DOI: 10.22394/2070-8378-2021-23-4-51-58

# Экологические особенности использования возобновляемой энергии в свете достижения Целей устойчивого развития

**АЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ БУЧНЕВ,** **кандидат экономических наук, экономист**
**ПАО «Транснефть» (Российская Федерация, 123112, Москва, Пресненская набережная, 4/2). E-mail: aobuch@mail.ru**

**Аннотация:** В статье рассматриваются экологические особенности активного применения возобновляемой энергии и ее влияние на процесс декарбонизации на примере стран Европейского союза для достижения Целей устойчивого развития. Даны сравнительные оценки экологических последствий применения возобновляемой и атомной энергии на базе оценки углеродного следа данных видов энергии, сравнительного анализа вредных веществ за жизненный цикл генератора электрической энергии, оцениваются возможности отнесения атомной энергии к возобновляемым источникам энергии. Рассматривается стимулирующая роль регулятивного документа EU Taxonome, разработанного Европейским союзом, институционально встраиваемого в политику государственного регулирования сопряженного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики, осуществляющего активную поддержку субъектам инновационно-инвестиционной деятельности, которые формируют лучшие показатели в секторе или отрасли по уровням выбросов парниковых газов, не препятствуя разработке и внедрению низкоуглеродных альтернатив, в том числе на основе принципов ESG. Особое внимание посвящено вопросам утилизации отслужившего свой эксплуатационный срок оборудования, включая такие перспективные направления, как технология сольволиз. Автором предложен ряд рекомендаций по дальнейшему совершенствованию данного направления деятельности. Показана роль экологических издержек в тарифах на производство электрической энергии из различных видов первичных источников энергии. Исследован вклад национальных экономик стран, не входящих в Европейский союз, обеспечивших стабилизацию и снижение выбросов углекислого газа в мировом масштабе.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, соотношение возобновляемой и невозобновляемой энергии, экология возобновляемой энергии, ESG, безуглеродное развитие экономики

Статья поступила в редакцию 12 августа 2021 года.

*Бучнев А.О.* Экологические особенности использования возобновляемой энергии в свете достижения Целей устойчивого развития. *Государственная служба*. 2021. № 4. С. 51–58.

## ECOLOGICAL FEATURES OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY IN THE CONTEXT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

**ALEXANDER OLEGOVICH BUCHNEV,** **Candidate of Sci. (Economics), economist**
**JSC Transneft (4/2, Presnenskaya embankment, Moscow, 123112, Russian Federation). E-mail: aobuch@mail.ru**

**Abstract:** The article discusses the environmental features of the active use of renewable energy and its impact on the decarbonization process on the example of the EU countries to achieve sustainable development goals. The materials consider the comparative assessment of environmental impacts of renewable and nuclear energy in the context of assessing the carbon footprint of these types of energy, comparative analysis of harmful substances over the life cycle of an electric power generator, and the possibility of referring nuclear energy to renewable energy sources. The article discusses the stimulating role of the EU Taxonomy regulatory document, which was specially developed in the European Union. The document is part of the state regulatory policy in the conjugate development of renewable and non-renewable energy; the paper provides active support to subjects of innovation and investment activities, demonstrating the best performance in their segment or industry in terms of greenhouse gas emissions, and does not prevent the development and implementation of new low-carbon alternatives, including based on ESG. Particular attention is paid to the disposal of end-of-life equipment, including such promising areas as solvolysis technology. The author offers a number of recommendations for further improvement in this area of activity. The article shows the role of environmental costs in the tariffs for electricity production from different types of primary energy sources. The author examines the contribution of national economies of countries outside the European Union that have stabilized and reduced carbon dioxide emissions on a global scale.

**Keywords:** renewable energy sources, the ratio of renewable and non-renewable energy, ecology of renewable energy, ESG, carbon-free development of the economy

The article was received on August 12, 2021.

*Buchnev A.O.* Ecological features of the use of renewable energy in the context of the Sustainable Development Goals. *Gosudarstvennaya sluzhba*. 2021. No. 4. P. 51–58.

**Введение**

Первоначальным импульсом ускорения массового применения возобновляемых источников энергии стала высокая волатильность цен на ископаемое сырье и возможность существенной экономии значительных средств национальными бюджетами на их приобретение. Достаточно отметить, что постоянное инновационное совершенствование генераторов электрической энергии, использующих возобновляемые источники, практически непрерывное повышение их удельной производительности и снижение себестоимости привели к ускоренному выполнению стратегических планов, связанных с активным увеличением доли возобновляемых ресурсов по отношению к традиционной энергетике. Например, временной период достижения 12,5 % возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в производстве электроэнергии планировался на 2010 год, но был достигнут к 2007 году [Renewable energy…, 2009. P. 59].

