

DOI 10.22363/2313-2329-2019-27-3-442-454  
УДК 339.9

Научная статья

## **Внедрение микрогенерации и энергосберегающих технологий в рамках концепции зеленой экономики: зарубежный опыт и Россия**

**К.Г. Гомонов, П.О. Сипакова, А.П. Чапурная**

Российский университет дружбы народов  
*Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6*

Целью настоящей работы является сравнительный анализ уровня развития микрогенерации и энергосберегающих технологий в рамках концепции зеленой экономики в России и в мире. Актуальность предопределена стремительным ростом инвестиционной привлекательности микросетей и энергосберегающих технологий на основе возобновляемой энергии (2,6 трлн долл.). Информационной базой исследования послужили аналитические обзоры, отчеты и аналитические материалы профильных международных ведомств и агентств, Министерства энергетики Российской Федерации, а также работы российских и зарубежных ученых. Понимание масштабов задач устойчивого развития, а также развивающееся национальное и международное регулирование становятся стимулами стремительного развития более чистых, в первую очередь низкоуглеродных, технологий во многих отраслях. К 2030 г. при условии сохранения нынешнего курса на устойчивое развитие зеленая экономика должна вырасти до 10 % валового мирового продукта. Микроэнергетика является энергоэффективным инструментом в структурной перестройке энергетики России – переходу от централизованной системы, использующей крупные источники производства электроэнергии, к использованию разнообразных типов источников энергии, наиболее подходящих к данным природным условиям и особенностям конкретных потребителей. Снижение негативного воздействия загрязнения на здоровье и окружающую среду способно существенно уменьшить нагрузку на экономику, тем самым высвобождая ресурсы для ее роста. Вне всякого сомнения, переход мировой экономики на модель зеленого роста потребует значительных усилий по расширению международного сотрудничества. При этом потребуются последовательное проведение правительствами соответствующей политики на протяжении многих лет. России целесообразно подключиться к разработке методик и созданию инструментария для внедрения зеленых инициатив.

**Ключевые слова:** зеленая экономика; энергосберегающие технология; микрогенерация

### **Введение**

Концепции политического и социально-экономического развития, появившиеся в современной науке, повысили благосостояние населения многих стран,

но в то же время привели к неравномерному экономическому росту и породили социальное неравенство. Последний фактор определяет активное обсуждение международным сообществом необходимости построения нового уровня экономического мышления с учетом не только более широких интересов людей, но и нашей планеты в целом. Эта модель глобального развития называется зеленой экономикой. Эксперты Организации Объединенных Наций по охране окружающей среды (UNEP) предлагают самое широкое понимание этой концепции, рассматривая зеленую экономику как экономическую деятельность, которая улучшает благосостояние людей, обеспечивает социальную справедливость и значительно снижает экологические риски и истощение природы. В узком смысле, зеленая экономика понимается как разработка, производство и эксплуатация технологий и оборудования для контроля и сокращения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов, мониторинга и прогнозирования изменения климата, а также технологий энергосбережения, ресурсосбережения и возобновляемых источников энергии. Зеленая экономика способствует устойчивому экономическому росту через внедрение возобновляемых источников энергии (Attahiru et al., 2019). На сегодняшний день традиционный путь развития энергетической отрасли путем наращивания мощностей, расширения количественного состава энергетического оборудования и увеличения добычи ресурсов уступает интенсивному, инновационному и прорывному пути развития посредством активного внедрения энергоэффективного оборудования, передовых энергетических и информационно-коммуникационных технологий, возобновляемых источников энергии, комплексных систем и сервисов интеллектуальной энергетики, построенных на открытой сетевой архитектуре, и означает начало перехода к следующему энергетическому укладу (Matyushok et al., 2017).

### Обзор литературы

Существует точка зрения, что развитие зеленых инноваций требует хороших рамочных условий для инноваций в целом (Walz et al., 2017). Если не будет достигнут некоторый уровень технологической готовности и инновационной восприимчивости экономики, конкретные политические стратегии не будут успешными. Ожидается, что к 2027 г. объем рынка микросетей достигнет 31 млрд долл. В другом отчете Navigant было выявлено 240 дополнительных микросетевых проектов только во второй половине 2018 г., что составляет 10 % от общего количества установленных и запланированных микрогенерирующих мощностей. Два годами ранее Navigant отслеживал только 1586 проектов и насчитывал 148 проектов, добавленных во второй половине 2016 г. (Lorenz, 2016). В современном мире наблюдается четкая тенденция к увеличению генерации электроэнергии за счет микрогенерации (Stadler, 2019).

