DOI: 10.22394/2070-8378-2018-20-3-35-43

# Целевое государственное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии

**Александр Олегович Бучнев,** **кандидат экономических наук, экономист**
**Публичное акционерное общество «Транснефть» (Российская Федерация, 119180, Москва, Большая Полянка, 57). E-mail: aobuch@mail.ru**

**Аннотация:** В статье рассматриваются особенности стратегических концепций интенсивного применения возобновляемой энергетики в ключевых государствах-лидерах – Китай, США, Индия, страны Европейского союза, Великобритания и другие – в области использования «зеленой» энергетики, их основные параметры, которые планируется достигнуть в среднесрочной перспективе. Отдельное внимание уделяется новому сегменту возобновляемой энергетики – рынку промышленного хранения энергии, оцениваются его инвестиционная и инновационная емкость. Кратко рассмотрены перспективы использования сопутствующих инноваций в возобновляемой энергетике, таких, как технологии блокчейн, микрогриды, цифровая энергетика. Автор дает оценку потенциалу финансового сбережения, формирующему саморазвитие отрасли, которым обладает возобновляемая энергетика. Оценивается текущее и потенциальное формирование новых рабочих мест в отрасли. Рассматриваются обобщенные принципы государственного стимулирования применения возобновляемой энергии на примере ряда стран. Кроме этого, исследуется государственное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии. Предложены рекомендации по использованию передового мирового опыта для применения его в отечественных условиях. Приводятся примеры положительного воздействия массового применения возобновляемой энергии на повышение уровня жизни населения и её возможности по проведению более гибкой и менее дифференцированной ценовой политики в масштабах больших территорий, лишенных возможности использования централизованной энергии. Исследуются причины массового выхода из инвестиций в невозобновляемую энергию. Даны рекомендации по локализации средств производства возобновляемой энергии.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, промышленное хранение энергии, микрогриды, соотношение возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Статья поступила в редакцию 22 апреля 2018 года.

*Бучнев А.О.* Целевое государственное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии. *Государственная служба.* 2018. № 3. С. 35–43.

## TARGET STATE REGULATION OF THE RATIO OF RENEWABLE AND NON-RENEWABLE ENERGY

**Alexandr O. Buchnev,** **Cand. Sci.(Economics), economist**
**PJSC Transneft (57, ul. Bolshaya Polyanka, Moscow, Russian Federation, 119180). E-mail: aobuch@mail.ru**

**Abstract:** The article considers the features of strategic concepts of intensive use of renewable energy in the key leading countries-China, the United States, India, the European Union, the United Kingdom and others – in the use of 'green' energy, their main parameters, which are planned to be achieved in the medium term. Special attention is paid to a new segment of renewable energy - the market of industrial energy storage, its investment and innovative capacity is estimated. The prospects of using concomitant innovations in renewable energy, such as blockchain technology, microgrids, and digital energy are briefly considered. The current and potential formation of new jobs in the industry is assessed. The generalized principles of state stimulation of the use of renewable energy on the example of a number of countries are considered. In addition, the state regulation of the ratio of renewable and non-renewable energy is being investigated. Recommendations are offered on the use of advanced world experience for its application in domestic conditions. Examples are given of the positive impact of mass use of renewable energy on raising the standard of living of the population and its ability to conduct a more flexible and less differentiated price policy over large areas that are deprived of the possibility of using centralized energy. The reasons of mass exit from investments into non-renewable energy are investigated. Recommendations are given on the localization of the means of production of renewable energy.

**Keywords:** renewable energy resources, industrial energy storage, microgrids, renewable and non-renewable energy ratio

The article was received on April 22, 2018.

*Buchnev A. O.* Target state regulation of the ratio of renewable and non-renewable energy. *Gosudarstvennaya sluzhba*. 2018. No. 3. P. 35–43. In Russian

**Введение**

Значительный интерес, который демонстрирует мировая экономика к развитию возобновляемой энергетики не только как к альтернативе ископаемым и невозобновляемым энергоресурсам, но и как эффективному инновационно-инвестиционному сектору экономики, имеющему значительную положительную экологическую составляющую, к тому же обеспечивающему инвестору приемлемую рентабельность инвестиций, вызывает к жизни необходимость мониторинга тенденций, сопутствующих данному процессу. В том числе и его влиянию на традиционную энергетику.

Достаточно отметить, что прогнозная суммарная установленная мощность возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в ближайшие четыре года достигнет отметки в 3 ТВт с учетом выработки электростанций[1], хотя на начало 2017 года данный показатель составлял около 2 ТВт. Столь впечатляющий успех обеспечивают Китай, США, Индия и страны ЕС. Инвестиции в возобновляемую энергетику достигли в 2017 году 333 млрд долларов США, несмотря на то, что происходит постепенное удешевление основного оборудования возобновляемых источников энергии из-за активного применения прорывных и модифицирующих технологических инноваций.

**Опыт государственного регулирования соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии**

Необходимо учесть, что на сегодняшний момент свыше 160 государств утвердили стратегические концепции интенсивного применения возобновляемой энергетики, значительно снизив общемировые издержки её производства. К середине 2016 года затраты на производство электроэнергии из возобновляемых источников энергии сравнялись и продолжают снижаться по отношению к уровню затрат производства электроэнергии посредством газовой генерации. И динамика сокращения затрат в данном секторе более чем впечатляющая. С 2012 по 2016 год, например, в секторе выработки электроэнергии посредством использования энергии Солнца себестоимость сократилась на 80%, а анализ динамики ее удешевления позволяет предположить её дальнейшее снижение на 35–50%[2].

