобных агрегатов.

На объектах плана ГОЭЛРО энергетики накапливали научно-технический опыт, растили инженерно-технические и рабочие кадры.

Планом ГОЭЛРО предусматривалось всемерное развитие отечественной электротехнической промышленности, освобождение ее от засилья иностранного капитала, удельный вес которого составлял в ней в начале 20-х гг. 70%.

Ведущие члены Комиссии ГОЭЛРО возглавили проектирование и строительство электростанций и линий электропередачи. Шатурская Государственная районная электростанция (ГРЭС) мощностью 48 тыс. кВт спроектирована и построена (1925 г.) под руководством А.В. Винтера; Волховская (66 тыс. кВт, 1926 г.) и Нижнесвирская ГЭС (90 тыс. кВт, 1927–1933 гг.) – под руководством Г.О. Графтио, Днепровская ГЭС (580 тыс. кВт, 1927–1933 гг.) – под руководством И.Г. Александрова (проект) и А.В. Винтера (строительство).

Начало осуществления плана ГОЭЛРО потребовало решения ряда научно-технических задач в области теплотехники и электротехники, а также разработки методики и организации проектных работ, подготовки инженерных и научных кадров.

В июле 1921 г. Совет Труда и Обороны принял постановление об организации Теплотехнического института в Москве, который в научном отношении должен был подчиняться научно-техническому отделу ВСНХ.

Для решения вопросов электротехники в октябре 1921 г. был создан Государственный экспериментальный электротехнический институт, переименованный впоследствии во Всесоюзный электротехнический институт (ВЭИ).

В том же году в институте народного хозяйства им. Г.В. Плеханова создан электропромышленный факультет.

В январе 1923 г. ВСНХ РСФСР создал постоянную проектно-изыскательную организацию по гидротехническому строительству, на базе которой в дальнейшем был создан институт Гидроэнергопроект.

В апреле 1924 г. в составе Главэлектро ВСНХ на базе проектного отдела Электростроя создан проектный отдел (впоследствии на его основе образован институт Теплоэлектропроект).

В 1930 г. основаны два энергетических высших учебных заведения: Московский энергетический институт (образован на базе электротехнического факультета МВТУ им. Н.Э. Баумана и электропромышленного факультета института народного хозяйства им. Г.В. Плеханова) и Энергетический институт в г. Иванове.

Таким образом, развитие электрификации, начало которой было положено планом ГОЭЛРО, вызвало появление нового во всех сферах энергетики, и в итоге позволило создать мощную энергетическую базу Советского Союза.

Подводя итог рассказу о плане ГОЭЛРО, мы хотели бы заметить, что история развития мировой энергетики свидетельствует о следующем:

1) Тенденции развития электроэнергетики во всех промышленно развитых странах имели общие черты, независимо от социально-общественных укладов общества. Эта общность развития определяется, на наш взгляд, тем, что используемые в различных странах в тех или иных отраслях народного хозяйства научно-технические решения не

зависят от характера общественных систем (но влияют на социально-экономическое развитие) и связаны прежде всего с уровнем фундаментальных знаний человечества в соответствующих областях науки и совершенства технологических и технических решений.

Электроэнергетика в своем развитии проходила ряд этапов в рамках соответствующего технологического уклада, который наступал в различных странах в разное время, и появление конкретного технологического уклада зависело от стадии и темпов экономического развития страны.

2) Развитие энергетического оборудования происходило на фоне параллельного существования разных его поколений. Появление новых поколений оборудования было связано с принципиально новыми научными и технологическими разработками в области физики, химии, материаловедения, машиностроения, систем управления и других направлениях.

3) Во всех крупных промышленных странах развитие электроэнергетики возводилось в ранг национальной политики, реализация которой в странах с преобладанием частной формы собственности осуществлялась преимущественно рыночными, экономическими методами, а в странах с общественной формой собственности — централизованным планированием — почти исключительно планово-административными методами.

Какие же основные уроки дают нам подготовка и реализация плана ГОЭЛРО?

*Первый.* Для разработки эффективной комплексной программы развития страны должна быть научно обоснована и определена основная на данный период времени организующая идвигающая прогресс идея или совокупность основных положений. Только выявив с помощью науки такую идею или совокупность положений, возможно обеспечить действительное и эффективное развитие страны.

*Второй.* Безусловное единство разработчиков плана и руководства страны по принципиальным позициям плана и методам их достижения.

