

## ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ ЕС

© 2018 г. А. Зимаков

*ЗИМАКОВ Андрей Владимирович, кандидат экономических наук,*

*ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН, РФ, 117997 Москва, Профсоюзная ул., 23 (Zimakov@newmail.ru).*

Статья поступила в редакцию 28.05.2018.

В настоящий момент энергетика ЕС трансформируется из традиционной в экологически чистую, при этом наращиваются генерация ВИЭ и сокращается доля тепловых электростанций. Серьезным препятствием на пути трансформации оказывается сетевая инфраструктура традиционной энергетики, которая не адаптирована к обслуживанию большого количества электростанций ВИЭ, работающих в условиях нестабильной и децентрализованной генерации. В статье исследуются причины возникших проблем, а также меры экономической политики ЕС, направленные на их решение, в их числе: соединение энергосистем, строительство хранилищ электроэнергии, цифровизация распределительных сетей и управление энергопотреблением.

**Ключевые слова:** ЕС, энергетика ЕС, экологизация, экологическая политика Евросоюза, “зеленая” энергетика, ВИЭ, сетевая инфраструктура.

**DOI:** 10.20542/0131-2227-2018-62-12-46-54

Трансформация энергетики — часть общего процесса экологизации экономики ЕС. Выбор в пользу экологичного будущего закреплен рядом общеевропейских документов, определяющих конкретные параметры и этапы достижения экологических целей в ближайшие 30 лет. Поскольку энергетический сектор имеет наибольший потенциал для экологизации, его трансформации уделяется особое внимание.

### ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ЕС

Трансформация энергетики в разных европейских странах имеет свои особенности, обусловленные исходным укладом энергетического сектора. Вместе с тем определились две основные модели трансформации: 1) базирующаяся практически полностью на экологически чистой генерации; 2) допускающая использование атомной энергии наряду с “зеленой” генерацией. По сути, это идеальные модели, пока нигде не реализованные в полном объеме. Однако именно они задают траекторию процесса трансформации энергетики европейских стран.

Названные модели экологизации во многом схожи, поскольку обе основаны на значительном приросте мощностей “зеленой” генерации. Доля возобновляемой энергетики в структуре производства и потребления электроэнергии наряду с уровнем выбросов парниковых газов — важнейшие целевые показатели экологической политики как Евросоюза в целом, так и его отдельных членов. Ожидается, что уже к 2020 г. страны ЕС будут по-

лучать 20% потребляемой энергии из возобновляемых источников, а к 2030-му — как минимум 27%. Уровень выбросов парниковых газов планируется сократить на 20% к 2020 г., на 40 — к 2030-му и на 80% — к 2050 г.<sup>1</sup> Кроме того, к 2050 г. выбросы CO<sub>2</sub> при производстве электроэнергии должны быть снижены практически до нуля.

Рецепт построения безуглеродной энергетики, казалось бы, очевиден: наращивание экологически чистой генерации при одновременном сокращении традиционных ТЭС, работающих на углеводородном сырье. Такой процесс идет во многих странах ЕС и в некоторых достигнуты впечатляющие результаты [1]. Например, в Дании доля “зеленой” энергии во всей генерации в 2015 г. составляла 56% [2, р. 12], а в Австрии достигла 71.9% [3]. В обеих странах более чем в два раза сократилась доля угольных ТЭС и, как ожидается, до 2030 г. будут закрыты оставшиеся. По сути, Австрия и Дания находятся в шаге от достижения заявленной цели полного перехода на “зеленую” электроэнергетику. Осталось совсем немного — закрыть все традиционные электростанции и еще нарастить мощности ВИЭ. Однако сделать этот шаг непросто.

### ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ БЕЗУГЛЕРОДНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Одна из ключевых проблем “зеленой энергетики” — переменный характер генерации из возоб-

<sup>1</sup> Здесь и далее по тексту снижение выбросов вредных веществ в атмосферу измеряется в процентах к уровню, зафиксированному в 1990 г.

новляемых источников. Колебания в производстве электроэнергии обусловлены неуправляемыми внешними природными факторами, в частности, силой ветра. Диспетчирование подачи и распределения энергии из подобных источников представляет собой серьезную техническую проблему. В традиционной энергосистеме часть электростанций (АЭС и угольные ТЭС) работают в режиме базовой нагрузки, а остальные (например, газовые ТЭС) в режиме гибкого реагирования на пиковые колебания спроса. Другими словами, генерация следует за спросом. В случае же “зеленой генерации” производство электроэнергии становится менее управляемым процессом в силу его зависимости от внешних факторов. Как можно увидеть на примере соотношения выработки электроэнергии ветровыми и солнечными электростанциями в Дании, волатильность генерации ВИЭ значительно выше волатильности спроса на электроэнергию (рис. 1).

