

## НОВАЯ РОЛЬ ПРИРОДНОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

© 2018 г. Е. Телегина, С. Еремин, Д. Тыртышова

*ТЕЛЕГИНА Елена Александровна, член-корр. РАН, доктор экономических наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, РФ, 119991 Москва, Ленинский пр-т 65, корп. 1 (teb@gubkin.ru).*

*ЕРЕМИН Сергей Владимирович, кандидат экономических наук, доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, РФ, 119991 Москва, Ленинский пр-т 65, корп. 1 (eremin.s@gubkin.ru).*

*ТЫРТЫШОВА Диана Олеговна, аспирант, ассистент, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, РФ, 119991 Москва, Ленинский пр-т 65, корп. 1 (diana.tyrtysnova@gmail.com).*

Статья поступила в редакцию 11.12.2017.

Децентрализация производства и потребления электроэнергии влечет кардинальное изменение структуры энергетических рынков, их субъектного состава, деловых компетенций и доминирующих торговых механизмов. Она вызвана внедрением новых технологий, обеспечивающих поступательный рост доли возобновляемых источников в энергобалансах, формирующих интерактивную бизнес-среду и предопределяющих переход энергоснабжения от товарной к сервисной парадигме. Эти трансформации создают новое качество спроса на газ со стороны электроэнергетики, к удовлетворению которого должны быть готовы его производители и поставщики.

**Ключевые слова:** энергетические рынки, возобновляемые источники энергии, энергетический переход, трансактивная энергетика, управление спросом, интеллектуальные сети, просьюмеры, дезинтермедиация, газоэнергетические продукты.

DOI: 10.20542/0131-2227-2018-62-5-62-71

В воскресенье 29 октября 2017 г. производство электроэнергии на базе ветра в ФРГ обновило абсолютный максимум – 39.190 МВтч. Это эквивалент производства 40 атомных реакторов и достаточно для удовлетворения половины суточного спроса на электроэнергию в стране. Учитывая низкий спрос выходного дня, операторы оказались перед непростым выбором: сократить объем производства либо не останавливать ветрогенераторы, а заплатить потребителям, чтобы те не снижали отбора электроэнергии. То есть им пришлось бы отпускать электричество по отрицательной цене, хотя их издержки при этом были ниже, чем от остановки и последующего перезапуска оборудования. Такая ситуация складывается уже второй раз в году – во время рождественских праздников 2016 г. цена опустилась ниже нуля.

Мощность ветра в настоящее время обеспечивает около 10% электроэнергии в Европе и, как ожидается, будет продолжать расти по мере удешевления технологий. По прогнозу *Bloomberg*, стоимость электроэнергии на морских ветровых электростанциях, когда-то одна из самых дорогих форм “зеленой энергии”, снизится более чем на 70%

в течение следующих двух десятилетий [1]. Такого всего лишь одно из многочисленных знаковых событий, отражающих происходящую смену моделей использования энергии. Эти изменения, в своей совокупности обозначаемые термином “энергетический переход”, включают:

- переход на экономически и экологически более эффективные источники энергии;
- усовершенствование технологий производства, потребления и коммерциализации энергии;
- усложнение рыночных структур и торговых механизмов с целью их максимального соответствия целям устойчивого и сбалансированного экономического роста.

### НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Электроэнергетика – один из крупнейших потребителей природного газа. Поэтому будущая динамика мирового спроса на газ критически зависит от скорости “энергетического перехода” и от того, насколько способы коммерциализации и использования газа

будут соответствовать постоянно усложняющимся требованиям рынка. Ведущие международные и отечественные эксперты (Международное энергетическое агентство, *Ernst & Young*, Институт энергетических исследований РАН и другие) практически единодушно прогнозируют опережающий рост газопотребления во временном горизонте до 2025–2050 гг., но только по сравнению с альтернативными ископаемыми видами топлива. В целом же позиции газа по отношению к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), скорее всего, будут слабеть. Замедлить этот процесс позволит адаптация его поставок, прежде всего в плане объемов и временных диапазонов, к существенно меняющимся нуждам электроэнергетики.

Для России, сейчас покрывающей почти треть европейского спроса на газ, важно сохранение и расширение своих позиций на этом рынке. Необходимое условие этого – готовность оптимизировать экспортную политику на европейском направлении с учетом набирающей силу децентрализации производства и потребления электроэнергии в Европе, сопровождающейся кардинальным изменением структуры энергетических рынков, их субъектного состава, деловых компетенций и доминирующих торговых механизмов. Эти изменения характеризуются:

– сдвигом в сторону ВИЭ, прежде всего нестабильных (ветра и солнца), которые займут место основного средства производства энергии, постепенно вытесняя из энергобалансов ископаемое топливо;

– построением “трансактивной” энергетики, в рамках которой производители и потребители энергии будут беспрепятственно участвовать в общей сетевой инфраструктуре и обмениваться энергией. Такая энергетика будет опираться на новое качество управления спросом (*demand response*), приобретение объектами сетевой инфраструктуры (централизованными и распределенными) интеллектуальных свойств (*smart grids*), сближение статуса производителя и потребителя энергии (*prosumers*).