Важно отметить, что стремительный рост введенных мощностей на базе ВИЭ стал прямым следствием высокой инновационной и инвестиционной емкости данного рынка. Накопленные инвестиции с 2010 года приблизились к 3 трлн долларов США, а солнечная и ветровая генерации (при определенных условиях) становятся более экономически оправданными решениями относительно традиционных источников энергии[1]. Использование возобновляемых источников энергии стимулирует сопряженные отрасли экономики и способствует росту высококвалифицированной рабочей силы. Также бесспорным преимуществом возобновляемой энергетики стала ее экологическая составляющая. В 2013 году углеродные выбросы снизились благодаря ВЭИ на 1,2 млрд тонн, что заложило основы политики декарбонизации мировой экономики[2].

Таким образом, ВИЭ выходят за рамки исключительно энергетической сферы и становятся универсальным инструментом, оказывающим благоприятное влияние на экономику, социальную сферу, экологию – или, иными словами, на триаду устойчивого развития.

**Европейские тенденции декарбонизации экономики**

Рассмотрим процесс декарбонизации энергетики и экономики на примере Европейского союза, который поставил задачу по выстраиванию к 2050 году климатически нейтральной экономики на основе энергетического перехода к активному использованию возобновляемых источников энергии.

Одним из первых ученых, поставивших важную этическую проблему о необходимости распределения стоимости электрической энергии современных тепловых генераций на поколения будущего, которые будут лишены невозобновляемых ресурсов в силу их исчерпанности, был академик Ж.И. Алферов [Алферов, 2010. С. 9]. Поэтому можно говорить не только об экологической, но и в достаточной степени о гуманистической составляющей использования возобновляемой энергии. Ее ключевая роль состоит в сохранении экологического и климатического равновесия не только для живущих сегодня на Земле, но и для будущих поколений.

Существенной экологической особенностью применения возобновляемой энергии в странах ЕС является ее постоянная нацеленность на процесс декарбонизации экономики [Громов, 2020. С. 16-31]. Подготовленный ассоциацией Eurelectric индикативный сборник Power Barometer отмечает, что уже более 65 % европейской электроэнергии, выработанной в первом полугодии 2020 года, не имеет выбросов углерода[3].

Не менее важной составляющей использования возобновляемой энергии авторы индикативного сборника считают показатель снижения использования ископаемого топлива на 18 %. Этот результат опережает долговременную стратегию Европейского союза по отказу от угольной генерации, которая предполагает завершение ее применения к 2030 году в двадцати странах ЕС. Стоит подчеркнуть, что сегодня в импорте электроэнергии Европейского союза из стран, не уделяющих должного внимания развитию возобновляемой энергетики, интенсивность углеродного следа выше в три раза, чем в странах ЕС[4].

В конце 2019 года ЕС разработал плановые показатели создания безуглеродной экономики к 2050 году, известные как Green Deal. План закрепляет ключевые понятия минимизации выбросов $CO_2$ на основе активного применения ВИЭ (возобновляемые источники энергии), к 2030 году они должны составить 55 % по отношению к показателям 1999 года, что на 15 % выше планировавшихся ранее цифр. Причем для этого достаточно достичь доли в две трети ВИЭ в мировом балансе мощностей электроэнергии [Бакштанин, Глазунова, Матвеева, 2021. С. 13-17].

Отметим появление и становление принципов ESG (environmental, social, governance) как определенную совокупность присущих компании характеристик, оценивающих степень ее эффективности в экологических, социальных и управленческих решениях, направленных на устойчивое развитие как самой компании, так и окружающей ее экологической, социальной и экономической среды. Вполне очевидно, что появление эколого- и социально ответственных инвесторов, оценивающих возможные инвестиции с точки зрения принципов ESG, стимулирует компании соответствовать современным трендам как в отношении создания безуглеродной продукции, так и в

1 Renewable Investment. https://www.bloomberg.com/graphics/climate-change-data-green/investment.html

2 Global Trends in Renewable Energy Investment, 2014. http://www.fs-unep-centre.org

3 https://www.eurelectric.org/power-barometer/

4 Доля ВИЭ в выработке электроэнергии в ЕС достигнет 60 % к 2030 году. https://energy.hse.ru/Wiie

социально-экономических отношениях с собственным персоналом, внешними организациями и потенциальными инвесторами.

Не менее авторитетный доклад компании Ember (Великобритания)[5] констатирует опережение доли возобновляемых источников энергии за первое полугодие 2020 года по отношению к невозобновляемым, сравнивая уже известные нам 40 % ВИЭ с 34 % ископаемого топлива (6 % – газ, 32 % – уголь). Доля электростанций на базе ВИЭ выросла на 11 %. Если вычесть мощности гидро- и биоэлектростанций, то чистая доля солнечной и ветровой энергетики составила 22 %. Соответствующий рост 2020 года по отношению к 2019 году достиг 4,4 %. Ожидается, что по итогам 2021 года динамика прироста установленных мощностей возобновляемой энергетики сохранит набранный темп. Доклад подчеркивает и экологические особенности применения возобновляемой энергетики в странах Евросоюза: в Дании доля ветровой и солнечной энергии приблизилась к 2/3 от общей доли выработанной в стране энергии, а Польша осталась «лидером» в ЕС по угольной генерации.