Решением этой проблемы может стать высокая мобильность перетоков электроэнергии в энергосистемах для выравнивания возникающих дисбалансов производства и потребления, включая трансграничные поставки. Более того, в условиях распределенной генерации будут возможны разнонаправленные перетоки (когда, например, предприятие становится попеременно потребителем и производителем электроэнергии) по аналогии с двунаправленностью трансграничных межсистемных соединений. Таким образом, сетевое хозяйство безуглеродной энергетики должно быть высокоадаптивным, гибким и диверсифицированным, то есть достаточно “умным”. Существующее же сетевое хозяйство с централизованной генерацией и транспортировкой электроэнергии от круп-

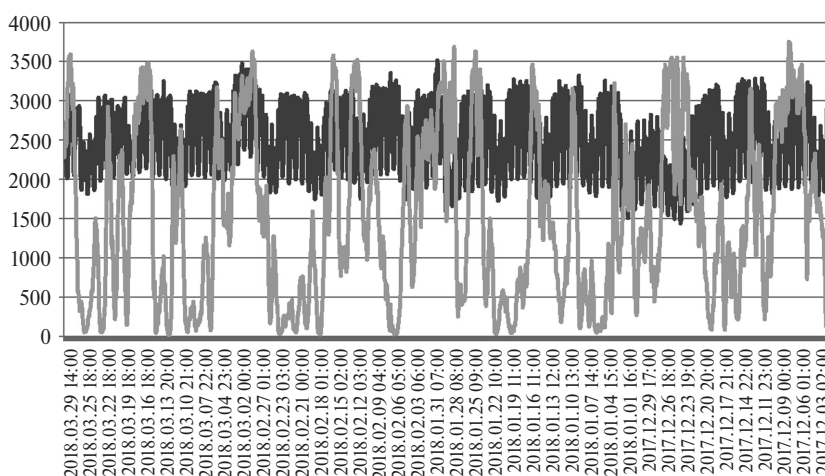
ных поставщиков к потребителям может выполнять перечисленные задачи лишь в ограниченных объемах.

Интеграция ВИЭ в традиционную систему — сложная задача, в том числе и по причине территориальной неравномерности распределения энергетического потенциала ВИЭ. Например, в Германии ветроэнергетический потенциал севера страны существенно превышает потенциал юга (рис. 2).

Ветровые электростанции размещают преимущественно в регионах, обладающих большим ветроэнергетическим потенциалом, что может усиливать территориальный дисбаланс в размещении генерирующих мощностей. Выправить его могли бы электрические сети, но существующая сетевая инфраструктура не готова к переброске возросшего количества электроэнергии, что привело к образованию узких мест, лимитирующих перетоки. В частности, для Германии таким узким местом стало отсутствие энергомоста, соединяющего северные и южные регионы.

Дисбаланс между севером и югом характерен и для ряда других европейских стран, а также для ЕС в целом. Если сравнить стоимость электроэнергии в разных регионах Европы, то самой низкой она будет на севере, объединенном рынком *Nord Pool* (Финляндия, Швеция, Дания и Норвегия) (рис. 3). В идеальном едином рынке стоимость электроэнергии должна выравниваться, однако препятствием этому служат ограниченные возможности сетевой инфраструктуры, лимитирующие объемы трансграничных перетоков.

Важность трансграничных поставок электроэнергии обусловлена и самим фактом увеличения



**Рис. 1.** Производство электроэнергии из ВИЭ и суммарное потребление электроэнергии в Дании в часовом разрезе, МВт·ч.

Примечание. Светлым цветом показана выработка электроэнергии ветровыми и солнечными электростанциями, темным — потребление электроэнергии. За период с 1 декабря 2017 г. по 29 марта 2018 г, зона DK1.

Источник: анализ автора по статистическим данным *Energienet.dk*.

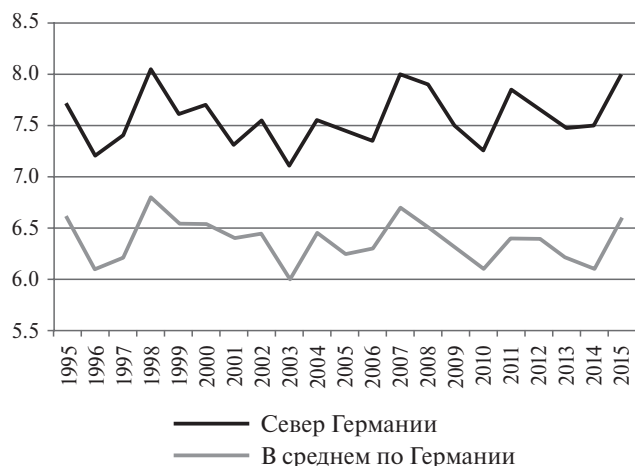


Рис. 2. Среднегодовое значение скорости ветра на севере Германии и в среднем по стране, м/с

Источник: [4, с. 62].



Рис. 3. Сравнение средних оптовых цен на электроэнергию в Европе по состоянию на IV кв. 2017 г., евро/МВт·ч

Источник: [5].