В течение последних 20 лет в Европейском союзе современные успешные методы и подходы к снижению потребления энергии основываются на моделях рационального поведения и теории поведенческих изменений (Jensen et al., 2018). Существуют разные модели энергоменеджмента мульти-

микросетей, в таких энергетических сетях владельцы не идентичны. В этом случае из-за проблем конфиденциальности и преодоления недостатков традиционных децентрализованных систем гибридная система управления энергией набирает популярность (Khavari et al., 2020). В последние несколько лет развитие микросетей стало важной темой для разработки энергетической политики (Hirsch, Parag, Guerrero, 2018). Хотя значительная доля этого развития произошла в развивающихся странах с ограниченным доступом к надежным источникам энергии, в странах – членах ОЭСР, особенно в Северной Америке, достигнут определенный прогресс в развитии микросетей (Sio-shansi, 2018). Это развитие во многом зависит от комбинации технических, экономических и регуляторных факторов (Parag, Ainspan, 2019).

Устаревшая инфраструктура традиционной электросети, прогнозируемый рост мирового спроса на электроэнергию, растущие экологические проблемы и обстоятельства в мировой экономике вызвали растущий интерес к энергоэффективности. Существующие модели ценообразования не предназначены для того, чтобы вызвать изменения в поведении, поскольку они не предоставляют потребителям энергии привлекательные стимулы в форме справедливой компенсации (Steriotis et al., 2018). Многие исследования в области энергоэффективности отражают концепции, направленные на смягчение последствий выбросов парниковых газов (Li, 2018). В то время как другие исследования указывают на то, что использование микрогенерирующих мощностей способствуют снижению платы за электроэнергию (Shafie-khah et al., 2016). Многие возобновляемые источники энергии работают с перебоями, и, следовательно, их внедрение привело к разработке более совершенных интеллектуальных систем. В области потребительского спроса внедрение интеллектуальных счетчиков позволяет распределительным компаниям устанавливать цены на основе спроса и предложения. Соответствующие колебания цен позволяют планировать нагрузку для сглаживания показателей энергопотребления во времени (Schlauwitz, 2016). В этом случае повышающая роль возобновляемой энергии в потреблении должна быть обеспечена правительствами, которые также должны приложить усилия для снижения институциональных и управленческих рисков энергоэффективных технологий (Dulal, 2013).

### **Методы и подходы**

Методологической основой для проведения данного исследования послужили такие методы научного познания, как индукция, дедукция, анализ и синтез. При этом основными стали сравнительный и библиографический анализ, которые позволили определить уровень развития микрогенерации и энергосберегающих технологий в рамках концепции зеленой экономики в России и в мире. Информационной базой исследования послужили аналитические обзоры, отчеты и аналитические материалы профильных международных ведомств и агентств, Министерства энергетики Российской Федерации, а также работы российских и зарубежных ученых.

## **Анализ уровня развития микрогенерации и энергосберегающих технологий в рамках концепции зеленой экономики**

В зеленой экономике такие концепции, как устойчивый дизайн, экологически чистые продукты, чистые технологии, экологичные процессы, подтолкнули организации к выбору инициатив по управлению изменениями для достижения устойчивого развития. Европейский союз разработал ряд природоохранных стратегий, основной целью которых является защита природного капитала и развитие ресурсоэффективной и зеленой экономики (García-Álvarez, Moreno, 2018). Для таких стран, как Германия, Швеция, США, Саудовская Аравия, Бразилия, Китай и Казахстан, переход к зеленой экономике уже стал одним из приоритетов развития. Для России реализация принципов зеленой экономики на национальном, региональном и местном уровнях может обеспечить решение актуальных проблем, повышение конкурентоспособности и привлечение инвестиций.

Как показывает практика, среди государственных служащих в России еще не сформировано целостное представление о потенциале зеленой экономики, инструментах ее реализации, зеленых технологиях, а также международном и российском опыте в этой области. Например, существует недостаток знаний о возможностях использования индикаторов устойчивого развития, механизмах зеленого инвестирования, зеленых госзакупках и налогообложении, экостандартизации, административных и рыночных подходах.

Все более актуальным становится вопрос перехода к устойчивому развитию и развитию зеленой экономики в регионах. Значительный вклад в решение этой задачи могут внести новые технологии. Нужно отметить, что за рубежом используется достаточно широкий набор близких терминов применительно к данной области: чистые технологии (cleantech), зеленые технологии (green technologies), экоинновации (eco-innovations). Они либо характеризуют технологии в одних и тех же областях, таких как энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, системы управления электроэнергией, управление отходами, экологичное строительство и транспорт, либо технологии во всех секторах экономики, которые позволяют снизить выбросы, сбросы и образование отходов. Степень инновационности таких технологий варьируется от незначительной (инкрементальный уровень) до значительной (радикальные инновации). Зеленая экономика – это новый подход к измерению развития – в ее основе лежит ориентация на человека, то есть в отличие от традиционной модели, зеленая экономика предполагает внедрение принципа «экономика для человека», а не «человек для экономики».