*Третий.* Самым мощным двигателем экономики и развития страны является фундаментальная наука и только на ее основе возможно прогрессивное развитие. Отсюда исключительная роль Российской академии наук в разработке основных направлений развития России.

*Четвертый.* Участие в разработке плана специалистов высокого интеллектуального и образовательно-профессионального уровня. Важнейшей составляющей успеха являлся подбор кадров в Комиссию ГОЭЛРО, т.е. привлечение науки и высокоинтеллектуальных исполнителей для разработки плана ГОЭЛРО.

**В настоящее время российская электроэнергетика находится на стадии выхода из кризиса, последовавшего после распада СССР.** Возросло количество вводимых мощностей, причем большая их часть осуществляется на базе современной генерации с установкой парогенераторных энергоустановок, существенно уменьшились потери в электрических сетях, снижается, хотя и незначительно, штатный коэффициент, выводится из эксплуатации изношенное, морально устаревшее энергооборудование, т.е. идет процесс повышения эффективности электроэнергетики страны. Однако за эти годы в наиболее развитых странах произошли процессы, связанные с развитием новых технологий как в генерации, так и в электрических сетях и, особенно, в структурном построении энергетических систем, в связи с чем наблюдается еще большее качественное несоответствие нашей электроэнергетики современным требованиям и необходимость преодоления этого принципиального отставания.

**Какие основные задачи необходимо решить для вывода отечественной электроэнергетики на уровень, соответствующий современным мировым достижениям?**

Прежде всего, задача изменения конфигурации энергетических систем и ЕЭС России в целом, обусловленная созданием локальных энергетических систем с распреде-

ленной генерацией, которые быстро развиваются во всех промышленно развитых странах.

**Концепция распределенной генерации сводится к построению независимых от централизованных сетей генерирующих мощностей для выработки электроэнергии в непосредственной близости от локальных потребителей (городские поселения, малые производства, отдельные небольшие города и т.д.).** При этом учитываются их специфические запросы по объемам и профилю потребления. В категорию распределенной генерации входят энергоустановки, в основном работающие на газе и дизельном топливе, а также на нетрадиционных источниках энергии: энергии ветра, солнца, биомассы, тепле земных недр.

Инвестиционная привлекательность и финансовая эффективность распределенных систем обусловлены относительно невысоким уровнем первоначальных вложений, возможностью быстрого и поэтапного ввода в эксплуатацию, полным контролем со стороны потребителей. В силу отмеченных привлекательных свойств системы распределенной генерации энергии рассматриваются как важнейшая составляющая в новой парадигме развития мировой энергетики.

**Подобная генерация, связанная распределительными сетями с локальными потребителями в единую локальную энергосистему, позволяет оптимально управлять одновременно производством, транспортом и потреблением электроэнергии в режиме реального времени, образуя так называемые “умные сети” – smart grid.** Данные локальные энергосистемы взаимодействуют по разным алгоритмам (пиковый или базовый режим) с основной высоковольтной сетью, осуществляющей снабжение электроэнергией крупных потребителей, связывающей в единую энергетическую сеть все пространство страны и реализующей взаимодействие (на выгодных условиях) с энергосистемами других стран. Такая задача уже решается практически во всех развитых странах (прежде всего в США и объединенной Европе) и начата работа по дальнейшему развитию подобных гибридных систем. Кстати, данное решение очень важно и с точки зрения энергобезопасности страны, повышая живучесть и надежность работы ЕЭС в целом. Именно при создании таких систем особое значение приобретает процесс **цифровизации**, но не в виде передачи массива данных и цифровизации отдельных элементов энергетических систем (у нас больше всего говорят о цифровых трансформаторах, подстанциях и т.п.), а в виде управления в реальном времени режимами работы и взаимодействием локальных и центральных энергетических систем.

**Вторая задача преобразования российской электроэнергетики – увеличение использования нетрадиционных возобновляемых источников электроэнергии (НВИЭ), которые в начале XX в. активно изучались и разрабатывались в нашей стране.** В то время мы занимали передовые позиции в данном направлении энергетики, а затем их утратили. Выработка к 2035 г. около 5% общего производства электроэнергии с использованием нетрадиционной энергетики, предусмотренная в проекте энергетической стратегии России на период до 2035 г., – это очень мало. С начала XXI в. солнечная и ветровая электроэнергетика бурно развиваются в промышленно развитых странах, – это такой же прорыв в развитии мировой энергетики, как и добыча сланцевых нефти и газа.