**Регуляторная деятельность Евросоюза в процессе декарбонизации**

Для успешного воплощения в жизнь упоминаемой выше Green Deal Европейский союз разработал регулятивный документ EU Taxonome. По сути, документ определяет институциональные ключевые цели, способствующие устойчивому экологическому развитию ЕС[6], достижение которых вносит существенный вклад в смягчение последствий изменения климата, адаптацию к изменению климата, бережливое применение и сохранение водных ресурсов, создание экономики на циркулярных принципах, противодействие загрязнению окружающей среды, защиту и восстановление биоразнообразия и экосистем, является основополагающим ключевым инструментом, стимулирующим дальнейший процесс декарбонизации в Европейском союзе.

Данный документ вводит конкретное понятие «стимулирующей деятельности», которая рассматривается как вносящая существенный вклад в достижение одной или нескольких вышеперечисленных экологических целей. Кроме того, он является определенным ориентиром для инвесторов, поддерживающих переход к климатически нейтральной экономике, где подразумевается ограничение повышения температуры до 1,5 °С выше доиндустриального уровня.

Не менее важной экологической особенностью документа является поддержка инвестиционной деятельности, имеющей уровни выбросов парниковых газов, соответствующие лучшим показателям в секторе или отрасли, не препятствующей разработке и внедрению низкоуглеродной альтернативы и, что достаточно важно, не приводящей к блокированию углеродоемких активов, учитывая экономический срок службы этих активов.

Важным экологическим аспектом принятого документа является требование раскрытия информации о компаниях – объектах инвестиций. Подобная открытость должна позволять инвестиционным фондам сообщать о доле своего фонда, инвестированного в деятельность, согласованную с таксономией, для каждой компании – объекта инвестиций. Если экономическая деятельность конкретной компании соответствует техническим критериям отбора EU Taxonome и вносит существенный вклад в смягчение последствий изменения климата, то используемая ею технология получает соответствующие меры институциональной поддержки.

Компании, раскрывающие свои капитальные вложения в экономическую деятельность в рамках плана, подлежащего приведению в соответствие с EU Taxonome, должны предоставлять полную информацию для построения «зеленых» портфелей, а также для анализа планов перехода компаний и/или показателей и стратегий экологической устойчивости. Таким образом, включение в EU Taxonome той или иной технологии повышает ее жизнеспособность и обеспечивает ей существенные меры институциональной поддержки.

Широко известное «Руководство по энергетической статистике» Международного энергетического агентства [Мандил, 2007. С. 18] формирует следующую классификацию ВИЭ: солнечная, ветровая, гидроэнергетическая, геотермальная энергия, энергия приливов и отливов, твердая и жидкая биомасса, биогазы, отходы. При этом ряд стран Европейского союза настойчиво добиваются расширения понятия возобновляемой энергетики.

**Специфика атомной энергетики**

Стоит отметить особую специфику атомной энергетики, которую в принципе нельзя отнести к возобновляемым источникам энергии. Однако ряд стран ЕС во главе с Францией предлагает приравнять этот вид энергии к ВИЭ, хотя по сравнению с использованием возобновляемой энергии атомные электростанции – потенциально опасный источник загрязнения природной среды.

Франция, как лидер использования АЭС, а также Чехия и еще пять стран ЕС настаивают на признании атомной энергии полноправно относящейся к возобновляемой энергетике. Этой позиции активно противостоит Германия (а также Италия и еще 17 стран ЕС), делая упор на наносящую урон экологии технологию захоронения радиоактивных отходов. Эксперты JRC (Joint Research Center) подготовили отчет о современных технологиях атомной энергии, ее стадиях,

5 В Евросоюзе ВИЭ впервые опередили ископаемое топливо в генерации электроэнергии. https://renen.ru/vie-vpervye-operedili-iskopaemoe-toplivo-v-generatsii-elektroenergii-v-es/

6 EU Taxonomy Regulation. https://www.ey.com/en_lu/wealth-asset-management/luxembourg-market-pulse/eu-taxonomy-regulation

последствиях, включая экологические, в том числе о хранении отходов. В отчете приводится сравнительный анализ вредных веществ за жизненный цикл генератора электрической энергии, включая $CO_2$, PM2.5 (мелкодисперсного аэрозоля размером 2,5 мкм), $NO_X$ (оксидов азота), $SO_2$ (двуокиси серы), доказывается их соразмерность в жизненных циклах генераторов ветровой, солнечной и атомной энергии [Technical assessment…, 2021. P. 221].

Однако атомная энергетика потребляет несоизмеримо больший водный ресурс и формирует существенное тепловое загрязнение (испарение воды в градирнях, перегрев охлаждающих водоемов, искусственную инверсию температур над источником, развивающим микроциркуляцию атмосферы, меняющей микроклимат и ускоряющей перенос загрязнений). Эксперты утверждают, что усредненный углеродный след атомной энергии (28 г/кВт*ч) выше, чем у ГЭС и ВЭС (26 г/кВт*ч), но ниже чем у СЭС (48 г/кВт*ч, причем по причине использования ископаемой энергии в КНР у ряда СЭС этот параметр доходит до 85 г/кВт*ч) и биоэнергии (45 г/кВт*ч). Отметим, что у газовой генерации он составляет 500 г/кВт*ч, угольной – 888 г/кВт*ч, при пороге включения в EU Taxonome в 100 г/кВт*ч.

