

Н. Е. Егорова, С. А. Некрасов

DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-89-103

В статье освещаются актуальные и во многом дискуссионные проблемы развития возобновляемой энергетики как в составе мирового хозяйства, так и для условий России. Несмотря на 75%-й прирост генерации ветровыми и солнечными станциями в 2021 г., доля России в мировом производстве электроэнергии значительно превышает ее долю в использовании энергии возобновляемых источников энергии. Какими должны быть приоритеты российской государственной политики в этой области и каковы методологические основы формирования стратегии развития «зеленой энергетики» – решение этих вопросов лежит в русле первоочередных задач современной экономической науки. На основе инструментария всеобщей организационной науки – тектологии – в работе дано теоретическое обоснование возможности появления синергических эффектов при вовлечении малого и среднего бизнеса в развитие сектора возобновляемой энергетики, в том числе для российских условий. Результатами формирования новых связей между субъектами рассматриваемых секторов и участия малого и среднего бизнеса в проекте создания «зеленой энергетики» станут повышение структурной устойчивости энергосистемы России, диверсификация ее топливно-энергетического баланса, снижение нега-

© Егорова Н. Е., Некрасов С. А., 2022 г.

Егорова Наталья Евгеньевна, доктор экономических наук, главный научный сотрудник, ЦЭМИ РАН, Москва, Россия; nyegorova@mail.ru

Некрасов Сергей Александрович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ЦЭМИ РАН, Москва, Россия; san693@mail.ru; ORCID 0000-0002-7649-0515

тивного антропогенного воздействия на окружающую среду при уменьшении стоимости электроэнергии для широкого круга конечных потребителей. На примере солнечной микрогенерации на вертикальных ограждающих поверхностях зданий и сооружений выявлены не в полной мере используемые в настоящее время преимущества для ее развития в северных и восточных регионах России, которые могут быть реализованы малым и средним бизнесом без вывода территорий из экономического оборота.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, синергия, структурная устойчивость, системный анализ, малый бизнес.

Классификация JEL: P41, Q42, Q48.

Для цитирования: Егорова Н.Е., Некрасов С.А. (2022). Возобновляемая энергетика и малый бизнес: стратегии синергизма и устойчивого развития // *Экономическая наука современной России*. № 4 (99). С. 89-103. DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-89-103

ВВЕДЕНИЕ

Возобновляемая энергетика – перспективный сектор народного хозяйства передовых стран мира, производящий энергию на основе возобновляемых (неисчерпаемых) источников. Такая энергия удовлетворяет потребности настоящего, не ставя под угрозу будущих поколений возможности удовлетворять свои потребности, что находится в полном соответствии с Концепцией устойчивого развития, принятой в Рио-де-Жанейро в 1987 г. Международной комиссией ООН по окружающей среде (World Commission on Environment) и дополненной и уточненной в трудах как российских, так и зарубежных ученых – В.И. Даниловым-Данильяном, К.С. Лосевым, Е.М. Вильковой, К.Ю. Белоусовым, Т.М. Алферовой, R. Howken, S.R. Dovers, J.W. Handmer, R. Constaurd и др. (Данилов-Данильян, Лосев, 2000; Вилькова, Коршунова, Торина, 2021; Белоусов, 2012; Алферова, Третьянов, 2012; Howken, 1993; Dovers, Handmer, 1992; Constaurd, 1992).

Этот сектор экономики использует возобновляемые источники энергии (ВИЭ): энергию Солнца, ветра, рек, приливов, геотермального тепла и др. В настоящее время для обозначения этого сектора используется также термин «зеленая энергетика» (ЗЭ).

В последние годы сектор мировой ЗЭ развивался достаточно высокими темпами. С 2000 г. его рост составил 3,2%, в то время как в традиционной энергетике он был ниже – 1,4% в год. Основными причинами ускоренных темпов роста ЗЭ в сравнение с традиционной являются:

1) *более высокая экологичность* (выработка энергии оказывает значительно меньшее негативное антропогенное воздействие: не сопровождается значительным выделением углекислого газа и относительно меньше загрязняет природную среду);

2) *энергетическая безопасность* (снижение зависимости страны от импорта энергоресурсов). Эта причина наиболее важна для тех стран, у которых либо отсутствуют значимые запасы традиционных источников энергии, либо имеется несбалансированность между растущим спросом и собственными запасами;

3) *рост эффективности производства «зеленой» энергии* (что достигается применением более экономичных альтернативных технологий выработки электроэнергии). В текущих условиях ВИЭ уже в ряде случаев рентабельнее многих других традиционных источников. Ожидается, что к 2040 г. себестоимость производства электроэнергии на солнечных и ветряных станциях во многих регионах будет ниже аналогичных показателей электростанций на ископаемых видах топлива (Информационный портал «Энергетика», 2020);

4) *социально-демографический фактор*. С 2012 г. более половины устанавливаемых мощностей в передовых странах приходится на ЗЭ. Таким образом создается альтернативная сфера трудоустройства населения и создания рабочих мест. По всему миру в этом секторе занято более 11,5 млн человек (данные RenEn.ru);

5) согласованность со сценарием устойчивого развития (SDS), который разработан в соответствии с Парижским соглашением о глобальной трансформации энергетической системы и удержании роста средней температуры Земли ниже 2 °С (Матиевский, 2020).