По прогнозам IEA и IRENA в мире предполагается значительное увеличение доли производства электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии. На рис. 1 показан прирост доли производства электроэнергии на основе ВИЭ в мире, а на рис. 2 – в отдельных странах: Китае, Индии, США и ЕС.

В 2050 г. прирост доли производства электроэнергии на основе ВИЭ (включая гидроэнергетику) в мире, по данным IRENA, может достигнуть 85% общего прироста производства. Даже если эти цифры преувеличены, доля НВИЭ и низкоуглеродных источников энергии в 2050 г. превысит 50% общего прироста производства электроэнергии. В нашей стране, если пользоваться данными, приведенными в проекте энер-

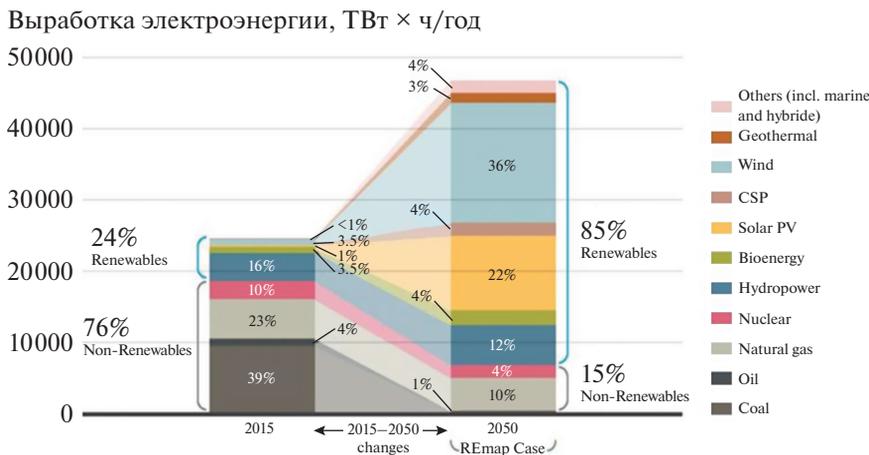


Рис. 1. Прирост доли производства электроэнергии в мире на базе возобновляемых источников энергии (Источник: IRENA (Global Energy Transformation A Roadmap to 2050, 2018)).

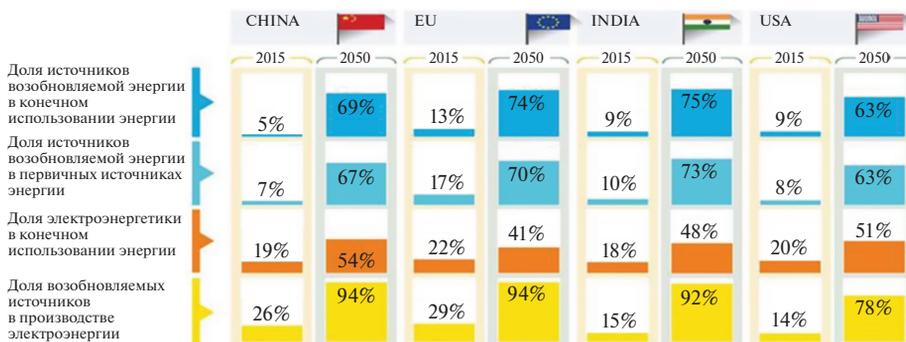


Рис. 2. Прирост доли производства электроэнергии на базе возобновляемых источников энергии в отдельных странах и ЕС (Источник: IRENA (Global Energy Transformation A Roadmap to 2050, 2018)).

гетической стратегии России на период до 2035 г., такая доля в 2035 г. будет составлять примерно 25%.

Стремление уменьшить экологическое воздействие (включая загрязнение воздуха, эмиссию CO<sub>2</sub>, загрязнение воды), в том числе достигнуть целей, установленных в Парижском соглашении по климату, предусматривающего, как минимум, сдерживание роста глобальной средней температуры атмосферы (не более 2°C) в текущем столетии, также ведет к развитию использования ВИЭ. При этом важно и развитие низкоуглеродной атомной электроэнергетики, которое может быть осуществлено при решении проблем безопасности функционирования атомных энергоустановок. Хотя ядерная энергия не относится к категории возобновляемых источников, возможность воспроизводить ядерное топливо из сырья, объемы которого во много раз превышают ресурс исходного топлива, переводит ее в разряд практически возобновляемых источников энергии. При этом реакторы на тепловых нейтронах имеют ограниченную топливную