На этом фоне показательно заявление президента концерна Siemens Джо Кайзера, сделанное на годовом собрании акционеров в феврале текущего года. Говоря о перспективах концерна, он рассказал о тенденциях падения спроса на газовые турбины до 40%[3]. Авторские исследования по тенденциям постепенного вытеснения возобновляемой энергетики традиционной ископаемой энергии за последние 10 лет[4] показали, что именно рост спроса на оборудование для производства экологически чистой возобновляемой энергетики увеличивает волатильность на рынке традиционной энергетики, перемещая спрос от ископаемой генерации к значительно подешевевшим и ставшим доступным электрогенераторам на ветровой и солнечной энергии.

Кроме того, возобновляемая энергетика создает новые рабочие места на порядок эффективнее других отраслей современной экономики[5]. Производство солнечных панелей формирует 2,5 млн рабочих мест и создает вдвое больше рабочих мест на единицу выработанного электричества, чем угольная или газовая генерация[6]. К 2025 году четверть возобновляемой энергии составит половину топливно-энергетического баланса (ТЭБ) США, причем возобновляемая энергия создаст в три раза больше рабочих мест, чем традиционная энергетика при сопоставимом объёме генерации, обеспечив двести тысяч дополнительных рабочих мест и повышение ВВП на 7,3 миллиарда долларов США[7].

По данным International Renewable Energy Agency, сегодня возобновляемая энергетика обеспечивает 9,8 миллионов рабочих мест в мире, из которых почти 3,7 миллионов рабочих мест приходится на Китайскую Народную Республику и около 1,3 миллиона – на страны ЕС[8]. Предполагается, что если темпы ввода ВИЭ не изменятся в ближайшем десятилетии, то к 2030 году возобновляемая энергетика обеспечит около 25 миллионов дополнительных рабочих мест. К вышеперечисленным лидерам присоединятся Япония, Бразилия, Индонезия, возможно, Мексика и Чили.

Рассмотрим тенденции замещения возобновляемой энергетикой традиционных видов топлива лидерами процесса, начав с Китая.

Китайская Народная Республика, сформулировав ключевую цель достижения доли возобновляемой энергии в общем балансе страны до 20% к 2020 году [China's Policies…, 2011. P.7.], признала опре-

1 100% ВИЭ — новая модель глобальной энергосистемы. http://renen.ru/100-res-a-new-model-of-the-global-energy-system

2 Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики как основного компонента экономики будущего. Москва, Антарес, 2016.

3 Ведомости. 06.02.2018 г.https://www.vedomosti.ru/business/articles/2018/02/06/750039-siemens-besperspektivnoi-evrope

4 Бучнев А.О. Конкуренция альтернативной и традиционной энергетики: объективная реальность. Проблемы теории и практики управления. 2010. № 5. С.18–24; Бучнев А.О. Нетрадиционные источники энергии как составляющая новой энергетики. Интеграл. 2008. № 6. С. 30–33.

5 Edf. https://www.edf.org

6 UKERC. http://www.ukerc.ac.uk/publications/review-of-energy-policy-2017.html

7 The Union of Concerned Scientists (UCS) http://concernedscientists.org/ (UCS)

8 IRENA.http://www.irena.org/publications/2017/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2017

деленную необратимость трансформации мировой энергетики в сторону экономических и экологических перспектив возобновляемой энергетики [Пискулова, 2013. С. 153]. Установив десять лет назад в долгосрочном плане развития: снижение эмиссии углекислого газа и улучшение экологического состояния, сформировав обоснованные квоты на потребление возобновляемой энергии, определив размеры льготных тарифов, рассчитав минимально необходимую степень локализации оборудования и простимулировав национальные разработки системой грантов инновационной технологической поддержки[9], Китай вышел в лидеры как по установленной мощности возобновляемых источников энергии, так и по объемам производства оборудования для них. Национальная программа контроля за изменением климата в Китае дополнительно простимулировала применение возобновляемой энергии как ключевого инструмента минимизации эмиссии углекислого газа, сократив выбросы парниковых газов в расчете на единицу ВВП на 16%[10]. На настоящий момент Китайская Народная Республика сконцентрировала 17% общемировых вложений в возобновляемую энергетику. Безусловно, подобный инновационно-инвестиционный качественный сдвиг стал возможен при институциональной поддержке стимулирования применения возобновляемой энергии, включая специальный закон о ВИЭ, который расставил приоритеты в области промышленной, налоговой и кредитной политики[11], а позже был дополнен элементами финансового стимулирования производителей средств, использующих ВИЭ. Применение специализированных таможенных пошлин на импорт инновационного оборудования для производства возобновляемой энергии и налоговых льгот по уплате НДС для ряда комплектующих ветроэлектростанций позволили провести технологически направленную поддержку конкретных сегментов возобновляемой энергетики, обеспечив уровень локализации не менее 70% турбинного оборудования[12]. Необходимо отметить, что уже через три года после принятых стимулирующих мер около 90 китайских компаний производили турбины, 50 – приводные лопасти к ним и свыше 100 компаний – ключевые компоненты[13]. Через три последующих года все вводимые в Китае ветроэнергетические турбины были от национального производителя[14]. Суммарную мощность ветрогенераторов планируется довести до 1000 ГВт к 2050 году[15].