Доклад допускает наличие технологий относительно безопасного захоронения отходов в глубоких скальных отложениях, но подчеркивает отсутствие единого мнения у экспертов по данному поводу.

Приведем в пример выводы исследования Университета Сассекса, которое на двадцатипятилетнем временном горизонте рассмотрело 123 национальные экономики. Страны были разделены на три группы: развивающие только ВИЭ, развивающие одновременно атомную энергию и ВИЭ и развивающие исключительно атомную энергию[7]. Тридцать стран сделали ставку на атомную энергию, а сто семнадцать стран – на возобновляемую энергию. Соответственно, исследование выделяет также страны, развивающие оба вида энергии.

Относя к приверженцам атомной энергии Китай, Россию, США, Францию, Индию, Пакистан (перечислены только крупные производители), а ко второй группе – Германию, Данию, Исландию и другие страны, авторы делают вывод, что одновременное развитие обоих видов энергии не эффективно как из-за отвлечения средств, так и из-за отсутствия корреляции развития атомной энергии и снижения вредных выбросов. Это связано не только с высокой стоимостью утилизации отработанных отходов атомной энергии и потенциально опасного ущерба окружающей среде, описанного выше, но и с существенно возросшей стоимостью строительства новых энергоблоков (в том числе из-за ужесточения мер безопасности эксплуатации), большим сроком строительства, существенной разовой концентрацией инвестиций в строительство АЭС, что не требуется при использовании возобновляемых источников энергии.

**Особенности утилизации отработавшего оборудования**

Необходимо отметить, что ряд российских нефтяных компаний, например ПАО «Лукойл», задумались об инвестициях в возобновляемые источники энергии именно с целью снижения вредных выбросов. Так, в рамках реконструкции комплекса сооружений Краснополянской гидроэлектростанции, включающей малую ГЭС мощностью 1,5 МВт, «Лукойл» увеличила долю возобновляемой энергии до 6 % в общем балансе коммерческой выработки электроэнергии, отметив, что возобновляемые источники энергии будут способствовать снижению вредных выбросов на 500 тысяч тонн $CO_2$-эквивалента в год[8]. «Лукойл» – одна из немногих отечественных компаний, инвестирующих в выработку электроэнергии на основе ветра на базе ветропарка Land Power (84 МВт), солнечные электростанции в Волгограде, Румынии, Болгарии (21 МВт) и гидроэнергию (291 МВт)[9]. А крупнейшая в мире нефтетранспортная компания «Транснефть» осваивает применение ключевых видов возобновляемой энергии для последующего использования в рамках собственных нужд.

Более подробное развитие возобновляемой энергетики в отечественных условиях, рассмотрение проблем и перспектив отрасли требует отдельного исследования, здесь же остановимся на ряде аспектов утилизации отработавшего оборудования ВИЭ.

Так, стадия утилизации генераторов ВИЭ – одна из важных экологических составляющих их жизненного цикла. Как и любое оборудование, имеющее понятие физического износа, срока и норм амортизации, определяемых требованиями бухгалтерского и налогового учета, так и генераторы возобновляемой энергии подлежат своевременной замене и утилизации. Общеизвестно, что постоянное использование модифицирующих инноваций при замене оборудования повышает удельную производительность генераторов (с 1 МВт до 14 МВт – и это не предел). Рассмотрим, как процессы утилизации продлевают использование бывшего в употреблении оборудования.

По предварительным оценкам, в Европейском союзе подойдут к предельному сроку службы около 14 тысяч ветроприводов и генераторов (лопастей) к 2023 году[10].

---

7 Атом, солнце или ветер: ученые выяснили, что экологичнее. https://www.gazeta.ru/science/2020/10/13_a_13318051.shtml?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&nw=1602617489000

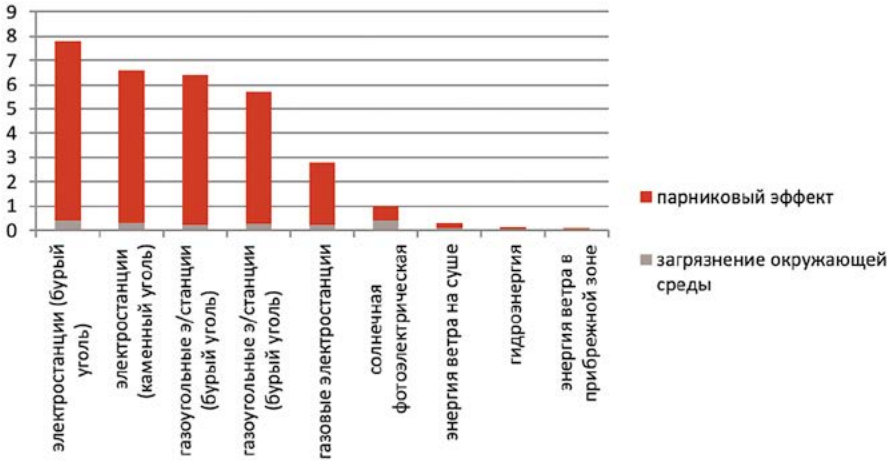
8 «Лукойл» увеличит выработку зеленой энергии. https://rueconomics.ru/471305-lukoil-uvelichit-vyrabotku-zelenoi-energii?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&nw=1602618064000