Объемы генерации в секторе мировой ЗЭ растут: в 2000 г. они составляли 2,8 ТВт·ч; в 2008 г. – 3,8; в 2018 г. – 6,7 ТВт·ч. Самые высокие темпы прироста за период с 1990 по 2018 г. демонстрирует солнечная энергетика, следом идут ветровая энергетика и биогаз. Об инвестиционной привлекательности сектора ЗЭ свидетельствует устойчивый рост инвестиций. По данным МЭА, в 2020 г. объем инвестиций в ЗЭ составил 281 млрд долл. США, уступая только сектору добычи нефти и газа (322 млрд долл.). А по прогнозу этой же организации в период 2020–2040 гг. на «зеленую» энергетику и меры повышения ее энергоэффективности будет направлено 23,8 трлн долл. США, что составит почти половину всех вложений в энергетический комплекс (Некрасов, 2021а).

В условиях масштабной трансформации энергетической системы актуальным вопросом является разработка и обоснование основных направлений наиболее эффективных стратегий осуществления перехода от энергоснабжения на основе традиционных источников энергии к энергоснабжению, предполагающему сочетание этих источников с использованием ВИЭ. При этом особая роль (по мнению авторов статьи) принадлежит сектору микрогенерации, позволяющей, во-первых, решать проблемы энергоснабжения как на уровне конечного потребителя, так и для энергетики в целом, а во-вторых, привлекать капитал малого и среднего бизнеса.

Целями статьи являются определение базовых теоретико-методологических принципов формирования стратегий использования ВИЭ в контексте развития малого и среднего предпринимательства и разработка рекомендаций для их реализации в условиях России.

1. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ПОЗИЦИЙ СИСТЕМНОЙ ТЕОРИИ

Масштабная трансформация энергетического комплекса делает необходимым обеспечение условий для сохранения его устойчивости, что обуславливается следующими причинами. Во-первых, тем, что любые трансформационные процессы всегда сопровождаются нарастанием неустойчивости функционирования системы и повышением риска выхода из строя ее составных частей. Во-вторых, возрастающий поток производимой возобновляемыми источниками энергии, зависящий от погодных условий, приводит к необходимости его согласования со спросом на электроэнергию, что требует определенных трансформаций в энергетическом комплексе. Реакцией любой системы на возрастание воздействий внешней и внутренней среды является компенсация дополнительной нагрузки для сохранения способности продолжать функционирование в измененных условиях.

С учетом текущего момента, характеризующегося пересмотром национальных приоритетов России, уместно обращение к русским корням системной теории. Закономерности, происходящие в трансформирующихся системах, являются предметом изучения общей теории систем – *тектологии*, разработанной А.А. Богдановым и во многом недооцененной соотечественниками¹. Им введено понятие

¹ Тектология (от греч. – наука о строительстве) – общая теория организации и структуры систем, в основе которой (по А. Богданову) лежит положение о том, что законы организации систем едины для любых объектов, благодаря чему возможно их изучение в обобщенной форме. Термин «тектология» был введен Э. Геккелем, обозначившим им дисциплину, изучающую принципы строения живых организмов. Тектология А. Богданова (разработанная им в 1920-е гг.) предвосхитила кибернетику Н. Винера

структурной устойчивости – способности системы выполнять свои функции при действии различных внешних и внутренних факторов (Богданов, 1989).

По А. Богданову, в ходе трансформации системы в ней происходят ингрессии и дезингрессии. Если эволюция системы осуществляется путем формирования новых связей системы (с ее элементами или внешними на данном этапе для нее системами), то такой процесс называется ингрессией. В этом случае модифицированная система, состоящая из ранее самостоятельно функционирующих систем, обеспечивает выполнение своих функций в более широком диапазоне внешних воздействий, другими словами, обладает большей устойчивостью. В противном случае ингрессия не сохраняется, и система продолжает эволюционировать в направлении повышения своей структурной устойчивости, которая может сопровождаться отделением ее частей (дизингрессией).

При дезингрессии (которая неизбежна в трансформационных процессах) происходит разрушение старых связей системы или распад ее на составные части (другие системы). Таким образом, целенаправленная трансформация системы предполагает содействие устойчивым ингрессиям и противодействие тем дезингрессиям, которые сопровождаются снижением ее структурной устойчивости и могут обусловить ее распад. Для контроля над процессом используется некоторый набор ключевых показателей, находящихся в заданном диапазоне, за пределами которого система не в состоянии полноценно выполнять свои функции и теряет свою структурную устойчивость.