доли “зеленой” энергетики в энергобалансе. Это может сопровождаться усилением энергодефицитности, когда, стремясь как можно скорее экологизировать свои энергосистемы, страны сокращают мощности традиционной энергетики. Нехватка

электроэнергии собственного производства в таком случае компенсируется за счет импорта из сопредельных государств. В качестве примера можно привести Данию (нетто-импорт 5 ТВт·ч при производстве 29 ТВт·ч в 2016 г.) [6] и Австрию (нетто-импорт 7.2 ТВт·ч при производстве 67.8 ТВт·ч в 2016 г.) [1, с. 27]. Такую энергодефицитность можно рассматривать как своего рода болезнь роста. Ожидается, что по мере прироста мощностей “зеленой” генерации ее острота снизится. Тем не менее проблема организации трансграничных перетоков сохранила свою актуальность.

Экспансия “зеленой генерации” так или иначе лимитирована уровнем развития инфраструктуры. В то же время и само сетевое хозяйство вынуждено адаптироваться к новым условиям функционирования энергосистемы с высокой долей электростанций ВИЭ. Экологизация генерации повлекла за собой необходимость трансформирования структуры энергетики и, как следствие, европейского сетевого хозяйства.

### СЕТЕВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА В ФОКУСЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ЕС

Очевидно, что для трансформации инфраструктуры энергетики потребуются координация усилий как на страновом, так и на наднациональном уровнях. Поэтому вполне закономерно ей уделено особое внимание в энергетической политике ЕС, где предусмотрен целый ряд мер для адаптации сетевого хозяйства к росту “зеленой” генерации. Можно выделить несколько основных механизмов, которые помогут как минимум снизить остроту проблемы, а как максимум — полностью устранить ограничения на пути “зеленого” роста: соединение энергосистем, строительство хранилищ электроэнергии, цифровизация распределительных сетей и управление энергопотреблением.

**Соединение энергосистем стран ЕС.** Вопрос развития межсистемных соединений с конечной целью объединения энергосистем стран ЕС как основы для создания единого рынка электроэнергии стоит на повестке дня уже достаточно давно. Изначально необходимость увеличения мощности и количества межсистемных соединений энергосистем стран ЕС рассматривалась в контексте дерегулирования и либерализации рынков электроэнергии и газа. Еще в 2002 г. Европейский совет определил для стран ЕС целевой уровень межсистемных соединений — не менее 10% от установленной генерирующей мощности [7]. Планировалось достичь его к 2005 г., однако цель не достигнута и сегодня. Справедливости ради нужно отметить, что задача намного усложнилась с приемом в ЕС новых членов, что потребовало корректировки программ развития инфраструктуры. Вместе с тем вопрос не

был снят с повестки дня и перекочевывал из одного программного документа Евросоюза в другой.

С течением времени актуальность целевого показателя межсистемных соединений только возрастала, что было обусловлено необходимостью структурных преобразований, связанных с ростом экологичной генерации. В разработанной в 2010 г. “Энергетической стратегии 2020” вопросам развития сетевой инфраструктуры и межсистемных соединений уделено особое внимание [8]. Принятая четырьмя годами позже “Стратегия 2030” вновь подтвердила планы по достижению показателя межсистемных соединений на уровне не менее 10% установленной генерирующей мощности [9]. В 2014 г. Европейский совет уточнил, что 10% уровень должен быть достигнут к 2020 г., а к 2030-му планка должна подняться до 15% [10]. При этом на Еврокомиссию возлагалась обязанность составления регулярных отчетов о текущем статусе и мерах по достижению установленных показателей.

По состоянию на 2014 г. уровень межсистемных соединений менее 10% имели 12 членов ЕС. Как правило, это государства периферии ЕС (например, у Португалии уровень соединений составляет 7%, у Испании – 3, Польши – 2%) либо островные государства (например, Кипр и Мальта), где межсистемные соединения и вовсе отсутствовали [11]. Вместе с тем такое же количество стран (12) имели показатель выше 15% (например, у Австрии он составлял 29%, у Финляндии – 30, Дании – 44%). Таким образом, есть основания полагать, что заявленные цели могут быть реализованы, но для этого потребуются серьезные инвестиции в сетевую инфраструктуру.

Содействие странам в реализации проектов межсистемных соединений будет оказываться в рамках программы Евросоюза “Трансьевропейские сети электроэнергетики” (*TEN-E*). Ее истоки восходят еще к Римскому Договору о создании Европейского Сообщества 1957 г.<sup>2</sup>, однако программа претерпевала существенные изменения в зависимости от текущей политико-экономической повестки. В начале 2000-х годов эта проверенная временем программа принималась во внимание при определении перечня и способов реализации проектов линий электропередач межсистемных соединений, имеющих для ЕС первостепенное значение. В постановлении № 1364/2006/ЕС Европарламента и Совета ЕС сформированы рамочные условия для содействия в реализации инфраструктурных сетевых проектов, направленных на интеграцию европейских рынков, в том числе рынка электроэнергии [12].