– устранением числа избыточных посредников (дезинтермедиация); вполне возможно, что процессы децентрализации выйдут за пределы производственно-сбытовой цепочки и охватят коммерческие практики: распределенные торговые системы на базе технологии блокчейн потеснят централизованную биржевую и спотовую торговлю энергетическими продуктами (газ и электроэнергия).

Реформирование энергетических рынков повлечет за собой смену модели использования газа в производстве электроэнергии. В настоящее время она может быть реализована на организованных торгах, а распределение загрузки между электростанциями и другими производителями электроэнергии более

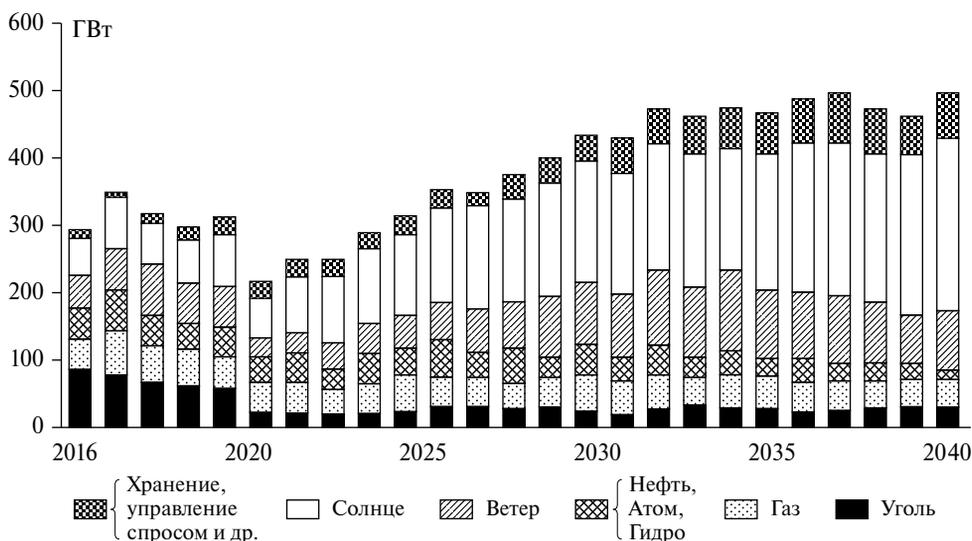
не ограничивается заранее определенным набором альтернатив, находящихся под контролем отдельных игроков (например, холдинга, владеющего несколькими объектами генерации).

Практика игры на спарк-спредах, применение новых механизмов управления доходностью в условиях глубокой дифференциации цен на электроэнергию (по временным зонам внутри суток и другим параметрам), множественности самих рынков (на сутки вперед, балансирующий рынок и т.п.) заставляют электрогенераторов формировать принципиально новую структуру газового портфеля, сочетающую долгосрочные и краткосрочные поставки, фьючерсы и иные инструменты финансового хеджа [2].

Под заголовком “Энергетический уклад человечества скоро изменится навсегда” агентство *Bloomberg* опубликовало в 2015 г. стратегический прогноз развития мировой энергетики до 2040 г. Его основной вывод, вынесенный в заглавие, подтверждается динамикой сокращения себестоимости выработки солнечной энергии, которая сравняется со стоимостью газовой электрогенерации уже в течение ближайших двух десятилетий [3]. Солнечная энергетика станет настолько эффективной и дешевой, что строить новые электростанции на газовом топливе будет невыгодно.

По расчетам экспертов агентства, к 2026 г. промышленная солнечная энергетика будет конкурентоспособной на большинстве рынков, а еще через 25 лет цена жизненного цикла солнечной электростанции (на основе солнечных батарей) снизится вдвое при растущей цене ископаемого топлива. Постепенно солнечная энергетика сделает невыгодным не только строительство традиционных энергоблоков, но и эксплуатацию существующих. “Индустриальная эпоха была построена на угле. Через 25 лет она закончится”, – резюмируют эксперты *Bloomberg*. Накопленные инвестиции в солнечную энергетiku, по прогнозам, к 2040 г. достигнут 3.7 трлн долл. Это позволит довести суммарную мощность солнечных электростанций до более чем трети новых мощностей мировой энергетики (200 ГВт), поскольку ввод станций на ископаемом топливе будет стагнировать [4]. Все это – не очень обнадеживающая новость для газа.