Многомиллионный сельскохозяйственный сектор КНР формирует 700 миллионов тонн соломы ежегодно, создавая условия развития производства энергии из биомассы. Кроме разработанных и внедренных специальных тарифных премий национальное министерство науки и техники определило выработку энергии из биомассы приоритетным направлением. Государственная политика поддержки солнечной энергетики привела к уникальному результату: три четверти солнечных панелей в мире производятся в Китае, обеспечивая работой 1,6 миллиона человек[16].

Оценить темпы развития возобновляемых источников энергии в КНР можно следующими цифрами: к концу 2014 года их совокупная мощность достигла 404 ГВт[17], а к октябрю 2017 года – 630 ГВт. Причем биоэнергия достигла 14,23 ГВт, выработка энергии на основе ветра – 157 ГВт, на основе солнца – 120 ГВт[18]. Можно не сомневаться, что решение саммита АТЭС 2014 года – удвоить долю возобновляемой энергии за пятнадцать лет КНР будет выполнено[19], учитывая, что потенциал по солнечной энергии только в Китае превышает текущие возможности в 770 раз, геотермальной энергии – в 2300 раз [Жуков, 2012. С. 55].

Китай планирует нарастить инвестиции в возобновляемую энергетику до 361 млрд долларов США, увеличив долю ВИЭ до 15% к 2020 году, что позво-

9 China's Heavy Investment. www.renewableenergyworld.com/rea/news/article

10 CCICED 2011 Annual General Meeting report. China Council for International Cooperation on Environment and Development, November 2011, p.125

11 X. WenHua. Стратегические руководящие принципы и перспективы будущего развития в сфере возобновляемых источников энергии КНР. http://www.windenergy.kz/files/1286875907_file.pdf

12 Ляо Г. Мировой рынок и китайская поддержка ветроэнергетики, 2009. http://trade. ecoaccord.org/bridges/0709/5.html

13 L.Schwartz. China's Wind Industry Is About To Get Squeezed. Renewable energy world. http://www.renewableenergyworld.com/articles/2010/06/chinas-wind-industry-is-about-to-get-squeezed.html/

14 E. Martinot, L. Junfeng. Renewable Energy Policy Update for China. http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-13/issue-4/solar-energy/renewable-energy-policy-update-for-china.html/

15 Liu Yuanyuan. China Increases Target for Wind Power Capacity to 1,000 GW by 2050. http://www.renewableenergyworld.com/articles/2012/01/china-increases-target-for-wind-power-capacity-to-1000-gw-by-2050.html/

16 Sunrain Solar Energy. http://soltek-dv.ru/stati/korporatsiya-sunrain-solar-energy/

17 В Китае совокупная мощность энергоблоков на возобновляемых источниках энергии достигла 404 тыс. МВт. http://www.energosovet.ru/news.php?zag=1415099896/

18 Forbes. «Чистая» энергетика Китая стала мощнее всей российской электроэнергетики. http://www.forbes.ru/biznes/352569-sila-vetra-i-solnca-chistaya-energetika-kitaya-stala-moshchnee-vsey-rossiyskoy

19 Страны АТЭС увеличат долю ВИЭ в два раза к 2030 году.http://elektrovesti.net/34091_strany-ates-uvelichat-dolyu-vie-v-dva-raza-k-2030-godu/

лит отказаться от использования до 730 млн тонн угля в год[20]. Необходимо также отметить большую планомерную работу по снижению энергоемкости экономики КНР: ожидается, что к 2020 году данный параметр будет минимизирован на 20%. Отметим, что КНР уделяет внимание использованию не только возобновляемой энергии, но и атомной, и газовой генерации, балансируя их развитие на государственном уровне.

Другой лидер в области использования возобновляемой энергии, Соединенные Штаты Америки, только в 2016 году добавил к действующим мощностям 9 ГВт преобразователей солнечной энергии, что превысило показатели предыдущего года на 88%[21]. Отметим и неформальное создание Gigawatt Club (Клуба гигаватт), в который уже вошли шесть штатов. За последние сорок лет на крышах домохозяйств США установлено около одного миллиона солнечных преобразователей, а в последующие два года данный показатель планируется утроить.

Существенно раскрывается потенциал сбережения финансовых ресурсов в Федеративной Республике Германии, формируя значительные налоговые поступления и позволяя заместить возобновляемой энергией ископаемое угольное топливо. В ФРГ, по статистике, 34% интегрированного результата от применения возобновляемой энергии предотвращают затраты на восстановление окружающей среды от неиспользованного ископаемого топлива, 27% сохраняют средства в национальной экономике от отсутствия импорта первичной энергии, и 39% – формируют налоговые поступления. ЕС в 2015 году за счёт отказа от импорта ископаемых видов топлива при активном использовании ВИЭ сэкономил 23,7 млрд евро. Планируется довести данный показатель до 87 млрд евро к 2020 году[22]. Таким образом, текущие плановые показатели ЕС соответствуют перспективной доле возобновляемых источников энергии 80% от общего объёма производства электроэнергии и 60% от общего потребления в 2050 году[23].

Не менее интересны планы такой страны, как Саудовская Аравия, значительно зависящей и влияющей на нефтяные цены, которая планирует уже к 2023 году обеспечивать национальную экономику на 30% электрической энергией, полученной за счет ВИЭ, а к 2050 году – половиной. Saudi Electricity совместно со стратегическим инвестором Softbank Group (Япония) планирует создание солнечной электростанции с постепенно наращиваемой мощностью до 200 ГВт к 2030 году, которая предполагает создание 100 тысяч рабочих мест и суммарную экономию 40 миллиардов долларов США за счет отказа от ископаемой энергии[24]. Проект выполняется в рамках программы «Видение-2030», направленной на преодоление зависимости страны от нефтяной конъюнктуры. Именно данная страна предложила первой солнечную энергию по минимальной цене 1,8 цента за кВт/ч, но это оказалось не пределом. Так, в конце 2017 года компания ENEL Green Power выиграла тендер на строительство солнечной электростанции в Мексике мощностью 0,68 ГВт при цене поставки 1,77 цента за кВт/ч. Если тенденции сохранятся, то уже к концу 2019 года рынок увидит предложения солнечной энергии не более цента за кВт/ч.