Понятия «устойчивое развитие», «зеленая экономика», «зеленый рост», «низкоуглеродная экономика» включаются в социально-экономические стратегии, программы, планы во многих странах – как развитых, так и развивающихся. С 2010 г. на экспертном уровне составляется рейтинг перехода к зеленой экономике, который позволяет оценить степень принятия ее принципов в 80 странах и 50 городах мира (The Global Green Economy Index 10). На 2016 г. топ-10 включал большинство стран Европы, а также США и Японию (см. таблицу).

Таблица

**Топ-10 стран Глобального рейтинга зеленой экономики и Россия**  
**[Top 10 countries of the Global Green Economy Index and Russia]**

Рейтинг восприятия	Страна	Баллы	Рейтинг исполнения	Страна	Баллы
1	Германия	97,74	1	Швеция	77,61
2	США	94,70	2	Норвегия	69,11
3	Дания	93,84	3	Финляндия	67,83
4	Швеция	93,65	4	Швейцария	67,63
5	Норвегия	88,95	5	Германия	66,01
6	Канада	85,59	6	Австрия	65,23
7	Великобритания	82,73	7	Исландия	63,68
8	Нидерланды	77,58	8	Замбия	62,00
9	Япония	75,94	9	Дания	61,84
10	Финляндия	74,47	10	Бразилия	60,29
51	Российская Федерация	32,59	74	Российская Федерация	38,80

*Источник:* The Global Green Economy Index (GGEI) 2016: Measuring National Performance in the Green Economy / Dual Citizen LLC. September 2016. URL: <http://dualcitizeninc.com/GGEI-2016.pdf> (accessed: 20.09.2019).

За исключением Норвегии и Канады, большинство стран, существенно зависящих от экспорта ископаемого топлива (Азербайджан, Нигерия, большинство стран Совета сотрудничества стран Персидского залива (ССЗ), Россия), находятся в нижней части рейтинга. Анализ ряда компонентов зеленой экономики показал, что эффективное использование природных ресурсов, сохранение и приумножение природного капитала, уменьшение загрязнения, низкие выбросы парниковых газов способствуют росту благосостояния населения (Gomonov et al., 2019).

В последнее десятилетие произошли важные продвижения в коммерциализации широкого спектра нетрадиционных энергетических ресурсов и технологий – ветровых электростанций, солнечных батарей, аккумуляторов электроэнергии и пр. Доля возобновляемой энергии (ВИЭ) (без учета гидроэнергии) в общем объеме потребления первичной энергии в 2017 г. составила 3 %, но она стремительно растет (Прогноз развития..., 2019). На этапе четвертого энергетического перехода основным драйвером становится не столько экономическая привлекательность новых источников энергии, сколько качественно новый фактор – декарбонизация и борьба с глобальным изменением климата. Наблюдается ускоренная структурная перестройка энергопотребления – переход с прямого использования топлива на самый универсальный (или безальтернативный для многих процессов) и эффективный энергоноситель – электроэнергию, идет активная электрификация всех секторов потребления. С 1990 г. до настоящего времени уровень электрификации первичного энергопотребления в мире вырос с 31 до 36 %, и в перспективе этот тренд продолжится.

Радикальное удешевление и стремительное распространение технологий производства электроэнергии и тепла на солнечных и ветровых электростанциях, за счет использования биогаза и других нетрадиционных возобновляемых источников энергии – это ключевой элемент энергоперехода.

Современная трансформация энергетических рынков во многом обусловлена именно коммерчески эффективным развитием ВИЭ и повышением их КПД.

В период 2000–2018 гг. мощности ВИЭ (солнечная, ветровая и энергия биомассы, без учета традиционной гидроэнергетики) совокупно выросли в 21 раз с 56 ГВт в 2000 г. до 1179 ГВт в 2018 г. Доля ВИЭ (без гидроэнергетики) в конечном мировом первичном энергопотреблении выросла более чем в три раза, а в выработке электроэнергии – с 3,4 % в 2006 г. до 10,5 % по итогам 2018 г. При этом на протяжении последних 15 лет реальные объемы вводов ВИЭ регулярно оказывались выше прогнозируемых.