На рис. 1 показана предполагаемая динамика ежегодного прироста электрогенерирующих мощностей в мире по видам технологий. Среди лидеров по вводу мощностей – объекты солнечной энергетик. Заметную роль будут играть упомянутые выше усовершенствованные технологии хранения энергии, управления спросом и обеспечения гибкости ее поставок. Среди аутсайдеров останутся



**Рис. 1.** Прогноз ежегодного прироста электрогенерирующих мощностей в мире по видам технологий  
Источник: составлено авторами по [5].

газ, уголь и, что обращает внимание, ветровая энергетика с мощностями в морских акваториях.

Многие эксперты прогнозируют развитие и масштабирование в ближайшие 10–12 лет технологий хранения электроэнергии, прежде всего аккумуляторных батарей, цена которых будет неуклонно снижаться. Ожидается, что средняя цена батареи в 2030 г. упадет до 120 долл./КВтч. Сегодня она составляет 300 долл./КВтч, а еще в 2010 г. она была 1000 долл./КВтч. Комбинированное использование батарей вместе с солнечными панелями (или фотогальваникой), наряду с “умными системами” управления спросом на электроэнергию и другими инструментами управления гибкостью, в ближайшем будущем революционным образом изменит структуру энергопотребления, а также внесет коррективы в традиционные бизнес-модели энергоснабжения [5].

Трансформация энергетических рынков будет оказывать депрессивное воздействие на традиционные долгосрочные контракты на поставку газа для электростанций. Вместе с тем станет более востребованным гибкое и краткосрочное газоснабжение, которое наилучшим образом соответствует запросам современной электроэнергетики.

### “ТРАНСАКТИВНАЯ” ЭНЕРГЕТИКА

Под “трансактивной” энергетикой подразумевается комплекс экономических и контрольных механизмов, позволяющий поддерживать динамический баланс спроса и предложения во всей электрической инфраструктуре с использованием ценности как ключевого эксплуатационного параметра [6]. “Трансактивная” энергетика

позволяет выявлять, транслировать и использовать экономические сигналы или стимулы для задействования всех интеллектуальных устройств в энергосистеме — от потребителя до производителя с тем, чтобы обеспечить наиболее оптимальное распределение ресурсов и стимулировать спрос, который оставался не активированным в прошлом [7].

“Трансактивная” энергетика обеспечит переход от продуктовой логики (“энергия — это товар”) к сервисной (“энергия — это услуга”), которая будет главной парадигмой “интернета энергии”, то есть распределенной сети, связывающей производителей и потребителей энергии и обеспечивающей беспрепятственный обмен энергией между ними. “Трансактивная” энергетика сформирует новую бизнес-модель электроэнергетики, когда вместо традиционной цепочки создания добавленной стоимости “генерация—трейдинг—передача—сбыт” рыночные игроки работают в интерактивной, “облачной” среде.

### НОВОЕ КАЧЕСТВО УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ

Общий спрос и предложение в электроэнергетической сети должны быть сбалансированы по времени. С первых дней существования электрических сетей баланс поддерживается производителями в рамках имеющегося у них резерва мощности. Спрос управлял предложением, при этом сторона спроса оставалась фактически вне досягаемости управленческого воздействия. Появление на рынке существенных объемов электроэнергии

из возобновляемых источников увеличило непредсказуемость и неконтролируемость предложения. Традиционный инструмент управления – поддержание производителями большой резервной мощности – оказался технически и экономически неэффективным вследствие высокой амплитуды колебаний предложения возобновляемой энергии.

Выходом из сложившейся ситуации стало участие потребителя в управлении спросом (*demand response*) путем намеренного изменения им структуры энергопотребления в ответ на стимулы, получаемые от системных операторов. Такими стимулами могут служить либо цены рынка, на которые мгновенно реагирует спрос (вариант, предусматривающий смещение энергопотребления на периоды с более низкой ценой), либо требование системного оператора выполнить какие-то конкретные действия. За снижение энергопотребления в пиковые и аварийные периоды потребители получают компенсацию.

*Demand response* повышает ценовую эластичность спроса. Если значительная масса потребителей сможет безболезненно для себя и в режиме реального времени уменьшать или наращивать объемы потребления в зависимости от ценовых условий, то это позволит сглаживать пиковые нагрузки и снижать общий уровень цен на электроэнергию. Подсчитано, что во время энергетического кризиса в Калифорнии сокращение спроса всего на 5% в периоды максимального пикового потребления было способно снизить цены на 50% [8, p. 45]. Подобные, хотя и менее сильные эффекты имеют место и в нормальных рыночных ситуациях (рис. 2).

Способность потребителей варьировать объемами в ответ на сигналы от энергетических рынков или операторов электросетей позволит снизить продолжительность работы традиционных электростанций в пиковом режиме, которая обычно экономически и экологически неэффективна. Так, например, для ряда европейских стран снижение агрегированного спроса всего лишь на 20–75 часов в год приводит к снижению пиковой нагрузки на 5% [9].