<sup>2</sup> Раздел XV. Трансьевропейские сети.

В 2013 г. программа “Трансьевропейские сети электроэнергетики” (*TEN-E*) была скорректирована с учетом новых целей в соответствии с программами по экологизации экономики к 2020–2050 гг. Согласно регламенту Европарламента и Совета ЕС № 347/2013, ключевыми направлениями названы модернизация существующей и размещение новой энергетической инфраструктуры для обеспечения декарбонизации энергетики ЕС [13]. Регламентом предусматривалось формирование перечня инфраструктурных проектов, имеющих особое значение для Евросоюза в свете упомянутых целей. Таким проектам, получившим название “проектов общего интереса ЕС”, должно оказываться содействие в оформлении согласований и разрешений, а также в получении финансирования от различных европейских фондов.

При этом в регламенте были определены приоритетные направления развития инфраструктуры. Для межсистемных соединений такими стали следующие четыре направления:

- развитие энергосети региона Северного и Балтийского морей для транспортировки электроэнергии от офшорных ветровых электростанций;
- расширение межсистемных соединений по оси “Север–Юг” для обеспечения перетоков электроэнергии от электростанций на ВИЭ в Западной Европе;
- развитие межсистемных соединений, а также коридора “Север–Юг” в Центральной, Восточной и Южной Европе для усиления интеграции рынков и расширения “зеленой” генерации;
- формирование общего энергорынка балтийских стран ЕС и развитие межсистемных соединений региона с другими европейскими странами.

Перечень “проектов общего интереса ЕС” Еврокомиссия пересматривает каждые два года. Первый перечень был утвержден в 2013 г., сегодня действует уже третий такой перечень, утвержденный Еврокомиссией 23 ноября 2017 г. [14]. В него включены 106 проектов различных межсистемных и межсетевых соединений между странами ЕС и сопредельными государствами, а также проекты, расширяющие возможности поставок электроэнергии на региональном уровне и позволяющие подключить к сети больше мощностей возобновляемой генерации.

В качестве примера можно привести проект “Южное соединение”, предусматривающий создание высоковольтной линии передач постоянного тока, связывающей парк ветровых электростанций севера ФРГ с южными землями, на которых располагаются крупные промышленные энергопотребители. Подземный кабель протяженностью около 500 км должен обеспечить переброску почти

4ГВт мощности “зеленой” генерации. Проект получит финансовую поддержку структурных фондов ЕС на сумму до 40 млн евро и завершится к 2025 г.

“Южное соединение” — лишь один из проектов в Германии, который призван обеспечить доступ к “зеленой” электроэнергии, производимой наземными и морскими ветроэлектростанциями Северного и Балтийского морей. В коалиционном соглашении нового правительства ФРГ подчеркивается, что запланированный ввод в 2019–2020 гг. 16 ГВт мощностей ветровой и солнечной энергетики будет осуществлен только при соответствующей готовности сетевого хозяйства [15, р. 71].

Особое внимание в перечне “проектов общего интереса ЕС” уделяется проектам присоединения энергосистем периферии Евросоюза, в частности островных государств или крупных регионов. В качестве примера можно привести проект Евразийского соединения, предусматривающий прокладку подводного кабеля, который соединит Грецию, Кипр и Израиль [16]. В случае его реализации будет обеспечено межсистемное соединение Республики Кипр, а также греческого Крита с материковой частью Греции, что позволит преодолеть их энергетическую изолированность.

**Строительство накопителей энергии.** Идея накапливать избыточную или дешевую электроэнергию для ее последующего использования во время пиковых нагрузок не нова. Так, гидроаккумулирующие электростанции достаточно давно применяются там, где экономические и геофизические условия позволяют их строить и эффективно эксплуатировать. Однако в условиях перехода к низкоуглеродной энергетике механизмы накопления электроэнергии приобрели новое значение, поскольку позволяют сглаживать неравномерность генерации ВИЭ и спроса на электроэнергию. При этом требования по мощности и продолжительности хранения и накопления электроэнергии могут существенно варьироваться в зависимости от источника ВИЭ.

Например, в случае использования гелиоисточников продолжительность хранения может быть небольшой, а вся накопленная энергия будет расходоваться уже в вечерние часы пикового потребления. В то же время при использовании энергии ветра сроки хранения должны быть длиннее, поскольку периоды безветренной погоды могут продолжаться по несколько дней. Существуют различные технологии, позволяющие накапливать энергию в периоды, когда ее производство избыточно (например, ночью или в случае сильного ветра при низком потреблении) либо доступно циклически (например, от солнечных батарей днем), либо значительно дешевле (в ночной период).