К числу таких показателей для трансформируемого энергокомплекса, развивающегося в своем составе сектор ЗЭ, можно, в частности, отнести следующие: 1) рост мощности пиковых источников энергии, компенсирующих воздействие стохастических природных

факторов, обусловленных использованием ВИЭ; 2) мера управляемости спросом потребителями энергоресурсов (с учетом ВИЭ); 3) соотношение цен в секторах традиционной и возобновляемой энергетики (как мотивационный аспект развития ВИЭ) и др.

Среди факторов, влияющих на объемы производства энергии на базе ВИЭ (экономических, технических, правовых и т.д.), значительную роль играют в том числе и стохастические природные условия (сила ветра, облачность и др.). Они принципиально отличают сектор ЗЭ от эксплуатации традиционных источников энергии (где одним из доминирующих факторов является спрос).

Традиционным решением является рост количественной устойчивости системы за счет наращивания мощности так называемых пиковых источников и систем аккумуляции энергии, задача которых – согласование изменений спроса и изменяющейся в зависимости от природных условий генерации ВИЭ. Однако такое решение вызывает повышение издержек производства электроэнергии. В свою очередь, рост цен на электроэнергию по цепочке межотраслевых связей обусловит удорожание производимых в стране товаров и потере их конкурентоспособности. Таким образом, рост издержек энергоснабжения вызовет снижение структурной устойчивости, во-первых, системы более высокого уровня – национальной экономики, а во-вторых (с учетом обратной связи) – энергокомплекса как ее составной части.

Альтернативным вариантом эволюции энергетического комплекса является формирование в нем новых связей и механизмов, направленных на использование возможностей потребителей изменять свой спрос на электроэнергию в зависимости от имеющихся технологических возможностей. Размещение объектов использования ВИЭ на различных территориях с сохранением их подключения к общей электросети и организацией локальной диспетчеризации у потребителя позволит сгладить неравномерность производства при

и общую теорию систем Л. Бергаланфи (Богданов, 1989; ru.m.wikipedia.org).

неблагоприятных погодных условиях (Некрасов, 2021б).

Долгосрочная тенденция снижения цен на электроэнергию ВИЭ содействует росту роли возобновляемой энергетики в мире. В период 2010–2020 гг. средние мировые цены на электроэнергию ветровых электростанций (ВЭС), расположенных на суше, снизились на 48% (с 8,9 до 3,9 цента США за 1 кВт·ч), на солнечных электростанциях (СЭС) – на 85% (с 38,1 до 5,7 цента за 1 кВт·ч). В наиболее удачных проектах цены на электроэнергию не превышали 3 и 1,5 цента США для ВЭС и СЭС. Для сравнения: диапазон затрат на производство электроэнергии на ископаемом топливе варьировал в зависимости от страны и вида топлива, но в целом находится в пределах от 5,5 до 14,8 цента США за 1 кВт·ч. (Renewables, 2022). А рост цен на энергоносители в 2021–2022 гг. создал предпосылки для увеличения стоимости производства электроэнергии из традиционных источников. В результате этой тенденции постоянно происходит увеличение доли ВИЭ в суммарной мощности вводимых электростанций. Этот показатель в 2011 г. достиг 50%, а 2021 г. – 83% (Renewables, 2022). При этом во все большем числе стран дальнейшее развитие ВИЭ уже не предполагает дотаций, столь необходимых на первоначальных этапах становления этого сектора энергетики.

Следует заметить, что прямое сравнение издержек производства энергии на ВИЭ и органическом топливе – вопрос условный. Так, уголь традиционно считается дешевым топливом; цена произведенной из него электроэнергии \approx 5,5 цента США за 1 кВт·ч. (на новых угольных шахтах Китая). Однако социальные издержки (затраты на восстановление здоровья людей, нарушенного в результате выбросов микропыли в шахтах и при сжигании угля), а также экологический ущерб (загрязнение прилегающих к производству территорий) в этой цене не учитываются. Но с учетом данных обстоятельств уголь, возможно, является самым «дорогим» для общества источником энергии. Эти соображения были

определяющими для развития сектора ЗЭ на протяжении десятилетий во многих странах, когда использование ВИЭ было в разы (а на первоначальных этапах – на порядок) дороже энергии ГЭС или ТЭС.