Активное развитие возобновляемой энергии существенно исправило положение в Чили, которая смогла отказаться от импорта энергии и уверенно движется к 20% доли возобновляемой энергии в национальном топливно-энергетическом балансе.

Рассматривая государственные стратегии активного применения возобновляемой энергии, нельзя не отметить Швецию, которая достигла 50-процентной выработки электроэнергии из возобновляемых источников в общем энергетическом балансе в 2012 году, достигнув данного параметра на восемь лет раньше, чем это определялось государственной стратегией. Подобный успех позволил Швеции утвердить новый ориентир достижения к 2040 году – 100% производства электроэнергии из возобновляемых источников, заявив вслед за ФРГ об отказе от ядерной энергетики. Именно Швеция, первая предложившая систему «зеленых сертификатов» (гарантия годовых квот обязательной покупки возобновляемой энергии), внесла весомый вклад в распространение опыта государственного стимулирования ВИЭ[25].

Государственная стратегия Индии в этой области предполагает достижение 40% выработки электроэнергии из возобновляемых источников к 2030 году, выделяя в отдельный приоритет использование солнечной энергии и планируя довести инвестиции в данном сегменте до 100 млрд долларов США. В сегменте производства электроэнергии посредством ветра в качестве стимулирующих мер разрешено применение высокого процента ускоренной амортизации до 80%. Создание обществен-

20 Китай готов к активному развитию возобновляемой энергетики к 2020 году http://russian.news.cn/2016-12/20/c_135919285.htm

21 Energy Information Administration (EIA). https://www.eia.gov/

22 Nicholls M. Wind energy to avoid €24bn of fuel costs in 2015, industry says // www.environmental-finance.com/news/view/1772

23 Германия. 74% энергии из ВИЭ. http://www.vestifinance.ru/articles/42870/

24 SoftBank построит в Саудовской Аравии крупнейшую солнечную электростанцию. https://www.rbc.ru/technology_and_media/28/03/2018/5abb74009a79472e8649a229

25 Renewable Electricity with Green Certificates. Ministry of Sustainable Development. Published 30 May 2006, Updated 17 May 2015 http://www.government.se/information-material/2006/05/renewable-electricity-with-green-certificates/

ных ветровых платформ позволяет инвесторам разместить ветрогенератор на подобной платформе и получать электроэнергию в нужном ему месте [Шкрадюк, 2010. С. 68].

На примере Индии можно проиллюстрировать уникальный потенциал возобновляемой энергетики в деле повышения уровня жизни и борьбы с бедностью. Около трехсот миллионов населения Индии не имеет доступа к электричеству. Разработанная государственная программа стоимостью около 2 млрд долларов США позволит предоставить электроэнергию 40 млн домохозяйств уже к концу 2018 года. По техническим параметрам это будет достаточно скромная электрификация: преобразователь солнечной энергии на 300 Вт с аккумулирующим устройством (обеспечивающим 8-часовою работу) и светодиодными лампами, но с гарантированным обслуживанием и ремонтом в течение пяти лет. Программа произведет не только существенные изменения в уровне жизни беднейших слоев населения, но и позволит отказаться от использования миллионов керосиновых ламп, что позитивно скажется на минимизации выбросов парниковых газов.

Благодаря популяризации и государственному стимулированию зеленой энергии, топливно-энергетический баланс Индии сместился в сторону возобновляемых источников. Так, за последние три года её динамичный рост достиг 15%, а прирост теплоэлектростанций, работающих на угле, составил 12,5%[26]. Динамика строительства только солнечных электростанций превысит строительство электростанций, работающих на ископаемом топливе, уже в следующем году и к 2022 году достигнет мощности 100 ГВт, создав свыше одного миллиона дополнительных рабочих мест.

Южноафриканская республика за достаточно короткий срок планирует выйти на 21% потребляемой энергии от ВИЭ к 2030 году[27]. Реализовывать эти намерения будет департамент Программы закупок энергии из возобновляемых источников у независимых производителей энергии[28]. Несмотря на то, что данная страна занимает пятое место в мире как производитель угля, в сегмент возобновляемой энергии привлечено около 14,4 млрд долларов США частных инвестиций[29]. Разработана конкурентная схема аукционов для инвесторов в ВИЭ, которая стала применяться в Индии и Бразилии для государственного стимулирования. ЮАР планирует достигнуть установленной мощности 18 ГВт ВИЭ к 2030 году[30].

Опыт Австрии интересен государственным балансированием производства энергии на базе возобновляемых источников энергии и газовой генерации в соизмеримом объёме, что объясняется наличием в Баумгартене распределительного газового хаба (одного из крупнейших в ЕС), тем не менее, энергетическая стратегия страны направлена на дальнейшее увеличение доли возобновляемых источников энергии на основе биомассы и производства биотоплива для транспорта. Планируемое увеличение доли ВИЭ до 85% к 2020 году является самым высоким показателем в Евросоюзе.