Активное управление спросом резко сокращает рыночную власть производителей. Количество рыночных игроков, конкурирующих в периоды пиковой нагрузки, обычно невелико. Это дает производителям пиковой мощности беспрепятственно повышать цены. Ценовая эластичность на стороне спроса будет противодействовать этому благодаря повышению конкурентоспособности потребителей, приводя к снижению цен на электроэнергию и в целом объемов энергопотребления.



Рис. 2. Влияние эластичности спроса на уровень оптовых цен на энергию

Источник: [8].

Наряду с интеллектуальным управлением децентрализованными электростанциями, *demand response* обеспечит снижение требований к общей мощности генерации и пропускной способности сетей. Одновременно будет стимулироваться конкуренция на регулярных и балансирующих энергетических рынках.

### “ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ” ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Повышающие эластичность спроса технологии *demand response* были бы невозможны без развития телекоммуникаций и “интеллектуальных электрических систем”. *Smart grids* – это соединенные сетью модернизированные объекты энергоснабжения и энергопотребления, в которых применяются информационные и коммуникационные технологии для сбора информации и реализации в автоматическом режиме управленческих решений. *Smart grids* позволяют участникам рынка совместно использовать централизованную и распределенную сетевую инфраструктуру, обмениваться электроэнергией, обеспечивать высокую эффективность и устойчивость функционирования систем энергоснабжения.

В условиях традиционного энергетического рынка и существования вертикально-интегрированных монополий единый системный оператор руководил передачей электроэнергии по магистральным и распределительным сетям. Он пользовался телефонной связью и не контролировал в режиме реального времени движение энергопотоков, которые были строго однонаправленными: от производителя к потребителю.

В связи с либерализацией регулирования отрасли производственно-сбытовая цепочка в электроэнергетике оказалась дезинтегрирована. Теперь

независимые друг от друга системные операторы управляют магистральной (высоковольтной) и распределительной системами. Они используют технологии, позволяющие в автоматическом режиме обмениваться информацией и принимать управленческие решения. При этом сетевая архитектура и алгоритмы принятия решений существенно усложнились.

С увеличением в энергобалансе доли нестабильной генерации — на основе солнца и ветра — возникла необходимость трансформации энергетической системы. Интеллектуальная сетевая архитектура позволяет оперативно управлять спросом, обеспечивать интеграцию централизованной и децентрализованной энергетики, снижать затраты на планирование и эксплуатацию объектов энергоснабжения. «Интеллектуальные сети» играют важную роль в обеспечении энергетической безопасности, экономического развития и смягчения негативного воздействия на окружающую среду. По расчетам Международного энергетического агентства, внедрение таких сетей позволит на 13–24% снизить совокупный пиковый спрос на электроэнергию на временном горизонте до 2050 г. [10].

В будущем развитие «интеллектуальной» инфраструктуры создаст новую киберфизическую платформу для гибкого и эффективного энергообеспечения потребителей. В конечном счете это обеспечит превращение электроэнергии из товара в сервисную услугу, оказываемую через «интернет энергии».

### СБЛИЖЕНИЕ СТАТУСА ПРОИЗВОДИТЕЛЯ И ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

Развитие «умных» сетей стимулирует появление новых компетенций у потребителя. Речь идет об его абсолютно новом качестве — способности производить и отдавать в сеть электроэнергию. Более века в электроэнергетических сетях существовали только однонаправленные потоки электроэнергии. Теперь, когда потребитель также поставляет электроэнергию обратно в сеть, потоки становятся двусторонними. На рынке формируется новая компетенция — «потребитель–производитель», или просьюмер (*prosumer*), имеющий возможность вырабатывать электроэнергию, используя собственные ВИЭ в совокупности с аккумуляторами устройствами.

Опора исключительно на ВИЭ-генерацию создает трудности в части поддержания баланса спроса и предложения, а также обеспечения необходимых технических показателей — напряжения,

частоты и других. К поддержанию балансовой надежности привлекаются просьюмеры. Таким образом, энергосистема будет способна лучше демпфировать пики нагрузки и повышать эффективность использования генерации. В качестве следующего шага просьюмер также станет поставщиком услуг по гибкости поставок электричества.

### ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ПОТРЕБЛЕНИЯ И КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ

Децентрализация происходит на фоне регионализации экономических связей и интеграции энергорынков, в том числе централизованной и распределенной энергетики. Распределенная генерация понимается как выработка электроэнергии по месту ее потребления, то есть на уровне распределительной сети или на стороне потребителя, включенного в сеть. Отсутствие сети исключает потери (и затраты) на передачу электроэнергии. При этом подразумевается наличие множества просьюмеров, которые производят электрическую энергию для собственных нужд, а периодически образующиеся у них ее излишки направляют в общую сеть [11].