2. МАЛЫЙ БИЗНЕС КАК СИСТЕМА И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С СЕКТОРОМ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В последнее время в возобновляемой энергетике большинства стран успешно развивается сегмент генерации, осуществляемой на базе субъектов малого и среднего бизнеса (МСБ). Малые предприятия берут на себя функции производства электроэнергии для домашних и фермерских хозяйств, а также других субъектов рынка, находящихся на больших расстояниях от крупных производителей энергии, что обеспечивает уменьшение потерь при передаче энергии потребителям. Кроме того, они принимают на себя трансформационные и инновационные риски, что позволяет снизить потери, неизбежные при освоении новых сфер хозяйственной деятельности, к числу которых относится использование ВИЭ. При этом они:

- выступают как производители возобновляемой энергии, будучи юридическими лицами в сфере ЗЭ;
- предъявляют спрос на возобновляемую энергию в качестве малых фирм, функционирующих как в энергетике, так и в других отраслях национальной экономики;
- разрабатывают и совершенствуют технологии ВИЭ в рамках инновационно-ориентированных фирм;
- осуществляют инновационное обслуживание производителей возобновляемых источников;
- содействуют развитию регионов с низким уровнем удельного потребления электроэнергии на душу населения.

Особенности взаимодействия МСБ и сектора ЗЭ определяются как уровнем развития малого и среднего предпринимательства в различных странах, так и спецификой его структуры. Малый бизнес – важный сектор национального хозяйства развитых рыночных стран, составляя 40–60% ВВП. В России принята сегментация МСБ по следующим количественным показателям:

- микробизнес – фирмы с оборотом до 120 млн р. в год и (или) числом сотрудников до 15 человек;
- малый бизнес – фирмы с оборотом от 120 млн р. в год и до 800 млн р. и числом сотрудников от 16 до 100 человек;
- средний бизнес – фирмы с оборотом от 800 млн р. до 2 млрд р. в год и числом сотрудников от 101 до 250 человек.

Схожие критерии имеются и в других странах Европы и в США.

В то же время МСБ неоднороден и состоит из различных категорий малых и средних предприятий, образующих его структуру, которая гомологична для малого предпринимательства различных стран. Эти категории являются взаимодополняющими, а соотношение между ними определяет сбалансированность МСБ как системы в целом. Таким образом, МСБ может рассматриваться как система гетерогенного типа, в которой различаются следующие категории²:

- «*дети*» – новые малые предприятия, вырастающие с течением времени во «взрослую особь» и пополняющие крупный бизнес;
- «*генетические карлики*» – субъекты МСБ, у которых нет цели вырасти до размеров крупной компании. В тех случаях, когда имеются финансовые ресурсы, они склонны к образованию сетей малых фирм, создают

интеграции либо по многопрофильному типу, либо по принципу кооперации;

- *трансформеры* – наиболее гибкая часть субъектов МСБ, представленная тремя разновидностями:

- «*путешественники*», легко перемещающиеся в более доходные рыночные ниши;
- *реорганизаторы*, изменяющие виды своей деятельности путем достаточно существенных преобразований своего бизнеса;
- *имаго* – спящие фирмы, временно не осуществляющие деятельность.

Данные категории МСБ различным образом участвуют в процессах освоения новых ниш. В инновационных отраслях экономики, к числу которых относится ЗЭ, значительная часть субъектов МСБ представлена категорией «детей», принимающих на себя инновационные риски при организации новых производств, которые первыми проникают в открывающиеся ниши. Активно ведут себя также имаго, которые просыпаются ввиду возможных перспектив организации нового бизнеса. Реорганизаторы, «путешественники» и «карлики» обычно внедряются в новые области бизнеса как второй эшелон экспансии МСБ. Особенно существенно их отставание в том случае, если новая область сформировалась в сфере промышленного производства, что обусловлено их меньшей мобильностью. Такой же ход событий характерен и при развитии ЗЭ с привлечением капитала малого и среднего предпринимательства. При этом взаимодействие МСБ и ЗЭ сопровождается реализацией синергических эффектов, обеспечивающих эффективную трансформацию как электроэнергетики, так и МСБ.

Трансформация МСБ в результате его взаимодействия с возобновляемой энергетикой особенно актуальна в условиях России. Российская модель МСБ в сравнении с зарубежными аналогами отличается низким уровнем структурной устойчивости. Для нее характерно доминирование такой категории малого предпринимательства, как «путешественники», которая сформировалась преимущественно из малых предприятий сферы

² Более детально вопрос структуры МСБ рассмотрен в работах (Егорова, 2020; Егорова, Королева, 2021). Гетерогенность МСБ согласуется с принципом разнообразия У. Эшби: разнообразия в системе должно быть столько, чтобы его хватило для обеспечения ответа на возмущения внешней среды (Эшби, 1953; Гурина, Евсеев, 2018).

услуг и торговли. Очень невелика доля промышленных и инновационно-ориентированных малых фирм, образующих состав наиболее стабильной части российского МСБ (Егорова, 2021).

В ходе трансформационных процессов структура российского МСБ изменится и станет более сбалансированной за счет увеличения доли «детей», постепенно вырастающих в крупный бизнес, а также «генетических карликов», формирующих его устойчивую часть, а также сокращения числа имаго и реорганизаторов. Таким образом, развитие возобновляемой энергетики на базе малого предпринимательства повысит структурную устойчивость МСБ как сектора российской экономики.

3. РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА И МАЛЫЙ БИЗНЕС: СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ МАКРО- И МИКРОГЕНЕРАЦИЕЙ НА ВИЭ

Понятие распределенной энергетики (РЭ) является дискуссионным. Термины «распределенная энергетика», «малая энергетика», «малая генерация», «децентрализованная энергетика» и т.д. в научной литературе часто используются как синонимы. Существующие определения РЭ используют такие достаточно условные критерии, как близость источника генерации энергии к потребителю, мощность генерации и т.д. Однако при всех различиях трактовок этого определения общим является тот факт, что большая часть электростанций, использующих возобновляемые источники, считается одной из перспективных технологий РЭ. Таким образом, трансформация энергетического комплекса с включением в нее сектора ЗЭ осуществляется в том числе и через концепцию РЭ. При этом в зарубежных исследованиях развитие РЭ напрямую ассоциируется с использованием ВИЭ.

Важным моментом при анализе перспектив развития РЭ являются возможность привлекать капитал МСБ, что определяется в значительной степени доступностью для предпринимателя (потребителя и производителя энергии) средств малой и микрогенерации, а также содействие развитию регионов с низким уровнем удельного потребления электроэнергии на душу населения (Некрасов, 2022) на базе сетевых структур МСБ.

В соответствии с позицией WADE (Всемирного союза распределенной энергетики, World Alliance Decentralized Energy), основными объектами РЭ (наряду с существующими техническими установками и сетями) являются малые фирмы и домохозяйства³, осуществляющие малую или микрогенерацию вне зависимости от применяемых технологий или используемого вида топлива. Так, по определению WADE, малая и микрогенерация состоит в производстве электроэнергии на месте или вблизи места потребления независимо от физического объекта, применяемой технологии или топлива – как вне электрической сети, так и параллельно с сетью. Этот способ генерации предполагает создание собственных источников энергии на уровне домохозяйства или малой фирмы, что позволяет решать проблемы энергоснабжения как на уровне конечного потребителя, так и для энергетики в целом (Васильев, 2019).

Схожая позиция имеется и в российском законодательстве: согласно официальным документам, в российской энергетике отдельно выделяется малая энергетика – источники мощностью не более 25 МВт и микрогенерация – источники до 15 кВт. Если произвести приближенную денежную оценку годового производства энергии объектами малой энергетики (что составляет 120–750 млн р./год), то становится очевидным, что данные объекты подпадают под определение МСБ.

³ Как производители энергии, они приравниваются к так называемым малым домохозяйственным предприятиям (ОК 028 2012, 2021, consultant.ru).



Рис. 1. Системная связь (ингрессия) между МСБ и ВИЭ

Таким образом, понятия малой и микрогенерации являются ключевыми в системе понятий РЭ и одновременно представляют собой связующее звено между объектами МСБ и РЭ. В контексте рассматриваемой в данной статье задачи (исследование с системных позиций взаимодействия МСБ и ВИЭ) такое звено позволяет формировать новые связи методом ингрессии (по А. Богданову), что схематически представлено на рис. 1. Подобные связи приводят к новому качественному состоянию системы, повышая ее структурную устойчивость⁴.

РЭ – перспективное направление развития энергетического комплекса. За рубежом, где на долю РЭ уже приходится более 20% всего объема генерации, она является объектом государственной политики, рассматривающей ее как один из важнейших элементов энергетики будущего. Необходимость обеспечения постоянного баланса между спросом и генерацией из все возрастающего числа источников, зависящих от природных факторов, обусловило интенсивное развитие так называемых умных сетей. У экономических агентов (акторов РЭ) появилась возможность управлять объемами производства и потребления электроэнергии, в результате они расширили свои функции и стали выступать одновременно как производители, потребители и управляющие. Они стали получать доход не только

от снижения издержек (за счет уменьшения потерь при передаче и распределении энергии), но также и от подачи ее излишков в сеть.

Российская РЭ развивается стихийно: она недостаточно подкреплена соответствующими законодательными актами и мерами государственной поддержки, и ее доля в энергосистеме России значительно ниже среднемирового уровня. К числу основных экономических предпосылок развития РЭ в России относятся:

1) наличие отдаленных регионов, где невозможно использовать централизованные системы (а это – 2/3 территории страны);

2) рост издержек в централизованных сетях. В зонах, где технологически возможно подключение к ЕЭС, на собственную генерацию переходят многие промышленные предприятия из-за значительной стоимости подключения к сети, высоких тарифов и их постоянного роста. Проекты малой и микрогенерации достаточно эффективны (особенно при использовании совмещенной генерации электрической и тепловой энергии), окупаются в ряде случаев за два-три года и приносят прибыль до 5–6 р. за 1 кВт·ч (Андронов, 2018).