Как упоминалось, наиболее распространенная в мире технология хранения электроэнергии (99% всех хранилищ) предполагает использование гидроаккумуляторов, куда закачивается вода при избытке или дешевизне электроэнергии и расходуется в режиме генерации в периоды пикового спроса [17]. По оценкам экспертов, общая мощность размещенных в Европе гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) составляет 45–50 ГВт установленной мощности [18, р. 15]. Страны ЕС, в частности Австрия, Испания, Португалия, в силу особенностей рельефа и гидрографии располагают значительным потенциалом для развития и наращивания гидроаккумулирующих хранилищ.

К “проектам общего интереса ЕС” отнесено строительство гидроаккумулирующих хранилищ в Великобритании (два проекта), Испании (три проекта), Болгарии, Греции, Эстонии, а также расширение мощностей уже существующих хранилищ в Австрии и Литве. Помимо этого в Бельгии должно быть построено офшорное хранилище при парке ветровых электростанций. Перечень “проектов общего интереса ЕС” не является исчерпывающим. Например, во Франции в соответствии с “Многолетним энергетическим планом” в 2025–2030 гг. предусмотрено строительство нескольких ГАЭС общей мощностью 1–2 ГВт. К 2020 г. в целом в ЕС может быть введено в эксплуатацию дополнительно до 27 ГВт мощностей гидроаккумулирующих электростанций. Помимо этого запланировано строительство четырех накопителей энергии на сжатом воздухе — три в Великобритании и один в Нидерландах.

Кроме того, ведутся разработки альтернативных технологий хранения энергии, в том числе на основе усовершенствования аккумуляторных батарей (АКБ) [19]. Пока имеющиеся технологии не позволяют накапливать значительное количество энергии экономически оправданным способом. Наиболее совершенные на настоящий момент литий-ионные АКБ, на которых построены проекты больших накопителей энергии, также не свободны от недостатков. В последнее время много надежд возлагается на апробируемые в нескольких пилотных проектах аккумуляторы проточного типа, но говорить о прорыве пока преждевременно.

Развитие технологии аккумуляторных батарей критически важно и для экологичного транспорта — электромобилей. Выдвинута идея синергии парка электромобилей и энергорынка, то есть использования батарей электромобилей в качестве распределенного хранилища электроэнергии. Она учитывается при разработке проектов развития сетевой инфраструктуры с тем, чтобы интегрировать такую опцию в “умную сеть”.

**Цифровизация сетевой инфраструктуры энергетики.** Развитие “умных сетей” — еще одно перспективное направление модернизации сетевой инфраструктуры с целью ее адаптации к потребностям распределенной и непостоянной генерации ВИЭ. В отношении самого понятия “умная сеть” на протяжении последнего десятилетия велось много дискуссий. В большинстве случаев под ней подразумевают цифровизацию оборудования сетевой инфраструктуры и использование тех возможностей, которые она открывает. Речь идет о наложении на обычные операционные процессы сетевого хозяйства цифрового информационного слоя, который позволяет: во-первых, собирать данные по всей цепочке транспортировки электроэнергии от генерации к потребителю в режиме онлайн; во-вторых, на основе полученной информации осуществлять оперативную диспетчеризацию потоков электроэнергии оптимальным образом.

“Умная сеть” должна дать возможность гибкого реагирования на изменение объемов производства электроэнергии от непостоянных электростанций ВИЭ, осуществлять необходимое переключение при смене у отдельных предприятий и домохозяйств режима с потребления на генерацию (и обратно), обеспечивать транспортировку электроэнергии по кратчайшему маршруту. Достичь этого планируется за счет оснащения сетевого хозяйства новым цифровым оборудованием: “умными счетчиками”, “умными трансформаторами”, “умными модулями управления”. Прогресс в этом направлении пока не слишком заметен, но некоторые проекты уже находятся на стадии разработки.

Один из четырех пионерных проектов — “умные границы”. Он нацелен на развитие единой “умной сети” в приграничных регионах Франции и Германии (Лотарингии и Саара) и рассматривается как пилотный, с возможностью последующего тиражирования в случае успеха. Предполагается модернизировать распределительные сети и их трансграничное соединение. При этом основной упор делается именно на региональные сети, которые планируется переоснастить на основе единых стандартов, что существенно облегчит их последующую синхронизацию при соединении. Установленное в процессе переоснащения распределительных сетей новое цифровое оборудование будет передавать данные в специально создаваемую информационную систему оперативного управления в целях оптимизации диспетчирования электроэнергии. Наряду с этим проект предусматривает интеграцию транспортной компоненты (в том числе электромобилей), а также повышение энергоэффективности городской инфраструктуры и домохозяйств.