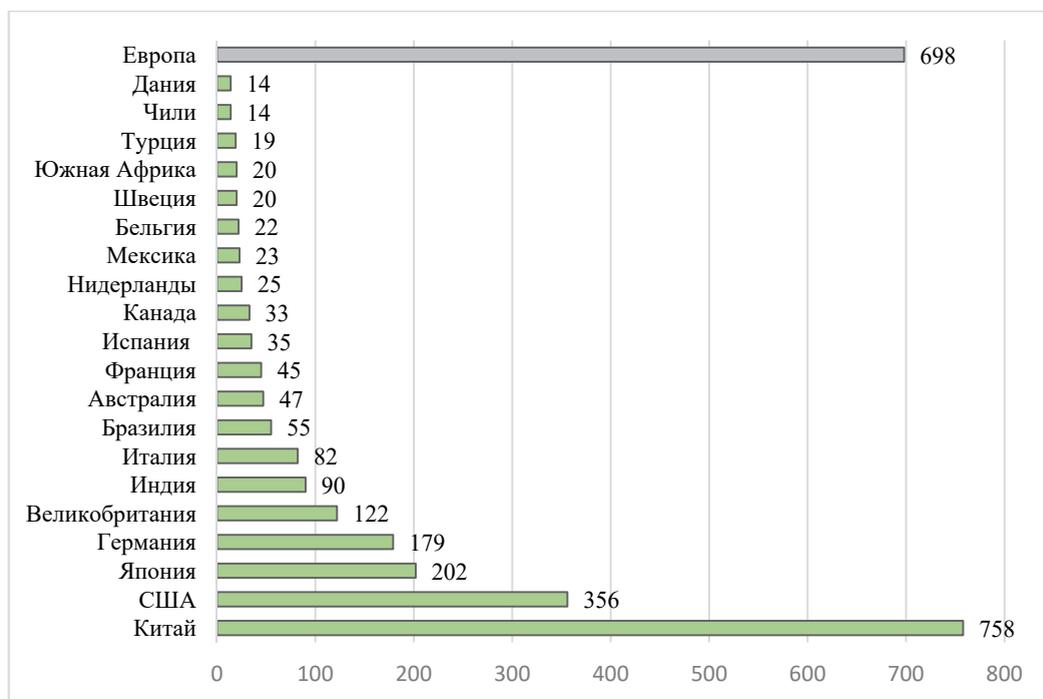
Высокие темпы развития ВИЭ объясняются сочетанием быстрого развития технологий, обеспечивающих удешевление производства (в том числе благодаря пока постоянно растущему эффекту масштаба) и приоритетности этого направления в энергополитике многих государств мира. Важный фактор успеха ВИЭ – обеспеченная за счет госэнергополитики низкая цена капитала, что критично для такого рода проектов с высокими капитальными и низкими операционными затратами. Однако определяющим для расширения использования ВИЭ стало развитие и удешевление технологий, включая масштабный трансфер технологий: в частности, наиболее радикальное удешевление было достигнуто в тот период, когда Китай локализовал и обеспечил массовый выпуск основных элементов оборудования.

Наибольшее снижение затрат отмечено при выработке электроэнергии на базе солнечных установок, где средневзвешенная стоимость 1 кВт·ч сократилась с 2010 г. более чем в четыре раза – до 8,5 центов/кВт·ч для новых проектов, введенных в строй в 2018 г. В сфере ветрогенерации также наблюдается значительное совершенствование технологий, хотя удельные приведенные затраты на производство ветровой энергии снизились не столь существенно. Отдельные проекты солнечной энергетики в Дубае, Мексике, Перу, Чили и Саудовской Аравии показали результат на уровне 3 цента/кВт·ч. Такой же уровень цен демонстрируют и лучшие ветропарки, сооружаемые в Канаде, Германии, Индии, Мексике и Марокко. Однако средневзвешенная оценка к 2020 г. для самых массовых технологий – береговых ветропарков и солнечных установок – предполагается на уровне 4 центов/кВт·ч, а для шельфовых ветропарков и CSP установок – на уровне 8–15 центов/кВт·ч. В любом случае это диапазон цен, в котором ВИЭ без специальных субсидий становятся экономически привлекательными и могут служить ключевым элементом для расширения микрогенерации.

Потенциал удешевления ВИЭ еще далеко не исчерпан. Дальнейшее повышение эффективности и коммерческой привлекательности ВИЭ будет, по всей видимости, идти по следующим технологическим направлениям: повышение эффективности и снижение стоимости солнечной генерации, достигаемое в том числе за счет производства бескремниевых фотопреобразователей различного типа, каскадных фотопреобразователей с высоким КПД и повышенным ресурсом; термальных установок, конвертирующих солнечную энергию в тепловую; повышение эффективности и снижение стоимости ветровой генерации; повышение эффективности работы геотермальных установок, в том числе установок бинарного цикла; развитие малой гидроэнергетики.

ки; развитие технологий получения электроэнергии и тепла на основе биотоплива и отходов. В период до 2040 г. ВИЭ станут самым быстрорастущим источником энергии во всех сценариях, их потребление вырастет на 76–115 %. Объемы ВИЭ, используемой для производства электроэнергии, к 2040 г. возрастут в 2,5–3,7 раза, прежде всего за счет многократного увеличения мощностей солнечной и ветровой генерации.