Особенность российской РЭ состоит в том, что она почти полностью ориентирована на использование газа и дизельного топлива (что связано со спецификой запасов ископаемых ресурсов), в то время как за рубежом – собственно на проекты ВИЭ. При этом в отдаленных регионах России микрогенерация осуществляется преимущественно на привозном топливе. Ее необходимость определяется исключительно спецификой местных условий, поскольку другие возможности подачи энергии отсутствуют. Рентабельность подобного способа энергоснабжения обычно

⁴ Метод ингрессии по А. Богданову – способ создания устойчивой связи между рассматриваемыми элементами путем использования чего-либо, обладающего свойствами их соединения (клей при соединении кусков дерева; сварка при соединении металлических предметов и т.д.). То есть того, что «входит» между организуемыми объектами. Отсюда и название – ингрессия (от лат. *ingressio* – вхождение).

очень низкая из-за высокой стоимости доставки топлива (главным образом дизельного). В этих случаях микрогенерация на базе ВИЭ может оказаться разумным дополнением существующей микрогенерации, о чем свидетельствует имеющийся опыт создания солнечных электростанций (СЭС) в Якутии (в селах Батагай, Ючюгей, Дулгалах и др.) (Андронов, 2018). Подобные решения обоснованы не только экономическими параметрами, но и более отдаленными негативными последствиями: ростом логистических издержек, загрязнением окружающей среды и т.п.

Таким образом, дальнейшее развитие российской РЭ с участием МСБ и проектов ВИЭ будет способствовать децентрализации производства энергии, более рациональному соотношению ее макро- и микрогенерации, а также содействовать развитию отдаленных территорий при уменьшении стоимости электроэнергии для проживающего на них населения.

4. МЕСТО РОССИИ В МИРОВОМ ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Доля ВИЭ в производстве электроэнергии в мире в 2021 г. достигла 28,3% (Renewables 2021, 2022), и, по прогнозу МЭА, в 2022 г. она увеличится на 8,5%, что обусловлено стремлением ряда европейских стран снизить свою зависимость от российского газа. Лидерами в ЗЭ являются Китай, Дания, Кения, Индия, Исландия, ОАЭ. В России этот показатель составил 0,53% и, согласно распоряжению Правительства РФ от 01.06.2021 № 1446-р, к 2035 г. значительно увеличится.

Таким образом, Россия существенно отстает от многих развитых стран по уровню развития возобновляемой энергетики, реализуя консервативную стратегию трансформи-

рования энергетического комплекса с включением в него сектора ЗЭ. Такое положение в значительной степени обусловлено: 1) наличием больших объемов ископаемых природных энергетических ресурсов (главным образом углеводородов); 2) сложившимся соотношением цен на энергоресурсы в традиционной и возобновляемой энергетике, которое на настоящий момент слабо мотивирует внедрение технологий ВИЭ и требует масштабных государственных дотаций. Однако развитие ЗЭ в большей степени зависит от приоритетов государственной политики. Это подтверждается опытом ОАЭ, где стартовая ситуация во многом была схожа с Россией. ОАЭ много лет развивались за счет нефтяных ресурсов, сейчас эти страны являются одними из лидеров в использовании ВИЭ.

Приоритеты экономической политики подвержены изменениям в зависимости от складывающейся международной обстановки и внешних экономических факторов. Так, на рубеже 2020-х гг. в российской политике считалось, что игнорирование факта необходимости постепенного перехода к ЗЭ является признаком недалекости энергетической политики, негативные последствия которой скажутся в будущем. В этот период рост темпа развития ВИЭ стал характерной чертой российской экономики. В 2021 г. суммарная выработка ВИЭ в единой энергосистеме (ЕЭС) выросла на 74,8%. Установленная мощность солнечных электростанций (СЭС) увеличилась на 13,5%. Более существенным стал прирост в ветровой энергетике. Годовая выработка ветровых электростанций (ВЭС) выросла на 162,4% – до 3619,8 млн кВт·ч. (Пересток.ру, 2022).

В настоящее время (после начала специальной военной операции на Украине) приоритеты российской экономической политики существенно сместились. Необходимость быстрого импортозамещения как реакция на экономические санкции, реализация социальных программ, инвестиции в военно-промышленный комплекс и т.д. значительно сужают область возможностей развития ЗЭ как задела

на будущее. Поэтому следует ожидать снижения темпов так называемого *энергетического перехода* с ориентацией на ЗЭ.

Поскольку решать проблему использования ВИЭ в любом случае необходимо, важным является обоснование концепции принятой стратегии развития ЗЭ. В большинстве стран эта стратегия реализуется преимущественно на базе крупного производства: в солнечной энергетике, также, как и в ветроэнергетике, имеет место рост мощности электростанций, единичная мощность которых часто превышает 2 ГВт. Основной вклад в прирост мощности СЭС дают крупные объекты, для строительства которых иногда требуется отчуждение десятков квадратных километров территорий, что не всегда рационально.