**Технологические и модифицирующие инновации в возобновляемой энергетике**

Массовая модернизация ветрогенераторов привела к увеличению мощности одного генератора на порядок, доведя её до 9 МВт[31], что обеспечит дальнейшее снижение себестоимости ветровой энергии. После введения в эксплуатацию ветрогенераторов мощностью 7 МВт себестоимость энергии снизилась на 32% с 2014 года по настоящее время (с 142 фунтов за МВт/ч до 97 фунтов за 1 МВт/ч)[32]. Отметим, что ветроэлектростанции Великобритании, обеспечивая 23% вырабатываемой электроэнергии, стали поставлять её дешевле, чем атомные станции[33]. Более того, объявленный аукцион на постройку новых ветрогенераторов к 2022 году предполагает снижение стоимости ветровой энергии вдвое, а стратегия развития ВИЭ в стране прогнозирует рост дополнительных налоговых поступлений на 17,5 млрд фунтов к 2021 году и формирование около двухсот тысяч новых рабочих мест[34] Стоит заметить, что Великобритания, как и КНР, уделяет внимание развитию не только возобновляемой энергии, но и атомной, и низкоуглеродной генерации, балансируя их развитие на государственном уровне.

Не менее показателен пример модифицирующей инновации использования солнечной энергии посредством плавающей электростанции на поверхности водохранилища Cirata в Индонезии. При вы-

26 BNEF http://www.bloomberg.com

27 Подъем солнечной энергетики в ЮАР. http://utmagazine.ru/posts/12669-podem-solnechnoy-energetiki-v-yuar/

28 Powering-up to go off the grid. http://www.iol.co.za/sundayindependent/ powering-up-to-go-off-the-grid-1.1924652#.VlXF0tLhCUk/

29 Solar Win in Coal's Back Yard Shows Cheap Way to Beat Blackouts http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-01/solar-win-in coal-s-back-yard-shows-cheap-way-to-beat-blackouts/

30 В ЮАР введена в эксплуатацию крупнейшая на континенте СЭС http://www.energy-fresh.ru/solarenergy/solarbattery/?id=9935/

31 Gargantuan offshore wind turbine crushes record for most energy produced in 24 hoursMHI https://www.digitaltrends.com/cool-tech/denmark-wind-turbine-breaks-records/?utm_source=feedly&utm_medium=webfeeds

32 В Великобритании цена на энергию ветра упала на 32%. http://agrostory.com/energy/in-the-uk-the-price-of-wind-energy-fell-by-32/

33 UK Offshore Wind Industry Reveals Ambitious. http://www.renewableuk.com/news/391723/UK-Offshore-Wind-Industry-Reveals-Ambitious-2030-Vision.htm

34 В Британии электроэнергия от ветряков впервые стала дешевле атомной https://ru.espreso.tv/news/2017/09/12/v_brytanyy_elektroenergyya_ot_vetryakov_vpervye_stala_deshevle_atomnoy

работке 1 ГВт электроэнергии площадь станции не превышает четырех процентов водной поверхности. Ко всему прочему, подобная инновация частично предохранит водохранилище от избыточного испарения и, соответственно, обмеления. Отметим, что технология получила ускоренное развитие в Японии, которая формирует 75% рынка плавающих солнечных панелей, где также активны Китай, Великобритания и Бразилия. Ожидается, что к 2025 году стоимость глобального рынка данной технологии составит порядка 2,7 млрд долларов США[35].

Так же, как и при производстве энергии посредством ветра, в сегменте солнечной энергии повышается эффективность: мировой производитель поликристаллических солнечных панелей Jinko Solar довел их эффективность до 23,45%, что сокращает требуемую площадь и удельные расходы по обслуживанию.

Кроме инновационного удешевления стоимости производимой возобновляемой энергии, необходимо отметить динамичный рост инвестиций в системы хранения, накопления и распределения возобновляемой энергии. Стимулирующим фактором данного направления стала не только необходимость сглаживания неравномерности выработки энергии из возобновляемых источников (из-за непредсказуемости погодных явлений), но и постепенное снижение дотаций и тарифов на покупку излишков у населения произведенной «зеленой» энергии, что вызвало в ряде стран, например, в Австралии, массовую востребованность доступных технологий хранения и накопления энергии.

В ближайшее десятилетие мощность индивидуальных систем хранения энергии увеличится до 80 ГВт, а ежегодный рост производства систем промышленного накопления энергии составит 25–35%. Существенные инвестиции в данном сегменте планируют Китай и Индия. Считается, что на данном уровне развития технологий система накопления энергии увеличивает автономность домашнего хозяйства с 25% до 65%. Ряд национальных стратегий в области ВИЭ формирует систему налоговых льгот по стимулированию применения систем хранения энергии. Например, австралийская партия зеленых разработала ряд инициатив по помощи домохозяйствам, использующим системы хранения возобновляемой энергии вне зависимости от их дохода.

Несколько слов об ожидаемом влиянии инновационного рывка хранения энергии в промышленном масштабе. Предполагается, что совершенствование промышленного хранения энергии позволит отказаться от содержания теплоэлектростанций для покрытия пиковых спросов потребления. Если в настоящее время на долю ТЭС приходится около 60% мировых мощностей, то к 2040 году эта доля снизится более чем вдвое[36].

Отметим, что на сегодняшний день мощность крупнейшей аккумуляторной станции, расположенной в Южной Австралии, составляет 100 МВт (Tesla, емкость литий-ионных блоков 129 МВт/ч), обеспечивает бесперебойной электроэнергией порядка 30 000 домовладений, что в три раза эффективнее предыдущих моделей.