В перечень “проектов общего интереса ЕС” вошел и проект, предполагающий создание транс-

граничной интегрированной платформы управления, которая объединит распределительные сети Австрии и Италии (*ALPGRID*). В ее рамках участники энергорынка смогут скоординировать свои шаги по адаптации к меняющимся условиям экологизации энергетики. Такая координация усилит гибкость энергосистем, их способность оперативно реагировать на неравномерность “зеленой генерации”, а также повысит готовность к интеграции большего количества электростанций ВИЭ. Для этого потребуются цифровизация сетевого оборудования на всех участках производства и сбыта электроэнергии. В единую интегрированную платформу будут поступать данные от потребителей, производителей, накопителей энергии, от операторов распределительных и соединительных сетей, от агрегаторов и прочих участников энергорынка, что позволит в оперативном режиме управлять как потоками электроэнергии, так и ее производством и потреблением в рамках одного общего трансграничного пространства.

**Управление потреблением электроэнергии.** В отличие от традиционной энергосистемы с тепловыми электростанциями, когда генерация следует за спросом, “зеленая энергетика” не может также гибко реагировать на изменение потребления. Есть различные варианты повышения гибкости системы, которые связаны преимущественно с хранением или перераспределением потоков электроэнергии. Альтернативным решением проблемы становится повышение эластичности энергопотребления: если “зеленую генерацию” нельзя сделать гибкой, то можно попытаться управлять спросом.

Управление поведением потребителей электроэнергии практикуется достаточно давно. Внедрение многотарифных счетчиков, разное ценообразование в пиковые и внепиковые периоды призваны сместить потребление на время с низкой нагрузкой. В Евросоюзе планируется вывести эту практику на качественно иной уровень за счет внедрения балансирующего рынка, на котором гибкость как производственная, так и потребительская будет полноценным товаром, имеющим спрос и соответствующее вознаграждение.

С этой целью после продолжительных консультаций 23 ноября 2017 г. Еврокомиссия ввела регламент № 2017/2195, устанавливающий общие правила балансирования энергосистем ЕС [20]. Регламент охватывает достаточно широкий спектр вопросов, связанных с функционированием рынка балансирования энергосистем, закрепляет общие правила и процедуры закупки балансирующей мощности, активации балансирующей энергии и финансовых взаиморасчетов. Он также прописывает процедуры распределения трансграничных межсистемных потоков в целях балансирования систем, функ-

ционирования оперативных и замещающих резервов мощности для поддержания и восстановления частоты, а также определяет общую методологию активации резервов. Ответственность за организацию европейских рынков балансирования возложена на системных операторов.

Помимо этого в регламенте вводится понятие “провайдера услуг балансирования” — участника рынка, способного предоставлять системному оператору такие услуги за счет имеющихся резервов. При этом уточняется, что под резервами понимаются как свободные генерирующие мощности и накопленная в хранилищах энергия, так и возможности по изменению нагрузки со стороны потребителей электроэнергии. Иными словами, крупные потребители электроэнергии, способные управлять своим потреблением, могут быть поставщиками услуг балансирования. Открываются также возможности по агрегированию, например, небольших потребителей энергии в общий пул, который затем может продавать услуги по балансированию на рынке. Таким образом, даже малые потребители посредством своего рода кооперации могут предлагать услуги на рынке, который в ином случае был бы для них закрыт вследствие установленного порога доступа.

В настоящее время в ряде стран ЕС апробируются в тестовом режиме различные модели организации рынка с участием агрегаторов — провайдеров услуг балансирования. Например, в странах рынка *Nord Pool* уже опробованы четыре различные по степени сложности модели функционирования агрегаторов на рынке услуг балансирования [21]. Исходя из полученного опыта, Еврокомиссия должна выбрать приоритетную модель. Предполагается, что соответствующее решение будет включено в директиву “Об общих правилах функционирования внутреннего рынка электроэнергии”, которая должна быть принята в составе “Пакета чистой энергетики”, называемого также четвертым, или “зимним энергопакетом” [22].

“Пакет чистой энергетики” состоит из целого ряда директив, связанных с дальнейшим развитием “зеленой” энергетики. Наряду с повышением энергоэффективности и содействием росту “зеленых технологий” в нем акцентируется внимание на роли потребителя в условиях перехода к преимущественному использованию ВИЭ. Предлагаемые Еврокомиссией изменения правил функционирования энергорынков призваны сделать потребителей полноценными участниками рынка, предоставить им возможность продавать самостоятельно произведенную или накопленную

энергию как отдельно, так и в составе энергокооперативов [23].

Предложенный Еврокомиссией пакет директив с конца 2016 г. находится в активной фазе согласований и доработок, его окончательное утверждение может занять продолжительное время. Свои позиции по проектам директив уже представили системные операторы стран Евросоюза, крупные участники энергорынка и исследовательские центры. Возможно, окончательный вариант документов будет иметь несколько иной вид, но общий императив, скорее всего, не изменится.

\* \* \*

Четвертый энергопакет в большей или меньшей мере отражает все актуальные тенденции трансформации сетевой инфраструктуры ЕС. Он подтверждает приверженность ЕС стратегии, направленной на повышение уровня межсистемных соединений входящих в него стран, учитывает увеличение мощностей хранилищ энергии, основывается на предпосылке широкого развертывания “умных распределительных сетей”, регламентирует вопросы функционирования рынка электроэнергии.