По пути ускоренного развития солнечной энергетике на базе крупных СЭС идут ОАЭ, максимально используя эффект масштаба для снижения цен на генерацию ВИЭ (<https://globalenergyprize.org>). Однако достаточно капиталоемкая *арабская модель* развития сектора ЗЭ неприменима для России, прежде всего по причине ее сложившихся к настоящему моменту стратегических приоритетов, а также с учетом природно-климатических факторов.

Более приемлемым для России вариантом следует считать *австралийскую модель* развития ЗЭ, учитывающую территориальную протяженность и необходимость развития отдаленных регионов страны. В Австралии более быстрыми темпами развивается малая генерация с использованием ВИЭ. Здесь в 2017–2018 гг. годовой прирост мощности солнечной энергетике крупных источников составил 45%, а индивидуальных – более 130% (АСТ, 2018). Только за 2021 г. прирост мощностей малых СЭС достиг 3,24 ГВт, или 10% за год. В итоге в стране к началу 2022 г. было установлено более 3 млн малых СЭС в домохозяйствах и на предприятиях сферы обслуживания (Growth rooftop solar, 2022). При этом рост ЗЭ в значительном степени происходил за счет привлечения частных инвестиций из сферы МСБ. В России также име-

ются недоиспользованные резервы на базе сочетания технологий ВИЭ с сектором МСБ, особенно в области солнечной энергетике.

В следующем разделе приводится конкретный пример использования энергии солнца для реализации системной связи МСБ – микрогенерация – генерация ВИЭ, представленной на рис. 1.

5. РОССИЙСКАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ НА БАЗЕ СИНТЕЗА С СЕКТОРОМ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

В мировой практике развития солнечной энергетике существуют различные способы преобразования энергии Солнца в электроэнергию. Однако не все они обладают существенным потенциалом массового распространения в условиях России. К их числу относятся плавучие солнечные панели и установка концентраторов солнечной энергии. Плавучие солнечные панели устанавливаются на поверхности различных акваторий. Данная технология не может широко применяться в российских условиях ввиду сезонного заморзания большинства водоемов.

Концентраторы солнечной энергии устанавливаются в местах сильной инсоляции (проект TuNug площадью 180 км² в Тунисе в пустыне Сахара, тепловые СЭС – Ivanpah и Genesis в Калифорнии и др.). Цены на произведенную ими электроэнергию выше в сравнении с ценами электроэнергии от солнечных панелей. В ряде случаев их использование обосновано в связи с тем, что график производства электроэнергии тепловых СЭС может регулироваться в отличие от графика генерации СЭС путем прямого преобразования энергии Солнца.

Особенность установки СЭС в районах урбанистической и сельской локаций населения состоит в приближении (а часто и в совпа-

дении) места генерации к месту потребления энергии, например, в рамках одного домохозяйства, что практически исключает потери на передачу энергии и соответствующие затраты на сетевую инфраструктуру. По способу получения солнечной инсоляции технологии различаются на неподвижные и отслеживающие перемещение Солнца. Хотя технологии слежения за Солнцем обеспечивают большую эффективность использования солнечного излучения, но они значительно дороже из-за их конструктивных особенностей и больших затрат на установку и обслуживание техники. В связи с этим вариант стационарного вертикального размещения солнечных панелей является бюджетным и может быть рекомендован для широкого использования, особенно для личных домохозяйств, субъектов МСБ и малых СЭС.

Стационарная установка солнечных панелей предполагает два варианта размещения: на крышах и на стенах домов. В первом варианте необходимо решить, как очищать солнечные панели от снежного покрова. В случае использования вертикальных поверхностей зданий и сооружений такая проблема отсутствует. Но во втором варианте эффективнее используется эффект альbedo (отражательной способности поверхности, в данном случае снежного покрова), усиливающий инсоляцию. Таким образом, природно-климатические условия России из фактора, препятствующего распространению солнечной энергетики (каковым является снежный покров), трансформируются в фактор более эффективного использования солнечной энергии.

Важным вопросом при использовании солнечных панелей является равномерность процесса микрогенерации. Он исследуется далее для вертикального фиксированного способа их установки путем сопоставительного анализа природно-климатических условий различных регионов РФ с использованием данных специализированного Агентства по солнечной энергетике (Photovoltaic Geographical Information System).

Оказалось, что вертикальное размещение панелей повышает равномерность произ-

водства электроэнергии на протяжении года в сравнении с другими способами их установки. При этом максимум производительности солнечных панелей достигается в Сибири и Забайкалье в весенний период, что объясняется низкими температурами и высоким альbedo нерастаявшего снежного покрова при большей продолжительности дня в сравнении с зимним периодом. При вертикальном расположении панелей дифференциация в годовом производстве электроэнергии между северными и южными регионами снижается и не превышает, например, для Сургута и Майкопа 20% (рис. 2).