Согласно последним исследованиям ООН, за период 2010–2019 гг. инвестиции в энергоэффективные технологии, в частности возобновляемые источники энергии, составили 2,6 трлн долл. При этом солнечная энергетика представляется наиболее привлекательной, инвестиции составили 1,3 трлн долл. В страновом разрезе основным инвестором в энергоэффективные технологии является Китай с общим объемом в 758 млрд долл., на втором месте США – 356 млрд долл., а Япония на третьем – 202 млрд долл. Европейские страны в целом инвестировали 698 млрд долл., причем Германия вносит наибольший вклад – 179 млрд долл., за ней следует Великобритания – 122 млрд долл. (см. рисунок). За последние 10 лет объем суммарной мощности микрогенерации на основе солнечной энергии составил 638 ГВт против 25 ГВт в 2009 г.



**Рисунок.** Суммарные инвестиции в области возобновляемых источников энергии на период с 2010 по первую половину 2019 г., топ-20 стран, млрд долл.

[Figure. Total investments in renewable energy for the period from 2010 to the first half of 2019, top 20 countries, billion dollars]

Источник: UN Environment, Frankfurt School – UNEP Centre, Bloomberg NEF.

Российский ответ на внешние вызовы должен характеризоваться переходом на инновационный путь развития – уйти от ресурсной зависимости и перейти к зеленой экономике. В России происходит быстрое расходование природ-

ного капитала, из-за этого страна входит в тройку лидеров по эмиссии парниковых газов в атмосферу, а также имеет низкий уровень эффективности использования энергии, происходит истощение энергетических ресурсов. Растет число техногенных катастроф, физический износ оборудования на предприятиях топливно-энергетического комплекса страны достигает 60 %, без вторичной переработки остается 90 % отходов производства. Все это уже давно стало причинами перехода к зеленой экономике и повышенного внимания к ней.

В Российской Федерации реализуется государственная программа «Развитие энергетики». Ее целями являются надежное, качественное и экономически обоснованное обеспечение потребностей внутреннего рынка в энергоносителях, энергии и сырье на принципах энергосбережения и энергоэффективности, а также выполнение обязательств по зарубежным контрактам. Предполагается, что за счет внедрения энергосберегающих технологий и мероприятий в 2030 г. по сравнению с 2012 г. удельные расходы топлива должны будут снизиться на 30 %, в том числе кокса на 35 %, природного газа на 35 %. Удельный расход электроэнергии предполагается уменьшить на 16,4 %. Основные пути для достижения поставленных целей: сокращение расходов на тепло- и энергоснабжение за счет использования автономных генерирующих мощностей, в том числе за счет увеличения доли утилизации вторичного доменного и коксового газов. К энергосберегающим мероприятиям относятся модернизация, ремонт существующего энергетического, технологического и вспомогательного оборудования и его замена на более современное и энергоэффективное. Значительная роль в оптимизации энергопотребления принадлежит автоматизированным системам управления энергохозяйством предприятий, а также системам диспетчеризации и оперативного контроля расхода энергоресурсов.

### **Заключение**

Практика мирового развития возобновляемой энергетики и энергоэффективности свидетельствует о том, что некоторые ее виды способны создавать сильные положительные внешние эффекты, такие как рост занятости в высокотехнологичных секторах экономики, развитие малого и среднего бизнеса, увеличение доходов населения, улучшение состояния окружающей среды. Поэтому различные меры стимулирования возобновляемой энергетики и энергоэффективности могут рассматриваться как механизмы инновационного развития (Ратнер, Гомонов, 2019).

Понимание масштабов задач устойчивого развития, а также развивающееся национальное и международное регулирование становятся стимулами стремительного развития более чистых, в первую очередь низкоуглеродных, технологий во многих отраслях. К 2030 г., по прогнозу FTSE Russell, при условии сохранения нынешнего курса на устойчивое развитие зеленая экономика должна вырасти до 10 % валового мирового продукта. Трансформация экономики в мире и России требует внушительных объемов инвестиций, которые необходимо направить на увеличение инвестиций в природоохранные технологии, совершенствование методов переработки отходов, поддержку экологической активности бизнеса в отраслях нового технологического уклада,

создание механизмов для введения платежей за экосистемные услуги, создание условий для привлечения капитала на рынок экологических товаров и услуг, создание дополнительных зеленых рабочих мест, формирование новых инновационных отраслей экономики, обладающих потенциалом роста ВВП.