9 «Лукойл» нарастит выработку зеленой энергии после модернизации ГЭС. https://lenta.ru/news/2020/10/12/lukoil/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&nw=1602618064000

10 Европе предстоит утилизировать 14 тысяч лопастей ВЭУ. https://rawi.ru /2020/06/evrope-predstoit-utilizirovat-14-tysyach-lopastey-veu/

**Рисунок 1. Внешние издержки генерации электроэнергии посредством ВИЭ и ТИЭ в евроцентах / кВт*ч**

**Figure 1. External costs of electricity production by RES and CES in Eurocents / kWh**




Группа экспертов WindEurope отмечает сложившуюся практику утилизации ветроустановок, включая составляющие несущей конструкции и самой гондолы, где расположены механизмы управления и генератор. Уровень переработки достигает 90 % от общей массы. Так, использование композитных материалов для обеспечения долговечности лопастей и минимизации их веса усложняет технологию переработки. Учитывая это обстоятельство, специализирующиеся на утилизации немецкие компании объявили о расширении своих производственных мощностей, позволяющих использовать переработанные материалы при производстве некоторых видов цемента.

Эксперты Cefic (Совет химической промышленности ЕС) совместно с EUCIA (Ассоциация производителей композитов ЕС) о мечают необходимость развития и других инновационных технологий переработки. Приоритетным направлением называют использование расщепления ионами растворителя (технология сольволиз) и сепарацию сложных молекул под тепловым воздействием на простые звенья (пиролиз).

Однако, по мнению автора, представляется целесообразным существенно уменьшить энергоемкость предложенных технологий, провести отдельное исследование для сравнения энергии, выработанной за весь жизненный цикл ветрогенератора, с энергией, требующейся на его утилизацию. Учитывая возрастающий интерес к возобновляемой энергетике в нашей стране, необходимо уже сегодня при оценке привлекаемых и локализуемых технологий принять во внимание экологичность процессов их дальнейшего внедрения.

### Экономические и экологические выгоды

Автор не раз обращался в своих работах к особенностям институционального и технологического успеха Китайской Народной Республики в активизации использования возобновляемой энергии и средств для ее получения[11]. В рамках данной статьи отметим, что национальное министерство промышленности и информационных технологий постоянно обновляет промышленные стандарты качества[12], поскольку уже в ближайшем десятилетии планируется строительство крупных солнечных электростанций общей мощностью порядка 0,5 ТВт с минимальным углеродным следом производства. Необходимо отметить, что и в производстве солнечных батарей, где, как известно, лидером является Китай, постоянно ужесточаются экологические требования.

Постепенно ужесточая экологические нормы предельных затрат на используемую воду и энергию, а также повышая стандарты качества производства, Китай стимулирует генерацию инноваций в технологическом процессе, обязав компании данного направления финансировать разработку новых производственных технологий в объеме не менее трех процентов от общего оборота компаний.

По итогам 2019 года только выпуск новых солнечных электростанций превысил мощность 170 ГВт, или, что более впечатляюще, 94 % от всего мирового производства солнечных батарей (около 80 % производств локализовано в Китае, как и 70 % производств поликремния, необходимого для создания гелиопанелей).

Отметим и такую важную особенность, которую можно отнести как к экономической, так и к экологической эффективности возобновляемой энергии. Довольно продолжительное время наблюдалось определенное искажение оценки экономической эффективности возобновляемой энергии, которое формировалось отсутствием в тарифах ВИЭ их нулевого или минимального (в зависимости от категории ВИЭ) воздействия на экологическую обстановку.

В 2014 году в ФРГ был проведен один из первых сравнительных анализов внешних издержек на генерацию электрической энергии из возобновляемых и традиционных источников. Исследование показало больший вред от группы ТИЭ (традиционные источники энергии) (**Рисунок 1**).

---

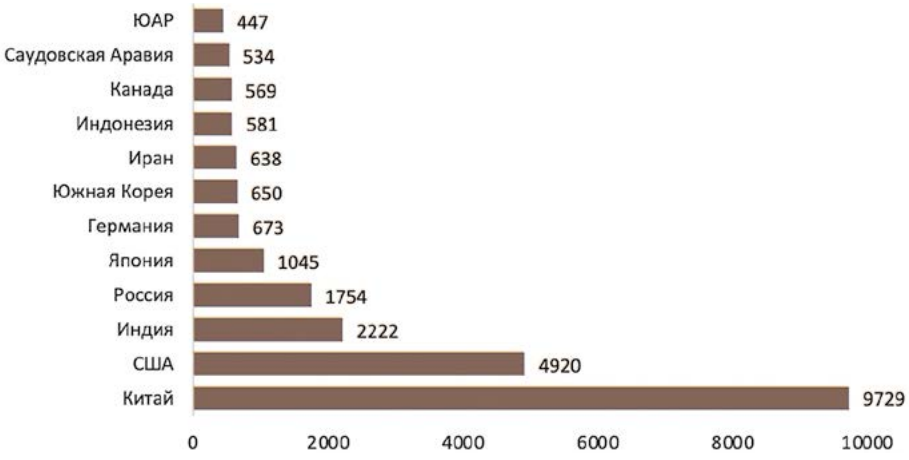
11 См., например: *Бучнев А.О.* Конкуренция альтернативной и традиционной энергетики: объективная реальность. *Проблемы теории и практики управления*. 2010. № 5. С. 20; *Бучнев А.О.* Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. М.: Антарес, 2020.