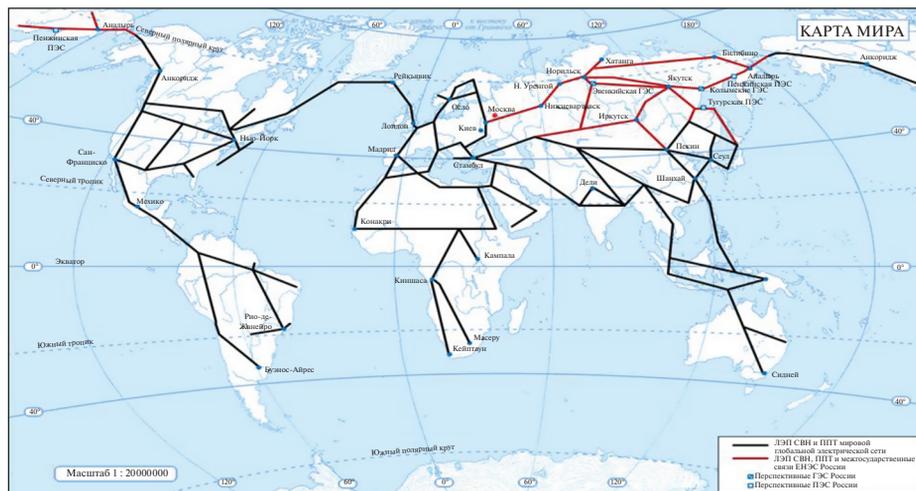


Рис. 3. Схематичный вариант интеграции развивающейся ЕЭС России в глобальную суперсеть.

базу и не могут считаться источником устойчивого и продолжительного энергоснабжения. В то же время технологии, связанные с воспроизводством топливной базы, прежде всего реакторы на быстрых нейтронах, не являются полностью отработанными для широкого применения в мире. Поэтому в развитых странах проводят работы по созданию атомных электростанций нового поколения.

Третья прорывная технология в электроэнергетике конца XX в. связана с развитием силовоточной электроники и созданием тиристорных систем и преобразователей, позволяющих относительно дешево преобразовывать переменный ток в постоянный и наоборот и, тем самым, создавать электропередачи постоянного тока ультравысокого напряжения (до  $\pm 1100$  кВ) для транспортирования значительных объемов электрической энергии (до 6500 МВт по одной линии) на сверхдальние расстояния (до 3000 км) с минимальными потерями. Это позволило начать разработки по формированию глобальной энергосистемы мира. Такую же задачу придется решать и нам, тем более учитывая географическое положение страны.

В Китае уже построены и находятся в эксплуатации более двадцати линий электропередачи постоянного тока. Началась проработка проекта “Азиатская суперсеть” по созданию глобальной энергосистемы, включающей Китай, Монголию, Японию и Южную Корею. На Дальневосточном форуме в 2018 г. России сделано предложение принять участие в данном проекте.

Над подобными проектами работают и в других странах (США, страны Средиземноморья, Индия, ЕС) – проекты формирования Пан-Европейской суперсети, Tres-Amigas (США), Medgrid (Средиземноморье), суперсеть Юго-Восточной Азии и др.

На основе анализа разработанных в мире проектов по созданию мировой энергосистемы и сценария развития ЕНЭС России на долгосрочную перспективу предложен<sup>1</sup> схематичный вариант интеграции развивающейся ЕЭС России в глобальную суперсеть, который показан на рис. 3.

Единая национальная электрическая сеть России может стать составным связующим звеном между азиатской и европейской частями глобальной сети СВН перемен-

<sup>1</sup> Направление развития энергетического хозяйства и ЕНЭС России и ее интеграция в глобальную электрическую сеть / Э.П. Волков, В.А. Баринев, В.А. Исаев и др. / Изв. РАН. Энергетика, 2016. № 5. стр. 1–11.

ного и постоянного тока и открыть перспективы в использовании существующих энергоресурсов: гидро- (включая энергию приливов), углеводородов (нефти, газа), ВИЭ (ветра, солнечной энергии), а также обеспечить электроэнергией развивающиеся территориально-производственные комплексы в Сибири и на Дальнем Востоке. Наложение на существующую сеть переменного тока мощных ППТ сверхвысокого и ультравысокого напряжения может значительно укрепить данное звено глобальной сети.