Предполагается, что рынок хранения возобновляемой энергии будет динамично развиваться и в ближайшее десятилетие достигнет суммарной мощности 125 ГВт (при емкости 305 ГВт/ч), сконцентрировав 100 млрд долларов США инвестиций[37]. Две трети всех мощностей систем накопления энергии сосредоточатся в США, Германии, КНР, Индии, Великобритании, Японии, Южной Корее и Австралии. Рынок хранения электроэнергии США проявит не менее динамичный рост, достигнув 4 млрд долларов США за ближайшие два года (при 0,3 млрд долларов США в 2017 году), несмотря на то, что около одной трети потребителей в США имеют системы хранения и распределения энергии[38], а традиционные литий-ионные аккумуляторы удешевляются в среднем на десять процентов ежегодно, уменьшаясь и в размерах.

Кроме литий-ионных аккумуляторов развиваются и другие инновационные технологии накопления энергии, среди которых: гидроаккумуляторы, сжатый воздух, Solar Reserve и проточные редокс-системы.

Гидроаккумуляторы представляют собой два разноуровневых резервуара, и при отсутствии спроса на возобновляемую энергию, она направляется на подъём носителя в верхний резервуар, при возникновении спроса или пиковой нагрузки, носитель возвращается самотоком через гидрогенератор в нижний резервуар. ФРГ применяет для данных целей законсервированные угольные шахты или специальные контейнеры на дне моря.

В Канаде компания Hydrostor использует свободную энергию для сжатия воздуха и при пиковом спросе сжатый воздух раскручивает электрогенератор, несмотря на то, что данная технология достаточно дорогостоящая, Hydrostor продолжает разработки промышленного адиабатического компрессора.

Технология Solar Reserve использует энергию Солнца для нагревания соли, после чего получен-

35 Ciel & Terre starts construction on the world's largest floating PV plant.https://www.pv-magazine.com/2017/06/27/ciel-terre-starts-construction-on-the-worlds-largest-floating-pv-plant/

36 Global Storage Market to Double Six Times by 2030. https://about.bnef.com/blog/global-storage-market-double-six-times-2030/

37 Bloomberg New Energy Finance https://about.newenergyfinance.com

38 Almost a third of consumers own some form of a distributed energy resource https://www.solarpowerworldonline.com/2017/11/almost-third-consumers-reported-form-distributed-energy-resources/

ный пар используется электрогенератором или хранится 3–4 часа в виде расплавленной соли. Данная технология успешно отработана в ОАЭ[39]. Специалисты Технологического института Джорджии (США) предложили заменить солевой носитель на жидкий металл.

Проточные редокс-системы состоят из цистерн с электролитом, работающих по принципу окислительно-восстановительных проточных батарей, которые надежны в эксплуатации и имеют достаточный срок службы[40]. ФРГ планирует построить крупнейшую проточную батарею.

Существуют и перспективные технологии непрямого накопления энергии, в дальнейшем используемые для охлаждения зданий промышленного масштаба. При избытке возобновляемой энергии вода замораживается в специальных цистернах, которая в светлое время суток оттаивает естественным путем, охлаждает помещения, не потребляя электроэнергии[41].

Таким образом, возобновляемая энергетика стимулируют развитие локальной экономики, экономит средства на покупку традиционной энергии, оставляя их на развитие регионов и повышение уровня жизни.

**Взаимосвязь с цифровизацией**

Необходимо отметить, что возобновляемая энергетика кроме технологических инноваций, формирует востребованность и процессных управленческих инноваций, заложенных в цепочке блоков транзакций (блокчейн), представляющих собой значительную базу данных открытого доступа, без посредников, что в перспективе будет способствовать более эффективному управлению транзакциями на рынке электроэнергии. Кроме того, создана экокриптовалюта соларкоин, активизирующая выработку солнечной энергии. Используемая с методом защиты хранения определённого количества средств (Proof of take time), она начисляет 1 соларкоин за МВт солнечной энергии. При этом происхождение энергии нужно обязательно подтвердить. В перспективе соларкоин стимулирует новых производителей возобновляемой энергии.

Появление инновационного типа передачи и распределения энергии посредством управления микросетями для локальных потребителей (Microgrid) получает все большое распространение. Проект Brooklyn Microgrid запускается посредством блокчейн-платформы (Ethereum), которая вне человеческого фактора и в режиме реального времени формирует базу данных о транзакциях и потреблении энергии, автоматически регулируя объёмы выработки и потребления. Развивающиеся страны также активно используют Microgrid, в частности, Нигерия подготовила проект, состоящий из трех сотен микросетей для обслуживания порядка 250 000 потребителей.

**Экономические аспекты «зеленой» энергетики**

Завершая обзор инновационных технологий на базе возобновляемой энергии, отметим, что в отличие от традиционных крупных электростанций, они не только требуют меньше времени на их установку, но и позволяют экономить значительные средства (в дополнение к выше рассмотренному потенциалу сбережения ВИЭ), отказываясь от возведения и дальнейшего обслуживания инфраструктурных сооружений передачи электроэнергии на значительные расстояния, что минимизирует влияние одной из основных составляющих длинных циклов Кондратьева [Кондратьев Н.Д., 2002. С. 75] на своевременное обновление энергопередающей инфраструктуры. На второй фазе цикла Кондратьева – вершине – обычно фиксируется возрастание цен на энергоносители на фоне роста деловой активности. Производство энергии из возобновляемых источников, не имеющих конъюнктурных всплесков, минимизирует влияние данного фактора.