12 Китай намерен сократить чрезмерное производство солнечных панелей. https://gisprofi.com/gd/documents/kitaj-namerenostanovit-chrezmernoe-proizvodstvo solnechnyh-panelej.html

Оплата за выбросы углекислого газа составляла 70 евро/т $CO_2$. Соответственно, в генерации электрической энергии на базе каменного и бурого угля внешние издержки находились в интервале 0,058–0,078 евро/КВт/ч, на базе природного газа – 0,028 евро/КВт/ч, посредством различных видов возобновляемой энергетики – в интервале 0,001–0,01 евро/КВт/ч.

**Рисунок 2. Интенсивность выбросов $CO_2$ у ключевых стран, Мт**

**Figure 2. Carbon dioxide emission intensity for key countries, Mt**




Современная ситуация в области снижения выбросов углекислого газа при выработке электрической энергии следующая. После незначительного роста выбросов $CO_2$ в течение двух лет в 2019 году отмечено незначительное сокращение их объема на 0,2 %. Отчасти это произошло из-за снижения на 2,1 % потребления электроэнергии, но и благодаря заметной минимизации удельного выброса $CO_2$ на 3,2 %, или 443 г $CO_2$/кВт*ч, из-за увеличения доли в топливно-энергетическом балансе мира возобновляемых источников энергии.

Кроме того, необходимо отметить и вклад замещения угольной генерации газовой как наиболее оптимальным невозобновляемым источником в качестве перехода к безуглеродной энергетике. Отметим, что основным источником производства энергии на переходный период в экологически чистое будущее будет оставаться природный газ [Deng, Blok, van der Leun, 2012. P.109].

**Обзор национального вклада разных стран в декарбонизацию**

Рассмотрим вклад национальных экономик, обеспечивших стабилизацию и некоторое снижение выбросов углекислого газа. Около 3,9 % снижения выбросов обеспечил Европейский союз (отметим существенный вклад ФРГ, Великобритании, Испании), 2,4 % – этот вклад в снижение выбросов внесли Соединенные Штаты Америки. Определенную роль, конечно, сыграли умеренные температуры, наблюдаемые в 2019 году, а также тенденции замедления экономического развития.

Несмотря на прилагаемые усилия в сегменте прорывного развития возобновляемой энергии, в Китайской Народной Республике отмечен рост выбросов $CO_2$, но с существенным замедлением динамики. К предыдущему периоду рост составил 2,8 %. Абсолютное значение показателя интенсивности выбросов углекислого газа в Китайской Народной Республике по-прежнему является наивысшим в мире (**Рисунок 2**).

В Индии благодаря государственному регулированию баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии и существенному снижению использования угольной генерации произошло снижение выбросов углекислого газа.

Южная Корея постепенно осуществляет замещение угля технологиями сжиженного природного газа (СПГ) и возобновляемыми источниками энергии и также уменьшила показатели выбросов $CO_2$.

Российская Федерация, находясь на четвертом месте по уровню выбросов $CO_2$, сохраняет существующие тенденции выброса углекислых газов[13].

Несмотря на то, что Франция не входит в «лидеры» по интенсивности выбросов $CO_2$, характерен пример именно французской компании Total. Здесь решили провести конверсию своего нефтеперегонного завода, перепрофилировав производство под выпуск renewable diesel, в том числе и для авиационной промышленности, и массовое изготовление биопластиков на базе двух солнечных электростанций. В контексте данной статьи важно отметить, что решение о прекращении переработки нефти было принято не только по соображениям перспектив отказа в ближайшем будущем от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, но и ввиду жестких требований к экологическим параметрам современных самолетных двигателей. Основанием для этого решения стал результат аудита трубопровода PLIF Иль-де-Франс (260 км), транспортировавшего сырую нефть на нефтеперерабатывающий завод, и его остановки из-за периодических утечек на пятимесячный срок в 2019 году. Аудиторы разрешили работу трубопровода после устранения утечек на режиме пониженного давления, что сказалось на нагрузке НПЗ. Завод работал на две трети нормативной мощности, что мгновенно сказалось на финансовых показателях.