Функция оператора электросистемы меняется. Нужен переход от централизованного контроля относительно небольшого числа крупных электростанций к координации большого количества средних и малых генераторов, а также «умных» пользователей. Важным требованием для такой системы становится агрегация, под которой понимается группировка отдельных элементов энергосистемы, позволяющая им действовать как единое целое при работе на рынках энергосистем (как в оптовой, так и в розничной торговле) или при соблюдении общих правил энергосистем. Агрегация — это еще одна новая компетенция. Компании-агрегаторы (либо системные операторы) выступают в качестве посредников, формирующих портфель услуг электроснабжения и газоснабжения (применительно для тепловой электрогенерации) по оптимальным ценам и транспортным тарифам для каждой из агрегируемых групп рыночных агентов.

Эти тенденции требуют радикального изменения способа управления электросетями. Традиционно пассивная сторона конечного потребителя начинает играть активную роль в координации всей системы, которая строится на основе агрегации источников распределенной генерации и их интеграции в централизованную систему электроснабжения.

**Таблица.** Интеграция нестабильных ВИЭ и централизованных энергосистем: фазы и их ключевые характеристики

	Ключевые характеристики			
	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	Фаза 4
Нестабильные ВИЭ с позиции системного оператора	Мощность ВИЭ не заметна на общесистемном уровне	Мощность ВИЭ заметна для системного оператора	Гибкость балансировки спроса и предложения ВИЭ	Стабильность ВИЭ: удовлетворяют до 100% спроса в отдельные периоды
Влияние на режимы тепловых электростанций (ТЭС)	ТЭС не изменяют нагрузку	ТЭС незначительно изменяют нагрузку в пользу ВИЭ	Колебания нагрузки ТЭС. Сокращение непрерывности их работы	ТЭС – отказ от непрерывного цикла, учет режимов ВИЭ
Влияние нестабильных ВИЭ на сети	Локальные сети для ВИЭ. Сетевая интеграция фактически отсутствует	Начало интеграции ВИЭ с общесистемную сетью	Значительные изменения схемы потоков энергии. Рост кросс-потоков между высоко и низковольтными сетями	Повышенные требования к устойчивости работы сети в условиях кросс-потоков
В основе рисков и вызовов нестабильных ВИЭ	Особенности локальных сетей	Баланс между спросом и производством ВИЭ	Доступность инструментов гибкости	Устойчивость сети к перегрузкам и сбоям
Доля нестабильных ВИЭ в производстве электроэнергии	До 3%	От 3 до 15%	От 13 до 25%	От 25 до 50%
Страны, находящиеся в данной фазе	Индонезия, ЮАР, Мексика	Чили, Китай, Бразилия, Индия, Австралия, Нидерланды, Швеция, Австрия, Бельгия	Германия, Италия, Великобритания, Греция, Испания, Португалия	Ирландия, Дания

Источник: составлено авторами по [12].

Агрегация вызвала возникновение понятия виртуальной электростанции (*virtual power plant*), объединяющей распределенные генераторы (ветровые установки, фотоэлектрические станции, мини- и микро-ТЭЦ и др.) и оборудование просьюмеров (бытовых, промышленных), в том числе системы аккумулирования энергии, под общим управлением их режимами. Распределенная система генерации увеличивает сложность системы и преобразует энергетическую производственно-сбытовую цепочку в своеобразную силовую матрицу с участием огромного числа участников.

Распределенная генерация уже широко распространена во многих странах мира. Наиболее развитые государства, входящие в ОЭСР, осуществляют переход от централизованного к распределенному укладу энергетики. Этот процесс происходит постепенно. Международное энергетическое агентство выделяет несколько главных этапов (табл.).

МЭА также определяет контуры последующих фаз развития. Так, при доле нестабильных ВИЭ, превышающих 50% электрогенерации (5-я фаза), дополнительным импульсом их развития станет электрификация других секторов конечного потребления энергии – теплоснабжения и транспорта. 6-я фаза будет характеризоваться тотальным доминированием нестабильных ВИЭ. Тогда электроэнергия будет служить главным ресурсом для выработки синтетических газов, в том числе метана и водорода [12].

#### УСТРАНЕНИЕ ПОСРЕДНИКОВ И ПЕРЕХОД НА ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Тенденция децентрализации охватывает не только производственно-сбытовую цепочку в энергетике, но и коммерческие практики. Наиболее ярким примером может служить распределенная торговая платформа на базе технологии блокчейн. Сейчас она



**Рис. 3.** Динамика транзакционных издержек и роста числа контрактов по мере эволюции энергетических рынков  
Источник: составлено авторами по [13].

используется главным образом в пилотном режиме. Но есть основания предположить, что уже в ближайшем будущем начнется массовый перевод на нее торговых операций в электроэнергетической и газовой отраслях.