Снижение негативного воздействия загрязнения на здоровье и окружающую среду способно существенно уменьшить нагрузку на экономику, тем самым высвобождая и ресурсы для роста. В отдельных отраслях Россия является одним из мировых лидеров во внедрении зеленых, более экологически безопасных технологий, говорят эксперты: например, в гидро- и атомной энергетике, централизованном отоплении, городском общественном и железнодорожном транспорте и др. Вне всякого сомнения, переход мировой экономики на модель зеленого роста потребует значительных усилий по расширению международного сотрудничества. При этом потребуется последовательное проведение правительствами соответствующей политики на протяжении многих лет. России целесообразно подключиться к разработке методик и созданию инструментария для внедрения зеленых инициатив.

**Благодарности.** Статья подготовлена при финансовой поддержке экономического факультета Российского университета дружбы народов, тема № 060323-0-000.

### Список литературы

- Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления «Сколково». М., 2019. 210 с.
- Ratner C.B., Gomonov K.G.* Оценка результативности мер государственной поддержки возобновляемой энергетики и энергоэффективной экономики: обзор подходов // Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. № 8. С. 1428–1447. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.18.8.1428>
- Attahiru Y., Aziz M., Kassim K., Shahid S., Wan Abu Bakar W., Sashruddin T. et al.* A review on green economy and development of green roads and highways using carbon neutral materials // Renewable and Sustainable Energy Reviews. (2019). Vol. 101. Pp. 600–613. doi: 10.1016/j.rser.2018.11.036.
- Attahiru Y., Aziz M., Kassim K., Shahid S., Wan Abu Bakar W., Sashruddin T. et al.* A review on green economy and development of green roads and highways using carbon neutral materials // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 101. Pp. 600–613. doi: 10.1016/j.rser.2018.11.036.
- Dulal H., Shah K., Sapkota C., Uma G., Kandel B.* Renewable energy diffusion in Asia: can it happen without government support? // Energy Policy. 2013. Vol. 59. Pp. 301–311. doi: 10.1016/j.enpol.2013.03.040.
- García-Álvarez M., Moreno B.* Environmental performance assessment in the EU: a challenge for the sustainability // Journal of Cleaner Production. (2018). Vol. 205. Pp. 266–280. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.284.
- Hirsch A., Parag Y., Guerrero J.* Microgrids: a review of technologies, key drivers, and outstanding issues // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 90. Pp. 402–411. doi: 10.1016/j.rser.2018.03.040.
- Jensen C., Goggins G., Fahy F., Grealis E., Vadovics E., Genus A., Rau H.* Towards a practice-theoretical classification of sustainable energy consumption initiatives: insights from social scientific energy research in 30 European countries // Energy Research and Social Science. 2018. Vol. 45. Pp. 297–306. doi: 10.1016/j.erss.2018.06.025.

- Khavari F., Badri A., Zangeneh A.* Energy management in multi-microgrids considering point of common coupling constraint // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. 2019. Vol. 115. 105465. doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105465.
- Gomonov K., Balashova S., Matyushok V.* The relationship of socio-economic development and the drivers of green economy // *The 13<sup>th</sup> International Days of Statistics and Economics* (September 5–7, 2019, Prague, Czech Republic): conference proceedings. doi: 10.18267/pr.2019.los.186.41.
- Li J., Just R.* Modeling household energy consumption and adoption of energy efficient technology // *Energy Economics*. 2018. Vol. 72. Pp. 404–415. doi: 10.1016/j.eneco.2018.04.019.
- Matyushok V., Sergio B., Balashova S., Gomonov K.* Influence of smart grid and renewable energy sources on energy efficiency: foreign experience // *RUDN Journal of Economics*. 2017. Vol. 25(4). Pp. 583–598. doi: 10.22363/2313-2329-2017-25-4-583-598/
- Microgrid Deployment Tracker 4Q18*. 2019. URL: <https://www.navigantresearch.com/reports/microgrid-deployment-tracker-4q18> (accessed: 16.09.2019).
- Parag Y., Ainspan M.* Sustainable microgrids: economic, environmental and social costs and benefits of microgrid deployment // *Energy for Sustainable Development*. 2019. Vol. 52. Pp. 72–81. doi: 10.1016/j.esd.2019.07.003.
- Schlawitz J., Musilek P.* IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2016 (Vancouver, BC, Canada, July 24–29). 2016. URL: <https://researchr.org/publication/cec-2016> (accessed: 16.09.2019).
- Shafie-khah M., Kheradmand M., Javadi S., Azenha M., de Aguiar J., Castro-Gomes J. et al.* Optimal behavior of responsive residential demand considering hybrid phase change materials // *Applied Energy*. 2016. Vol. 163. Pp. 81–92. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.11.013
- Sioshansi F., Mitchell J., Treadwell K.* Microgrids: from niche to \$100 billion market. 2019. URL: <https://energypost.eu/microgrids-from-niche-to-mainstream/> (accessed: 16.09.2019).
- Stadler M., Naslé A.* Planning and implementation of bankable microgrids // *The Electricity Journal*. 2019. Vol. 32(5). Pp. 24–29. doi: 10.1016/j.tej.2019.05.004.
- Steriotis K., Tsaousoglou G., Efthymiopoulos N., Makris P., Varvarigos E.* A novel behavioral real time pricing scheme for the active energy consumers' participation in emerging flexibility markets // *Sustainable Energy, Grids and Networks*. 2018. Vol. 16. Pp. 14–27. doi: 10.1016/j.segan.2018.05.002.
- Walz R., Pfaff M., Marscheider-Weidemann F., Glöser-Chahoud S.* Innovations for reaching the green sustainable development goals –where will they come from? // *International Economics and Economic Policy*. 2017. Vol. 14(3). Pp. 449–480. doi: 10.1007/s10368-017-0386-2.
- Wire B.* North America Regains its Claim as the Leading Region for Microgrid Capacity, According to Navigant Research. 2019. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20160531005124/en/North-America-Regains-Claim-Leading-Region-Microgrid> (accessed: 16.09.2019).

### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 28.09.2019

Дата проверки: 20.10.2019

Дата принятия к печати: 18.11.2019

### **Для цитирования:**

*Гомонов К.Г., Сипакова П.О., Чапурная А.П.* Внедрение микрогенерации и энерго-сберегающих технологий в рамках концепции зеленой экономики: зарубежный опыт и Россия // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика*. 2019. Т. 27. № 3. С. 442–454. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2019-27-3-442-454>

**Сведения об авторах:**

*Гомонов Константин Геннадьевич*, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономико-математического моделирования, Российский университет дружбы народов. E-mail: gomonov\_kg@pfur.ru

*Сипакова Полина Олеговна*, бакалавр 4-го курса экономического факультета, Российский университет дружбы народов. E-mail: 1032162260@pfur.ru

*Чапурная Анастасия Павловна*, бакалавр 4-го курса экономического факультета, Российский университет дружбы народов. E-mail: 1032162253@pfur.ru

Research article

**Introduction of  
microgeneration and energy-saving technologies  
within the concept of green economy:  
foreign experience and Russia**

**Konstantin G. Gomonov, Polina O. Sipakova, Anastasia P. Chapurnaya**

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)  
6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation

**Abstract.** The aim of this work is a comparative analysis of the level of development of microgeneration and energy-saving technologies in the framework of the national economy of Russia and the world. The relevance is predetermined by the rapid growth of the investment policy of microgrids and energy-saving technologies based on renewable energy sources (2.6 trillion dollars). Basic information research provided analytical reviews, reports and analytical materials, specialized international departments and agencies, the Ministry of Energy of the Russian Federation, as well as the work of Russian and foreign scientists. Understanding the large-scale tasks related to the development, as well as the development of national and international relations, are an incentive for the pursuit of cleaner, primarily technologies. By 2030, provided that the current course on sustainable development is maintained, the green economy should grow to 10 % of the gross world product. Microenergy is an energy-efficient energy source in the restructuring of Russia's energy sector – the transition from a centralized system, the use of large sources of electricity production, the use of various energy sources that are most suitable for these environmental conditions and the characteristics of natural consumers. Reducing the negative impact of pollution on health and the environment can significantly reduce the burden on the economy, thereby freeing up resources for its growth. The transition of the global economy to a model of green growth will require significant efforts to expand international co-operation. This will require consistent government policies over many years. It is advisable for Russia to join in the development of methodologies and the creation of tools for implementing green initiatives.

**Keywords:** green economy; energy-saving technology; microgeneration

**Acknowledgments.** This article was prepared with the financial support of the Economic Faculty, RUDN University, topic No. 060323-0-000.