Реконструкция стоимостью около 0,6 млрд евро предполагала практически полную замену трубопровода, а планировавшийся конверсионный (полный

13 Yearbook. enerdata. https: //yearbook.enerdata.ru/co2-fuel-combustion/CO2-emissions-data-from-fuel-combustion.html

энергетический) переход – 0,5 млрд евро. Экономическая целесообразность предопределила коренную энергетическую трансформацию производства, что оказалось правильно и с экологической точки зрения. Более того, в 2020 году глобальная мировая компания Total взяла на себя климатические обязательства обеспечить нулевые выбросы к 2050 году[14].

Напомним о новых публичных обязательствах по объемам снижения парниковых газов, определенных Парижскими соглашениями 2015 года на конференции ООН по проблемам климата[15]. Документ ратифицирован 55 странами, ответственными за половину всех глобальных парниковых выбросов[16]. Сокращение объема годовых выбросов $CO_2$ за период 2015 – 2020 годов оценивался в диапазоне 220–560 млрд тонн[17].

Российская Федерация в лице своего представителя на данной конференции заверила мировое сообщество о возможностях страны в построении безуглеродной экономики. Учитывая, что большинство стран – участников данной конференции выполняют взятые на себя публичные обязательства по снижению углеродного следа в производстве национальных товаров, происходит определенная смена критериев успешности стран и бизнеса по вкладу в дело защиты окружающей среды. Появились крупные рейтинговые агентства, оценивающие бизнес с точки зрения эффективности упоминаемых выше критериев ESG, что говорит о возрастающем интересе мирового сообщества к Целям устойчивого развития и способам их скорейшего достижения. Как известно, Цели устойчивого развития подразумевают постоянное улучшение благосостояния и экологическую защиту, экономический рост, повышение уровня образования, здравоохранения, решение социальных вопросов и рост рабочих мест.

Уникальность возобновляемых источников энергии в достижении ключевых Целей устойчивого развития, причем не только экологической направленности, не имеет аналогов среди других энергетических ресурсов. Возобновляемая энергетика способствует ускоренному достижению таких Целей устойчивого развития, как обеспечение недорогой и чистой энергией, эффективное появление новых рабочих мест, которые формируют наличие достойной работы и стимулируют экономический рост. Макроэкономические эффекты от локализации производства генераторов возобновляемой энергии обеспечивают стимулирование новой индустриализации, формируют соответствующее инфраструктурное и инновационное развитие, нивелируют динамику изменения климата, что способствует достижению и такой важной Цели устойчивого развития, как хорошее здоровье и благополучие.

Стоит отметить, что ряд особенностей ВИЭ в достижении перечисленных Целей устойчивого развития будут способствовать достижению целей Стратегии национальной безопасности, принятой в соответствии с Указом Президента Российской Федерации 2 июля 2021 года № 400 «О Стратегии национальной безопасности», особенно в части бережного отношения к окружающей среде в условиях изменяющегося климата и развития энергетической инфраструктуры.

**Экономическая необходимость использования «зеленых» технологий**

Обратив внимание в начале статьи, что в импорте электроэнергии Европейского союза из стран, не уделяющих должного внимания развитию возобновляемой энергетики, интенсивность углеродного следа выше в три раза, чем в странах ЕС, кратко остановимся на возможных последствиях для отечественных экспортеров ископаемых традиционных ресурсов данного соотношения.

Планируемое применение углеродного налога на импорт в ЕС может, по предварительной оценке, составить до 7 млрд евро в год от оборота ввозимых товаров. В основном это коснется товаров сырьевого характера из Российской Федерации. Подобная угроза требует от отечественных компаний ускоренного перехода на «зеленые» технологии, чтобы соответствовать требованиям ЕС в краткосрочной перспективе.

Отметим, что документ Green Deal не планирует компенсаторных страновых положений по минимизации углеродных выбросов, кроме учета поглощаемости так называемых управляемых лесов. Данный документ становится стимулом для реальной оценки последствий не только сокращения импорта традиционных видов энергии путем замещения их ВИЭ, но и экономических потерь для стран-экспортеров от дополнительного экологического налога на оставшуюся долю импорта.

В ряде статей [Пусенкова, 2021. С. 55] оцениваются спешные меры, предпринимаемые рядом американских и европейских компаний во избежание подобных издержек. Речь идет об уменьшении углеродного следа за счет применения «зеленых» технологий, растет декарбонизация экономики. Кроме возобновляемых источников энергии проводятся исследования по применению «зеленого» водорода, энергия для получения которого также должна быть экологически чистой.

Важно понимать, что углеродная нейтральность как таковая не обязательно означает отсутствие выбросов CO2. Безусловно, в контексте Целей устойчивого развития модификация деятельности с высоким углеродным следом для снижения загрязнения является прямым и наиболее эффективным способом. Однако если невозможно оперативно вмешаться в

14 Новое обязательство Total: «чистые нулевые выбросы» углерода к 2050 году. https://renen.ru/novoe-obyazatelstvo-total-chistye-nulevye-vybrosy-ugleroda-k-2050-godu/

15 Конференция ООН по проблемам климата в Париже. http://ria.ru/trend/paris_climat_conference_un_28112015/

16 Конференция по климату в Париже. http://22century.ru/resurrection/20318/

17 Special Report on Renewable Energy Source Sand Climate Change Mitigation http://www.srren.org

производственный процесс или в случае чрезмерных затрат на текущем этапе, то может быть применен компенсаторный механизм благодаря участию в углеродно-отрицательном проекте.