Блокчейн, воздействуя на институциональную структуру рынков, снижают величину транзакционных издержек. На рис. 3 по левой оси показано снижение транзакционных издержек по мере трансформации контрактных отношений на разных этапах эволюционного развития рынков — от двустороннего формата долгосрочных контрактов, характерного для 1990-х годов прошлого столетия, к централизованной торговой инфраструктуре, сложившейся в Европе и Америке к 2017 г. При этом кривая графика по правой оси иллюстрирует взрывной рост транзакций: если в двустороннем формате их заключалось десятки тысяч в год, то сегодня на биржах уже заключаются десятки тысяч в час. Можно с высокой степенью уверенности предположить, что к 2030 г. будут заключаться десятки тысяч транзакций в минуту. Это связано с переходом к принципиально новой — распределенной (или децентрализованной) — инфраструктуре торговли в энергетике на базе технологий блокчейн.

Крупнейшие европейские энергетические компании, среди которых *E.ON* и *Enel*, объединили свои усилия в рамках блокчейн-проекта по децентрализации европейского рынка энергетики *Enerchain*. В октябре 2017 г. на новой площадке уже были заключены первые контракты по поставке электроэнергии [14]. Группа нефтегазовых компаний — британская *BP*, итальянская *Eni* и австрийская *Wien Energie* — в июне 2017 г. запустила

пилотный проект по подтверждению сделок по поставке энергии с использованием технологии блокчейн. Блокчейн открывает перспективу децентрализации энергетических бирж и внедрения принципиально новой системы торговли энергетическими и системными продуктами.

## РОЛЬ ГАЗА В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГОРЫНКОВ

Формирование новой модели рынка электроэнергии влечет кардинальные изменения структуры газового бизнеса, создает новые механизмы торговли газом, изменяет роли и компетенции ведущих игроков. Во-первых, кардинальным образом изменится качество спроса на газ для нужд электроэнергетики — сохранится спрос на гибкий краткосрочный газоэнергетический продукт, который наилучшим образом соответствует целям интеграции децентрализованной энергетики ВИЭ и централизованных сетей.

Во-вторых, изменится содержание конкуренции на газовых рынках. Наряду с конкуренцией с альтернативными видами топлива (включая ВИЭ), с конкуренцией между газом из разных источников, которая развивается в различных плоскостях (в том числе: географии поставок; СПГ vs трубопроводный газ; традиционный vs нетрадиционный газ) возникает новый тип внутритопливной конкуренции — между поставщиками различных газоэнергетических продуктов, наиболее полно соответствующих запросам потребителей по направлениям, условиям и срокам поставок.

Стремительный рост нестабильных ВИЭ потребовал изменения подходов к базовой загрузке

электростанций. Традиционно под работой в базовом режиме предполагалась относительно равномерная (с поправкой на колебания гидроэлектроэнергии) выработка. Для этого более всего подходили атомные, угольные и газовые станции. При этом удовлетворение пикового и полупикового спроса происходило за счет большей мобильности генерации на угольных и газовых станциях. Сегодня в базовом режиме работают ВИЭ, производство которых неравномерно, так как зависит от природных условий (солнце, ветер). Однако не везде условия (то есть наличие эффективных бэкап мощностей) позволяют оперативно компенсировать перепады отпуска энергии от ВИЭ, поэтому наращивание их мощностей ограничено. Газ остается наиболее подходящим резервным топливом, поэтому по мере развития парка ветрогенераторов и солнечных батарей его востребованность вряд ли уменьшится.

Превращение поставки газа в набор товарных и системных услуг обусловило возникновение нового вида конкуренции на рынках газа – конкуренцию между поставщиками различных газовых энергетических продуктов. Фактически это конкуренция между различными условиями поставки – по объемам, срочности исполнения обязательств, гибкости, способам совершения сделки, механизмам ценообразования. Газ принимает форму товарного энергетического продукта, поступающего на разные сегменты рынка (биржевой, внебиржевой, двусторонний, с участием брокера, использованием клиринга и т.п.), с различными условиями и сроками поставки (от одного часа – до нескольких лет). Товарные газовые продукты, находящиеся в обороте, имеют разную маржинальность, величина которой изменяется под воздействием многочисленных факторов. Продавец, стремящийся максимизировать свою прибыль, вынужден постоянно решать, какой товарный продукт и в каких объемах выгоднее продать сегодня, а какой завтра или в последующих периодах [15].

Для газозенергетических компаний превращение газа из монопродукта в набор товарных и системных услуг повышает значение оптимальности структуры поставочного портфеля. Любая ошибка

в его формировании влечет серьезные риски утраты маржи. Ведь ставка на один продукт, например, более долгосрочный, может привести к упущенной выгоде от продажи краткосрочных продуктов.