Такая интеграция, кроме задействования собственных энергетических мощностей, дает возможность использовать громадные мощности солнечных электростанций (более 10 тыс. МВт), расположенных в пустыне Гоби (в случае реализации проекта “Азиатская суперсеть”), для освоения природных ресурсов Восточной Сибири и Крайнего Севера и обеспечения энергоснабжения Арктического морского пути. Для проработки и обоснования интеграции ЭЭС России в глобальную суперсеть необходимо проанализировать экономические последствия такой интеграции, ее влияние на энергоснабжение Восточных и Арктических регионов России с выходом на цифровые показатели данного проекта и способы его осуществления.

**Наконец, четвертая задача, которую необходимо решать для трансформации электроэнергетики России в современную, отвечающую самым высоким мировым стандартам отрасли, – создание основ и развитие новой подотрасли – водородной энергетики.** Над этой проблемой уже работают коллективы ученых в различных развитых странах. Наиболее амбициозные задачи ставятся в Японии. Решение данных задач связывается с одновременным развитием атомной энергетики, поскольку получение водорода экономически эффективно может осуществляться на атомных электростанциях с высокотемпературными газоохлаждаемыми (гелиевыми) реакторами по технологии адиабатической конверсии или пиролиза метана. Такой подход к решению проблемы может дать мощный импульс для развития атомной энергетики, так как в данном случае на АЭС будет вырабатываться продукт с высокой добавленной стоимостью (водород), который резко улучшает экономические показатели атомных электростанций. Кроме того, параллельно решаются еще две важнейшие для электроэнергетики задачи: постоянная загрузка АЭС без требования прохождения ночного провала нагрузки, ограничивающего рост мощностей АЭС, и использование водорода для экологически чистого производства электроэнергии, что приводит к ликвидации проблем резервирования НВИЭ при покрытии реальных графиков нагрузки. В совокупности появляется реальная возможность создания экологически чистой, “живучей”, высоконадежной электроэнергетики.

В 2018 г. в Давосе (Швейцария) 18 ведущими промышленными компаниями с суммарным капиталом более 1.15 трлн долл. образован Совет по водороду (The Hydrogen Council). Цель Совета – организовать проработку проблем создания и реальной эксплуатации установок атомно-водородной энергетики, включая использование атомной энергетики как источника технологического тепла для производства водорода и его использования для получения электроэнергии, а также в качестве топлива для транспортных (автомобильных, железнодорожных, судовых) установок, в качестве “добавки” в природный газ, что существенно сокращает объем выбросов  $\text{CO}_2$  при его сжигании и в качестве товара для других промышленных производств.

Работы по созданию атомно-водородной энергетики планируется проводить и в России, и поэтому необходимо прорабатывать многие концептуальные и методические вопросы создания водородных энергоустановок и их имплементации в реальную электроэнергетику страны.

Документы, разрабатываемые в настоящее время, касающиеся развития электроэнергетики на федеральном и региональном уровнях (схема и программа развития ЭЭС России на семилетний период, последняя на период 2018–2024 гг., схемы и программы развития электроэнергетики субъектов Российской Федерации на пятилетний период, стратегия развития ПАО “Россети” до 2030 г. и др.) не содержат инфор-

мации по решению перечисленных проблем, как и сведений об инновационных технологиях, направленных на их решение.

Проект Энергетической стратегии на период до 2035 г. в настоящее время не утвержден, и упомянутые вопросы в проекте также, даже в общих чертах, не проработаны. Поэтому формирование перечня инновационных технологий для переустройства электроэнергетики России, оценка степени их освоения в стране и выработка предложений по их реализации в реальной практике потребуют специальной проработки с учетом происходящих в мире процессов трансформации энергетических систем.

Главное, необходимо начать работу по скорейшему решению проблем развития электроэнергетики страны на основе новых технологий, если мы не хотим отстать от быстро развивающегося энергетического мира. Это и будет реальным ответом современников на уроки плана ГОЭЛРО.

### **GOELRO Plan and Development of Modern Electric Power Industry Russia**

**E. P. Volkov\***

*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*\*e-mail: volkov.ehduard@yandex.ru*

The main provisions of the GOELRO plan, its role and influence on the development of the country's electric power industry and the creation of the foundations of energy science in Russia were considered. The main lessons arising from the development and implementation of the GOELRO plan are presented. Proposals on the development of the country's electric power industry based on the latest innovative technologies and the main directions of building a new low-carbon electric power industry are presented.

*Keywords:* GOELRO plan, electrification, energy science, GOELRO plan lessons, renewable energy sources, hydrogen energy, nuclear energy, distributed generation, global super network