Поэтому необходимо поддержать ряд инициатив по внедрению реестра углеродных единиц, когда компания, инвестировав средства в экологически чистый проект, например в восстановление лесного массива, может использовать созданную углеродную единицу для соблюдения собственной квоты на выбросы $CO^2$. Стоит отметить, что неприродные углеродно-отрицательные проекты, несмотря на высокую инновационную составляющую, пока еще требуют значительного количества энергии[18], что без учета сопутствующих экологических рисков и при избыточной популяризации может привести к нивелированию того позитивного результата, который являлся целью разработки этих проектов, особенно при учете углеродного следа не только используемой энергии, но и производящего ее оборудования, а также цепочек поставщиков прочих комплектующих.

**Заключение**

Постепенное замещение возобновляемой энергетикой невозобновляемых источников энергии позволит не только существенно улучшить экологическую ситуацию в национальной экономике, существенно высвобождая сэкономленные средства от приобретения традиционных источников энергии, но и направить их на создание производств глубокой переработки невозобновляемых источников и использование их в целях создания продукции с высокой добавленной стоимостью, как и завещал наш великий соотечественник Д.И. Менделеев [Чугаев, 1924. С. 15]. Так, в выступлении Президента Российской Федерации В.В. Путина на ПТЭФ-2021 дана оценка оборота проектов климатической отрасли до 50 млрд долларов США в год[19]. В конечном итоге переориентация на экологичные проекты простимулирует эффективное развитие ряда отраслей экономики и повысит уровень жизни в стране.

Представляется целесообразным, чтобы государственная политика в области регулирования выбросов парниковых газов, равно как и частные инициативы, были направлены на оптимизацию конкретных производств, обладающих значительным углеродным следом, а в случае невозможности и недостаточности этих мер – на интенсификацию природных углеродно-отрицательных проектов.

Завершая статью важно отметить, что во главе принципа государственного регулирования и стимулирования возобновляемой энергетики лежит факт осознанного признания необходимости энергетической трансформации в сторону безуглеродного построения энергетики будущего с чистой «зеленой» экономикой, обеспечивающей восстановление экологической сферы ради будущего нашей планеты.

18 Negative emissions have 'limited potential' to help meet climate goals. https://www.carbonbrief.org/negative-emissions-have-limited-potential-to-help-meet-climate-goals

19 Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума. http://kremlin.ru/events/president/news/65746

**Литература**

*Алферов Ж.И.* К выходу русского издания книги The long road to IRENA. М.: Экология и жизнь, 2010.

*Бакштанин А.М., Глазунова И.В., Матвеева Т.И. Развитие возобновляемых источников энергии в странах Евросоюза. Научные исследования и инновации. 2021. № 2. С. 13-17.*

*Громов А. Новая энергополитика ЕС: заменят ли ВИЭ и водород российский газ? Энергетическая политика. 202. № 9. С. 16-31.*

*Мандил К.* «Руководство по энергетической статистике» Международного энергетического агентства. IEA Publications, Paris Cedex 15, 2007.

*Пусенкова Н.И.* Политика декарбонизации европейских и американских нефтяных компаний. *Общество и экономика*. 2021. № 5. С. 50–68.

*Чугаев Л.А.* Дмитрий Иванович Менделеев: Жизнь и деятельность. Л.: Научное химико-техническое издательство, 1924.

*Deng Y.Y., Blok K., van der Leun K.* Transition to a fully sustainable global energy system. *Energy Strategy Reviews*. 2012. Volume 1. Issue 2. P. 109–121. In English

Renewable energy sources in figures, status 2009. Berlin, Germany: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2009. In English

Technical assessment of nuclear energy with respect to the 'do no significant harm' criteria of Regulation (EU) 2020/852 ('Taxonomy Regulation'). European Commission Joint Research Centre, Petten, 2021. In English

**References**

*Alferov Zh.I.* To the publication of the Russian edition of the book "The long road to IRENA". Moscow: Ekologiya i zhizn, 2010. In Russian

*Bakshtanin A.M., Glazunova I.V., Matveeva T.I. Developing renewable energy sources in the EU countries. Nauchnye issledovaniya I innovatsii. 2021. No. 2. P. 13-17. In Russian*

*Gromov A. New energy policy in EU: Will RES and hydrogen replace Russian gas? Energeticheskaya politika. 2020. No. 9. P. 16-31. In Russian*

*Chugaev L.A.* Dmitry Ivanovich Mendeleev: Life and Work. L.: Nauchnoye khimiko-tekhnicheskoye izdatelstvo, 1924. In Russian

*Mandil K.* "Energy Statistics Manual" by the International Energy Agency. IEA Publications, Paris Cedex. 15, 2007. In Russian

*Pusenkova N.I.* Decarbonization policy of European and American oil companies. *Obshchestvo i ekonomika*, 2021. No. 5. P. 50–68. In Russian