\* \* \*

В условиях стремительной экспансии ВИЭ на европейских и американских рынках роль природного газа в обеспечении топливом тепловых электростанций по-прежнему будет оставаться высокой, однако изменится качественно. Если традиционно главной задачей газовых ТЭС была выработка электроэнергии, то теперь приоритет будет отдаваться поддержанию мощности и, соответственно, стабильности генерации электроэнергии. Поддержание стабильности выступает одним из видов общественного блага, который в Европе и Америке обеспечивается с помощью финансовых стимулов и регулирующих мер. При приоритете возобновляемых источников энергии газовые электростанции могут работать всего несколько часов в день в бэкап режиме. Высокая цена балансирующего рынка поддержит существование спарк-спредов и рентабельность газовых ТЭС.

Рост доли ВИЭ в мировой энергетике создает новые вызовы для управления отраслью, поскольку генерация на основе солнца и ветра имеет нестабильный и непредсказуемый характер. До того как в практику будут внедрены промышленные хранилища электроэнергии, “большая газовая энергетика” останется наиболее эффективным регулятором мощности в энергетических системах, избавляющим от необходимости строительства новых мощностей (включая ВИЭ), которые могут оказаться избыточными [16].

Краткосрочные и сверхкраткосрочные (в пределах часа и меньше) газовые продукты лучше всего подходят для выполнения газовыми ТЭС такой роли. Для игроков газового рынка изменение структуры рынка электроэнергии – это одновременно усиление неопределенности, и новые возможности повышения доходности. В выигрыше останется тот, кто быстрее других сумеет адаптироваться к новому бизнес-ландшафту.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Starn J. *Germans Could Be Paid to Use Electricity This Weekend*. Bloomberg, 26.10.2017. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-26/record-wind-will-force-germany-to-pay-power-users-this-weekend> (accessed 30.10.2017).
2. Еремин С.В., Булавацкий И.А. Природный газ в электроэнергетике: новые возможности максимизации прибыли газозенергетических компаний. *Нефть, газ и бизнес*, 2016, № 7, сс. 63-71. [Eremin S.V., Bulavatskii I.A., *Prirodnyi gaz v elektroenergetike: novye vozmozhnosti maksimizatsii pribyli gazoenergeticheskikh kompanii* [Natural gas in the electric power industry: new opportunities for maximizing profits of energy companies]. *Neft', gaz i biznes*, 2016, no. 7, pp. 63-71.]

3. Randall T. *The Way We Get Electricity Is about to Change Forever*. Bloomberg, 23.06.2015. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-13/the-way-we-get-electricity-is-about-to-change-forever> (accessed 15.09.2017).
4. Смирнов С. Ископаемое топливо не выдержит конкуренции с солнечной энергией. *Ведомости*, 24.06.2015. [Smirnov S. Ископаемое топливо не выдержит конкурентсии с солнечной энергией [Fossil fuels can't compete with solar energy]. *Vedomosti*, 24.06.2015.] Available at: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/06/24/597798-iskopaemoe-toplivo-ne-viderzhit-konkurirentsii-s-solnechnoi-energiei-bloomberg> (accessed 14.09.2017).
5. Hirtenstein A. *Batteries Storing Power Seen as Big as Rooftop Solar in 12 Years*. Bloomberg, 13.06.2016. Available at: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-06-13/batteries-storing-power-seen-as-big-as-rooftop-solar-in-12-years> (accessed 08.10.2017).
6. Widergren S. *Transactive Energy for Distributed Resource Integration*. Pacific Northwest National Laboratory IEA Symposium on Demand Flexibility and RES Integration. Linz (Austria), 09.05.2016. Available at: <http://www.ieadsm.org/wp/files/IEA-Symposium-TransactiveEnergy-Widergren.pdf> (accessed 01.10.2017).
7. Rogers R. *Transactive Energy Isn't Your Grandpa's Power Grid*. Worldwatch Institute, 2013. Available at: <http://blogs.worldwatch.org/revolt/transactive-energy-isnt-your-grandpas-power-grid> (accessed 05.10.2017).
8. *The Power to Choose. Demand Response in Liberalized Electricity Markets*. Paris, International Energy Agency, 2003. 156 p. Available at: [https://www.schneider-electric.us/documents/solutions1/demand-response-solutions/powertochoose\\_2003.pdf](https://www.schneider-electric.us/documents/solutions1/demand-response-solutions/powertochoose_2003.pdf) (accessed 08.10.2017).
9. Feilberg N. *Basis for Demand Response. Efflocom Project Deliverable 1*. Trondheim, Sintef Energy Research, November 2003. 6 p.
10. International Energy Agency. *Technology Roadmap. Smart Grids*. 2011. 52 p. Available at: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids\\_roadmap.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf) (accessed 11.10.2017).
11. Стенников В.А., Воропай Н.И. *Централизованная и распределенная генерация – не альтернатива, а интеграция*. Иркутск, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. 19 p. [Stennikov V.A., Voropai N.I. *Tsentralizovannaya i raspredelennaya generatsiya – ne al'ternativa, a integratsiya* [Centralized and Distributed Generation is not an Alternative, but Integration]. Institut sistem energetiki im. L.A. Melent'eva SO RAN. 19 p.] Available at: [http://energystrategy.ru/projects/Energy\\_21/4-2.pdf](http://energystrategy.ru/projects/Energy_21/4-2.pdf) (accessed 25.09.2017).
12. International Energy Agency. *Getting Wind and Sun onto the Grid. A Manual for Policy Makers. Insight Series 2017*. 69 p. Available at: [https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/Getting\\_Wind\\_and\\_Sun.pdf](https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/Getting_Wind_and_Sun.pdf) (accessed 04.09.2017).
13. The Oxford Institute for Energy Studies. *Transformation of the Electricity Sector: Technology, Policy and Business Models*. February 2016, p. 10. Available at: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2016/03/OEF-104.pdf> (accessed 06.11.2017).
14. Paraskova T. *The Next Big Digital Disruption in Energy*. Available at: <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-Next-Big-Digital-Disruption-In-Energy.html> (accessed 12.10.2017).
15. Еремин С.В. Новая модель рынка природного газа ЕС: вызовы и возможности для России. *Научный журнал Российского газового общества*, 2017, № 2, сс. 3-10. [Eremin S.V. Novaya model' rynka prirodnogo gaza ES: vyzovy i vozmozhnosti dlya Rossii [New Model of EU Natural Gas Market: Challenges and Opportunities for Russia]. *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo gazovogo obshchestva*, 2017, no. 2, pp. 3-10.]
16. Телегина Е.А., Тыртышова Д.О. Природный газ в условиях декарбонизации европейского энергетического рынка: факторы ограничения и меры адаптации. *Нефть, газ и бизнес*, 2017, № 11, сс. 38-43. [Telegina E.A., Tyrtysheva D.O. Prirodnyi gaz v usloviyakh dekarbonizatsii evropeiskogo energeticheskogo rynka: faktory ogranicheniya i mery adaptatsii [Prospects of Natural Gas in Decarbonising European Energy Markets: Challenges and Strategy]. *Neft', gaz i biznes*, 2017, no. 11, pp. 38-43.]