К рассматриваемым выше по ряду стран особенностей государственного регулирования баланса соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии, добавим и такой свершившийся факт: крупнейшие мировые корпорации, использующие ископаемые невозобновляемые ресурсы, такие как Chevron, Shell, Exxon, BP, Petrobras, Statoil, Eni, нарастили доли инвестиций в технологии возобновляемой энергии в размере порядка 10 млрд долларов США.

Инвестиции направлены на применение генераторов солнечной и ветровой энергии не только для диверсификации рисков уменьшения использования ископаемого топлива, но и извлечение прибыли от перспективных технологий. Shell планирует довести вложения в возобновляемую энергетику до 1 млрд долларов США ежегодно к 2020 году. Компания BP приобрела 4% европейского производителя солнечных панелей Lightsource. Кроме этого, BP примет на работу восемь тысяч сотрудников для обслуживания ветрогенераторов, расположенных в США, и работы на заводах по производству биотоплива в Бразилии[42].

---

39 Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park http://renewnews.ru/mohammed-bin-rashid-al-maktoum-solar-park/

40 Wer baut die größte Batterie der Welt?https://www.n-tv.de/wissen/Wer-baut-die-groesste-Batterie-der-Welt-article20146833.html

41 When It Comes To Energy Storage, Don't Leave Ice Out In The Coldhttps://www.forbes.com /sites/peterdetwiler/2015/10/27/when-it-comes-to-energy-storage-dont-leave-ice-out-in-the-cold/#6fd a45a77804

42 BP инвестирует $200 млн в солнечную энергетику.https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/12/15/745502-bp-investiruet-200-mln

Кроме освоения инновационных технологий нефтегазовые компании начали процесс обучения своих сотрудников новым компетенциям в возобновляемой энергетике: канадская Iron and Earth в текущем году обучит тысячу работников газового сектора работе с солнечными панелями[43]. Есть и другие примеры: ФРГ, в связи с постепенным отказом от использования угля, модернизирует бывшую шахту в Ботропе (Рурский регион, Северный Рейн-Вестфалия) в гидроаккумулирующую станцию, накапливающую преобразованную энергию солнца и ветра, сохраняя локальные рабочие места. Аналогично, компания Three Gorges New Energy Co в Китайской Народной Республике трудоустроила бывших шахтеров на плавающей солнечной электростанции, созданной на месте выработанного угольного карьера.

Отметим также, что в ЕС более 50% угольных электростанций не приносят прибыли и используются для обеспечения пиковой нагрузки, ожидая совершенствования систем промышленного накопления энергии. Так же показательны планы Финляндии уже в текущем году прекратить использование угля при производстве электроэнергии, в то время как Индия уже готова к закрытию примерно 40 угольных шахт с постепенной заменой их на дополнительный 1 ГВт солнечной генерации с соответствующим переобучением персонала.

**Выгоды и преимущества развития возобновляемой энергетики для отечественной экономики**

Кроме всех вышеперечисленных плюсов стратегического балансирования применения возобновляемой и невозобновляемой энергетики, массовое использование ВИЭ в отечественной энергетике позволило бы минимизировать, а со временем и прекратить практику замены рыночных цен на электроэнергию вводом регулируемого тарифа (вносит искажение в рыночное ценообразование). Например, в Карелии, которая стала уже девятым регионом страны, вернувшимся на регулируемый тариф[44], ВИЭ в перспективе понизит дифференциацию тарифов в разных территориальных округах, которая в 2016 году достигла 8,5 раз, что способствовало бы снижению регионального расслоения и выравниванию уровня и качества жизни в целом по стране.

Постепенное замещение использования традиционных носителей энергии, как вида топлива, простимулирует развитие их глубокой переработки и реализации с более высокой добавленной стоимостью.

Значительный потенциал сбережения ВИЭ положительно повлиял бы на местную экономику удаленных от централизованных систем энергоснабжения регионов, где, по экспертным оценкам, около 10 миллионов жителей получают электроэнергию от дизельных генераторов, зависящих от стоимости привозного топлива и от его своевременной доставки до региона.

Государственное поэтапное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергетики привело бы не только к созданию новых рабочих мест в национальной экономике, но и к эффективному замещению устаревших мощностей, особенно в микрогенерации, а также удовлетворению пикового спроса на электроэнергию, уменьшению количества энергодефицитных регионов, повышению надежности энергообеспечения регионов, снабжающихся привозным или дальнепривозным топливом и минимизации доминирующего регионального топливного ресурса.

Возможно, следует частично пересмотреть 10-летнюю программу модернизации устаревших теплоэлектростанций общей мощностью 40 ГВт стоимостью около триллиона рублей, не увеличивая риски инновационно-технологического разрыва с глобальными мировыми трендами, направив часть средств на развитие более прогрессивных технологий цифровой энергетики, перечисленных выше.

Создание цифровых систем баланса распределенного потребления и спроса не только простимулирует разумный баланс между традиционной и возобновляемой энергетикой, но и позволит уйти от диспетчерских систем (субъективного человеческого фактора) балансировки пиков потребления. Данные технологии ускорят появление энергетических просьюмеров (producer + consumer, объединение функций производства и потребления [Тоффлер, 2009. С. 205]), что, в свою очередь, будет способствовать как росту занятости, так и стабильности поставок, выравниванию нагрузки на локальные сети. Формируемые значительные мультипликативные эффекты от реализации проектов возобновляемой энергетики возрастут при применении офсетных контрактов, стимулирующих локализацию производства оборудования ВИЭ.