## References

- Attahiru Y., Aziz M., Kassim K., Shahid S., Wan Abu Bakar W., Sashruddin T. et al. (2019). A review on green economy and development of green roads and highways using carbon neutral materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 600–613. doi: 10.1016/j.rser.2018.11.036.
- Dulal H., Shah K., Sapkota C., Uma G., Kandel B. (2013). Renewable energy diffusion in Asia: Can it happen without government support? *Energy Policy*, 59, 301–311. doi: 10.1016/j.enpol.2013.03.040.
- García-Álvarez M., Moreno B. (2018). Environmental performance assessment in the EU: A challenge for the sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 205, 266–280. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.284.
- Hirsch A., Parag Y., Guerrero J. (2018). Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 402–411. doi: 10.1016/j.rser.2018.03.040.
- Jensen C., Goggins G., Fahy F., Grealis E., Vadovic, E., Genus A., Rau H. (2018). Towards a practice-theoretical classification of sustainable energy consumption initiatives: Insights from social scientific energy research in 30 European countries. *Energy Research and Social Science*, 45, 297–306. doi: 10.1016/j.erss.2018.06.025.
- Khavari F., Badri A., Zangeneh A. (2019). Energy management in multi-microgrids considering point of common coupling constraint. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 115, 105465. doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105465.
- Gomonov K., Balashova S., Matyushok V. (2019). The relationship of socio-economic development and the drivers of green economy. *The 13th International Days of Statistics and Economics* (September 5–7, 2019, Prague, Czech Republic): Conference Proceedings. doi: 10.18267/pr.2019.los.186.41.
- Li J., Just R. (2018). Modeling household energy consumption and adoption of energy efficient technology. *Energy Economics*, 72, 404–415. doi: 10.1016/j.eneco.2018.04.019.
- Makarova A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A. (eds.). (2019). *Forecast of the development of energy in the world and Russia 2019*. Moscow.
- Matyushok V., Sergio B., Balashova S., Gomonov K. (2017). Influence of smart grid and renewable energy sources on energy efficiency: foreign experience. *RUDN Journal of Economics*, 25(4), 583–598. doi: 10.22363/2313-2329-2017-25-4-583-598.
- Microgrid Deployment Tracker 4Q18. (2019). <https://www.navigantresearch.com/reports/microgrid-deployment-tracker-4q18> (accessed: 16.09.2019).
- Parag Y., Ainspan M. (2019). Sustainable microgrids: Economic, environmental and social costs and benefits of microgrid deployment. *Energy For Sustainable Development*, 52, 72–81. doi: 10.1016/j.esd.2019.07.003.
- Ratner S.V., Gomonov K.G. (2019). Evaluation of the effectiveness of government support for renewable energy and energy efficiency of the economy: a review of approaches. *Economic analysis: theory and practice*, 18(8), 1428–1447. <https://doi.org/10.24891/ea.188.11428>
- Schlauwitz J., Musilek P. (2016). *IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2016* (Vancouver, BC, Canada, July 24–29). <https://researchr.org/publication/cec-2016> (accessed: 16.09.2019).
- Shafie-khah M., Kheradmand M., Javadi S., Azenha M., de Aguiar J., Castro-Gomes J. et al. (2016). Optimal behavior of responsive residential demand considering hybrid phase change materials. *Applied Energy*, 163, 81–92. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.11.013.
- Sioshansi, F., Mitchell J., Treadwell K. (2019). Microgrids: from niche to \$100 billion market. <https://energypost.eu/microgrids-from-niche-to-mainstream/> (accessed: 16.09.2019).
- Stadler M., Naslé A. (2019). Planning and implementation of bankable microgrids. *The Electricity Journal*, 32(5), 24–29. doi: 10.1016/j.tej.2019.05.004.

- Steriotis K., Tsaousoglou G., Efthymiopoulos N., Makris P., Varvarigos E. (2018). A novel behavioral real time pricing scheme for the active energy consumers' participation in emerging flexibility markets. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 16, 14–27. doi: 10.1016/j.segan.2018.05.002.
- Walz R., Pfaff M., Marscheider-Weidemann F., Glöser-Chahoud S. (2017). Innovations for reaching the green sustainable development goals –where will they come from? *International Economics and Economic Policy*, 14(3), 449–480. doi: 10.1007/s10368-017-0386-2.
- Wire B. (2019). *North America Regains its Claim as the Leading Region for Microgrid Capacity, According to Navigant Research*. <https://www.businesswire.com/news/home/20160531005124/en/North-America-Regains-Claim-Leading-Region-Microgrid> (accessed: 16.09.2019).

**Article history:**

Received: 28.09.2019

Revised: 20.10.2019

Accepted: 18.11.2019

**For citation:**

Gomonov K.G., Sipakova P.O., Chapurnaya A.P. (2019). Introduction of microgeneration and energy-saving technologies within the concept of green economy: foreign experience and Russia. *RUDN Journal of Economics*, 27(3), 442–454. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2019-27-3-442-454>

**Bio notes:**

*Konstantin G. Gomonov*, Ph.D. in Economics, senior lecturer at Department of Economic and Mathematical Modeling, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: [gomon-ov\\_kg@pfur.ru](mailto:gomon-ov_kg@pfur.ru)

*Polina O. Sipakova*, 4-year bachelor of the Faculty of Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: [1032162260@pfur.ru](mailto:1032162260@pfur.ru)

*Anastasia P. Chapurnaya*, 4-year bachelor of the Faculty of Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: [1032162253@pfur.ru](mailto:1032162253@pfur.ru)