**DECENTRALIZATION OF POWER GENERATION AND CONSUMPTION MODEL:  
NEW ROLE OF NATURAL GAS**

*(World Economy and International Relations, 2018, vol. 62, no. 5, pp. 62-71)*

*Received 11.12.2017.*

*Elena A. TELEGINA (meh@gubkin.ru),  
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), 65, Leninskii Prosp., 119991,  
Moscow, Russian Federation.*

*Sergei V. EREMIN (eremin.s@gubkin.ru),  
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), 65, Leninskii Prosp., 119991,  
Moscow, Russian Federation.*

*Diana O. TYRTYSHOVA (diana.tyrtyshova@gmail.com),  
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), 65, Leninskii Prosp., 119991,  
Moscow, Russian Federation.*

*The article deals with the effects of production and consumption decentralization on gas markets. It results in a radical change of the energy markets structure, the roles of its actors, their business competences and the dominant trading mechanisms. The main reason causing the process of decentralization is implementation of new disruptive technologies, which provide incremental growth of renewables share in the energy mix, form an interactive business environment and determine the energy transition from a commodity to a service concept. These transformations create new quality characteristics of gas demand in the power sector that should be considered by producers and suppliers. Flexible gas and energy products in the power sector are expected to be in high demand to comply the targets of decentralized energy concept with considerable share of renewables. At the same time, the authors note the change of competition nature in gas markets. In addition to competition between gas and renewables, between gas from different suppliers, including increasing prospects of LNG and unconventional gas, there will a new type of competition, namely among different gas energy products. The suppliers will be competing to meet to the fullest extent possible the needs of consumers in the necessary directions, terms and delivery time. The understanding of this perspective, besides the general theoretical interest, is important in terms of assessing the competitiveness of Russian gas in the world natural gas markets in the next decades. Special attention should be paid on the transformation of the Russian gas export strategy to European direction to manage the newly emerging risks, especially the loss of revenue from gas export to Europe. Actors of gas markets have either challenges or new opportunities under mentioned transformations.*

*Keywords: energy markets, renewable energy, energy transition, transactive energy, demand response, smart grid, prosumers, disintermediation, gas and energy products.*

*About authors:*

*Elena A. TELEGINA, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Dean.*

*Sergei V. EREMIN, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor.*

*Diana O. TYRTYSHOVA, PhD student, Assistant.*

**DOI:** 10.20542/0131-2227-2018-62-5-62-71