Государственное регулирование баланса возобновляемой и невозобновяемой энергии может делегироваться и на региональный уровень с учетом оптимальной доли ВИЭ в топливно-энергетическом балансе регионов, наиболее пригодных для экономического развития производства конкретных видов возобновляемых источников, а государственный заказ мог бы стать целевым инструментом, обеспечивая плавный переход от поддерживающих традиционную энергетику производств к инновационной промышленности будущего. Придется при-

43 Компания Ironand Earth планирует открыть краткосрочные курсы для подготовки специалистов в области возобновляемых источников энергии https://arwe-expo.ru/news/the-company-is-iron-and-earth-is-planning-to-open-short-term-courses-for-training-specialists-in-the.html

44 Правительство продолжает сужать энергорынок. Карелию отправили к Чечне и Туве. https://www.kommersant.ru/doc/3527982

знать тот факт, что ключевую стадию активного внедрения ВИЭ – формирование организационной структуры и институциональных рамок их развития при политической и информационной поддержке процесса – мировая экономика уже прошла.

**Заключение**

Крупные мировые компании, их лидеры признают преимущества возобновляемой энергетики. Intel полностью перешел на возобновляемую энергию[45]. Билл Гейтс пожертвовал два миллиарда долларов США для «смены нерадивого подхода борьбы с изменением климата»[46]. Фонд Рокфеллеров, выводя инвестиции из традиционной энергетики, отметил их бессмысленность с финансовой и этической точек зрения, поскольку «мировое сообщество работает над сокращением использования ископаемого топлива»[47]. К нему присоединилось свыше 59 тысяч частных инвесторов, распродающих свои активы в секторе ископаемого топлива. World Bank Group принял решение не инвестировать в нефтегазовые активы с 2019 года, как и Нефтяной фонд Норвегии. Калифорнийский университета Стэнфорда и Дэвиса выступил с категоричным заявлением о полном отказе мировой энергетики от невозобновляемых источников и переходе на ВИЭ в 2030 году [Jacobson M.Z, Delucchi M.A., 2009. p. 55]. Позже прогноз был скорректирован до 80% возобновляемой энергии к 2030 году и 100% к 2050 году[48]. Этот тренд предполагает перевод на возобновляемую энергию 139 стран, создание примерно 52 миллионов новых рабочих мест. Общемировые инвестиции в возобновляемую энергетику к 2030 году могут составить до 7 триллионов долларов[49].

Оценивая столь оптимистичные прогнозы развития ВИЭ, отметим, что уже в среднесрочной перспективе большинство стран смогут существенно понизить использование ископаемых ресурсов, включая их импорт, решив ряд финансовых и экологических проблем. Оценка мультипликативных эффектов инвестиций в ВИЭ позволяет сделать вывод, что абсолютно все экономики мира могут извлечь значительную выгоду от интенсивного развития возобновляемой энергетики в разумном балансе с традиционной энергетикой.

45 Intel является лидером в пятерке крупнейших потребителей зеленой энергии в США. http://aenergy.ru/4114/

46 Билл Гейтс жертвует $ 2 млрд. на исследования возобновляемых источников энергии. http://www.city-n.ru/view/368350.html.11.2015/

47 Фонд Рокфеллеров перестает инвестировать в углеводороды. РИА Новости http://ria.ru/economy/20160324/1395852329.html#ixzz43nVE4GiW/

48 A world powered by the wind, water, and sun is not only possible – it's already happening http://thesolutionsproject.org

49 BNEF. http://aenergy.ru/3873/

**Литература**

*Жуков С.В.* Азиатские энергетические сценарии 2030. Москва, Магистр. 2012. 336 с.

*Кондратьев Н.Д., Яковец Ю.В.(сост.)* Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Москва, Экономика. 2002. 768 с.

*Пискулова Н.А., Костюнина Г.М., Абрамова А.В.* Климатическая политика основных торговых партнеров России и ее влияние на экспорт ряда российских регионов. Москва, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. 153 с.

*Тоффлер Э.,* Третья волна. Пер. с англ. К.Ю. Бурмистрова и др. Москва, АСТ, 2009. 795 с.

*Шкрадюк И.Э.* Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире. Москва, WWF России, 2010. 88 с.

China's Policies and Actions for Addressing Climate Change. Information Office of the State Council. The People's Republic of China. Beijing, 2011. November. 55 p.

*Jacobson M.Z., Delucchi M.A.* A path to sustainable energy by 2030 Scientific American. 2009. November. P. 58–65.

**References**

China's Policies and Actions for Addressing Climate Change. Information Office of the State Council. The People's Republic of China. Beijing, 2011. November. 55 p. In English

*Jacobson M. Z., Delucchi M. A.* A path to sustainable energy by 2030 Scientific American. 2009. November. P.58-65. In English

*Kondratev N. D., Yakovec Y. V. (compiler)* Large cycles of conjuncture and the theory of foresight. Moskva, Ekonomika, 2002. 768 p. In Russian

*Piskulova N. A., Kostyunina G. M., Abramova A. V.* Climate policy of the main trade partners of Russia and its impact on the export of a number of Russian regions. Moskva, Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF), 2013. 153 p. In Russian

*Shkradyuk I. E.* Trends in the development of renewable energy sources in Russia and in the World. Moskva, WWF of Russia, 2010. 88 p. In Russian

*Toffler E.* Third wave. Translation from English by Burmistrov K. Y. and others. - Moskva, AST, 2009. 795 p. In Russian

*Zhukov S. V.* Asian energy scenarios 2030. Moskva, Magistr, 2012. 336 p. In Russian