Тем самым, с одной стороны, оказывается содействие процессу адаптации энергосистем к использованию большего объема экологически чистой генерации, с другой, — придает дополнительный стимул для наращивания мощностей ВИЭ за счет создания благоприятной инфраструктуры. Фактически Еврокомиссия создает рамочные условия для экологизации энергетики, что должно способствовать достижению новой амбициозной цели экологической политики ЕС — доведению к 2030 г. доли потребления электроэнергии из возобновляемых источников до 35% [24]. При этом доля ВИЭ в производстве электроэнергии должна превысить 50%, а к 2050 энергетика ЕС станет безуглеродной [25].

Содействие трансформации сетевой инфраструктуры энергетики признается ключевым элементом энергетической политики Евросоюза. Создавая сетевое хозяйство, готовое к восприятию значительного объема “зеленой генерации”, Еврокомиссия стимулирует экологизацию структуры генерирующих мощностей в Европе, развитие же межсистемных соединений и коммерческой инфраструктуры способствует более высокой интеграции энергорынков и выравниванию стоимости электроэнергии в рамках Евросоюза. Таким образом, в случае успеха ЕС может всерьез рассчитывать на мировое лидерство в процессе экологизации энергетики и экономики в целом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Зимаков А.В. Есть ли будущее для угольных ТЭС в Европе? *Вестник МГИМО Университета*, 2017, № 5 (56), сс. 130-150. [Zimakov A.V. Est' li budushchee dlya ugol'nykh TES v Evrope? [Is there any future for TPPs in Europe?]. *Vestnik MGIMO Universiteta*, 2017, no. 5 (56), pp. 130-150.]
2. *Energy Statistics 2015*. Copenhagen, Danish Energy Agency, 2017. 60 p.
3. *Statistikbroschüre 2017*. Wien, Energie-Control Austria, 2017. 73 p. Available at: <https://www.e-control.at/publikationen/statistik-bericht> (accessed 28.05.2018).
4. *Monitoringbericht 2016*. Bonn, Bundesnetzagentur, 2016. 439 p.
5. *Quarterly Report on European Electricity Markets*. European Commission, 2018, vol. 10 (issue 4), IV quarter of 2017. 40 p. Available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (accessed 28.05.2018).
6. *Environmental Report 2017 for Danish Electricity and CHP for 2016 Status Year*. Fredericia, Energinet, 2017. Available at: <https://en.energinet.dk/About-our-reports/Reports/Environmental-Report-2017> (accessed 28.05.2018).
7. *Presidency Conclusions Barcelona 15 and 16 March 2002*. European Council, 2002. 73 p. Available at: [http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download\\_en/barcelona\\_european\\_council.pdf](http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/barcelona_european_council.pdf) (accessed 28.05.2018).
8. *Energy 2020 A Strategy for Competitive, Sustainable and Secure Energy*. European Commission's communication COM (2010) 639 final, European Union, 2011. Available at: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011\\_energy2020\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_energy2020_en_0.pdf) (accessed 28.05.2018).
9. *A policy Framework for Climate and Energy in the Period from 2020 to 2030*. European Commission's communication COM (2014) 15 final, European Union, 2014. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52014DC0015> (accessed 28.05.2018).
10. *Conclusions 23 and 24 October 2014*. European Council, Brussels, 24 October 2014. Available at: [http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/ec/145397.pdf](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/145397.pdf) (accessed 28.05.2018).
11. *Making Europe's Electricity Grid fit for 2020*. European Commission's communication COM (2015) 82 final, European Union, 2015. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2015%3A82%3AFIN> (accessed 28.05.2018).
12. *Decision No 1364/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 laying down guidelines for trans-European energy networks*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32006D1364> (accessed 28.05.2018).
13. *Regulation (EU) No 347/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2013 on guidelines for trans-European energy infrastructure*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:32013R0347> (accessed 28.05.2018).
14. *Commission Delegated Regulation (EU) 2018/540 of 23 November 2017 as Regards the Union List of Projects of Common Interest*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0089> (accessed 28.05.2018).
15. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. *FAZ*, 07.02.2018. Available at: <http://dynamic.faz.net/download/2018/koalitionsvertrag.pdf> (accessed 28.05.2018).
16. Зимаков А.В. Зачем Греции транзит энергоресурсов? *Современная Греция в мировой экономике и политике*. Москва, ИМЭМО РАН, 2013, сс. 179-184. [Zimakov A.V. Zachem Gretsii tranzit energoresursov? [Why does Greece need an energy transit?]. *Sovremennaya Gretsija v mirovoi ekonomike i politike* [Modern Greece in the world economy and politics]. Moscow, ИМЭМО, 2013, pp. 179-184.]
17. Gimeno-Gutiérrez M., Lacal-Arántegui R. *Assessment of the European Potential for Pumped Hydropower Energy Storage*. Scientific and Policy Report, European Commission, Joint Research Centre. 74 p. Available at: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jresh/files/jrc\\_20130503\\_assessment\\_european\\_phs\\_potential.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jresh/files/jrc_20130503_assessment_european_phs_potential.pdf) (accessed 28.05.2018).
18. The Role and Need of Flexibility in 2030: Focus on Energy Storage. *METIS Studies*, August 2016. Brussels, European Commission, Directorate-General for Energy, 2016. 84 p. Available at: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/metis\\_study\\_s07\\_-\\_the\\_role\\_and\\_need\\_of\\_flexibility\\_in\\_2030\\_focus\\_on\\_storage.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/metis_study_s07_-_the_role_and_need_of_flexibility_in_2030_focus_on_storage.pdf) (accessed 28.05.2018).
19. *Energy Storage Technology Development Roadmap*. EASE-EERA, 2017. 128 p. Available at: <http://ease-storage.eu/wp-content/uploads/2017/10/EASE-EERA-Storage-Technology-Development-Roadmap-2017-HR.pdf> (accessed 28.05.2018).
20. COMMISSION REGULATION (EU) 2017/2195 of 23 November 2017 Establishing a Guideline on Electricity Balancing. *Official Journal of the European Union*, L 312/6. Available at: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ:L:2017:312:TOC&uri=uriserv:OJ.L\\_.2017.312.01.0006.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ:L:2017:312:TOC&uri=uriserv:OJ.L_.2017.312.01.0006.01.ENG) (accessed 28.05.2018).
21. Statnett SF, Energinet, Fingrid, Svenska kraftnät. *Unlocking flexibility. Nordic TSO discussion paper on third-party aggregators*. Available at: <http://www.statnett.no/Global/Dokumenter/Media/Nyheter%202018/Unlocking%20flexibility%20-%20Nordic%20TSO%20discussion%20paper%20on%20third%20party%20party%20aggregation.pdf> (accessed 28.05.2018).
22. *Clean Energy For All Europeans*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank COM(2016) 860 final, Brussels, 30.11.2016. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1512481277484&uri=CELEX:52016DC0860> (accessed 28.05.2018).



23. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Common Rules for the Internal Market in Electricity*. COM (2016) 864 final/2-2016/0380, Brussels, 23.2.2017 Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2016:0864:FIN> (accessed 28.05.2018).
24. *MEPs Set Ambitious Targets for Cleaner, more Efficient Energy Use*. European Parliament, press release, 17.01.2018. Available at: <http://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20180112IPR91629/meps-set-ambitious-targets-for-cleaner-more-efficient-energy-use> (accessed 28.05.2018).
25. *Achieving Global Leadership in Renewable Energies*. European Commission, Fact Sheet, 30 November 2016. Available at: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-16-3987\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-3987_en.htm) (accessed 28.05.2018).

**ENERGY INFRASTRUCTURE TRANSFORMATION AS PART  
OF CLEAN ENERGY TRANSITION IN THE EU**

*(World Economy and International Relations, 2018, vol. 62, no. 12, pp. 46-54)*

*Received 28.05.2018.*

*Andrei V. ZIMAKOV (zimakov@newmail.ru),*

*Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences (IMEMO), Profsoyuznaya Str., 23, Moscow, 117997, Russian Federation.*

*The clean energy transition in the EU is part of a broader process of EU economy greening. Clean energy transition is frequently seen as a process of green generation capacities expansion along with reduction of thermal power plants share in the energy mix. But in fact green growth in energy sector is effectively limited by the legacy of traditional thermal energy system infrastructure. The article deals with the roots of this effect as well as the ways this problem can be overcome. Main cause of this shortfall turns out to be a different set of green generation features such as intermittence and decentralization. It requires a full scale transformation of energy infrastructure to achieve the capability necessary to accommodate bigger share of renewables. The process steered by EU energy and climate policy implies several main directions: higher interconnectivity, more energy storage, smart grids deployment, more flexibility in balancing markets as part of demand side management. Each of these developments is addressed in the article in detail as well as EU regulatory framework that provides support for transformation in each particular case. Among others to be named: Union list of Projects of Common Interest, TEN-E program and, most recently, European Commission's proposal of Clean Energy Package. The synergy of these processes driven by corresponding EU policies is expected to provide more flexible commercial and physical infrastructure able to accommodate more renewable energy in the system what should facilitate growth of renewables share in power generation up to full de-carbonization. This in turn should enable the EU to deliver on its Paris Agreement commitments and should help to achieve global leadership in clean energies*

*Keywords: EU, energy market, energy and climate policy, clean transition, renewables, smart grids.*

*About author:*

*Andrei V. ZIMAKOV, Cand. Sci. (Econ.), Researcher.*

**DOI:** 10.20542/0131-2227-2018-62-12-46-54