Сопоставление производства электроэнергии в различных регионах указывает на более высокие перспективы развития солнечной энергетики в северо-восточных регионах РФ с длительным периодом снежного покрова по сравнению с южными и разрушает устоявшийся стереотип, что СЭС обеспечивает летний пик производства электроэнергии (Иванова и др., 2016).

Проведенный анализ позволил сформулировать следующие выводы.

1. В настоящее время в России не в полной мере используются такие факторы, как повышение эффективности производства электроэнергии солнечными панелями при снижении окружающей температуры и дли-

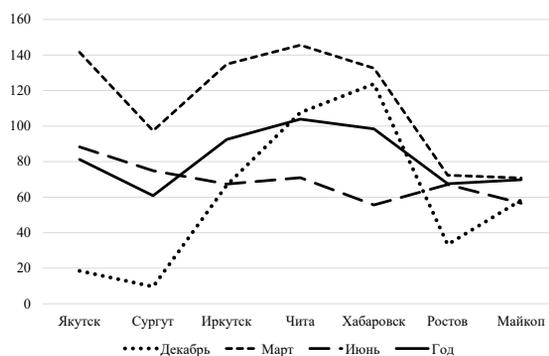


Рис. 2. Производство электроэнергии по месяцам и среднemesячное за год при вертикальном расположении 1 кВт панелей, кВт · ч/мес

Источники: составлено авторами по данным Photovoltaic Geographical Information System, 2022. URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

тельный период снежного покрова, увеличивающий их освещенность.

2. В наибольшей степени географические преимущества в части использования солнечной энергии можно реализовать при вертикальном расположении солнечных панелей. В этом случае график производства электроэнергии в течение года становится более равномерным по сравнению с другими способами их установки. Летний максимум выражен в меньшей степени и в регионах с устойчивым снежным покровом замещается максимумом в весенние месяцы.

3. При вертикальном размещении панелей целесообразно использовать наружные поверхности зданий и сооружений. В этом случае каждое используемое здание будет представлять отдельный объект распределенной энергетики. Сформирована новая подотрасль – солнечная микрогенерация на вертикальных поверхностях зданий и сооружений, она является экономической нишей для МСБ.

4. Окончательные рекомендации для реализации проекта размещения солнечных панелей на стенах домов требуют дополнительного экономического обоснования эффективности, которое должно производиться с учетом особенностей каждого конкретного случая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие малой энергетики, основанной на различных типах возобновляемых источников энергии, является способом повышения надежности энергоснабжения в результате диверсификации топливно-энергетического баланса. В ряде случаев она может вести не к повышению, а к снижению цен на электроэнергию. Для снижения стоимости энергоснабжения целесообразно развивать малую и микрогенерацию, в том числе с использованием ВИЭ. В соответствии с положениями всеобщей организационной науки тектологии, установление связей между малой энергетикой

и малым и средним бизнесом является методом повышения структурной устойчивости энергетического комплекса России. Одно из направлений – развитие солнечной микрогенерации с использованием вертикальных поверхностей зданий и сооружений для установки солнечных панелей. Использование солнечной энергии, являясь дополнением традиционных источников, ведет к снижению негативного антропогенного воздействия. Для развития солнечной энергетики в РФ необходимы разработка и обоснование целевой программы, предусматривающей координацию мер поддержки МСБ и индивидуального предпринимательства (в рамках соответствующей принятой программы развития малого бизнеса) и мер поддержки объектов ЗЭ. При этом должны быть задействованы механизмы, заинтересовывающие экономических агентов в применении технологий использования солнечной энергии и обеспечивающие массовое вовлечение как субъектов МСБ, так и населения.

Список литературы / References

- Алферова Т.В., Третьянов Е.А. (2012). Концептуальное моделирование определения категории «устойчивое развитие» // *Журнал экономической теории*. № 7. С. 34–47. [Alferova T.V., Tretyanov E.A. (2012). Conceptual modeling of the definition of the category “sustainable development”. *Journal of Economic Theory*, no. 7, pp. 34–47 (in Russian).]
- Андронов М. (2018). Распределенная генерация: будущее энергетики или тупик? // *Инвест-Форсайт*. [Andronov M. (2018). Distributed generation: the future of energy or a dead end? *Invest-Foresight* (in Russian).] URL: <https://www.if24.ru>
- Белюсов К.Ю. (2012). Устойчивое развитие компании и корпоративная устойчивость: проблемы интерпретации // *Проблемы современной экономики*. № 4. С. 120–123. [Belousov K.Yu. (2012). Sustainable development of the company and corporate sustainability: problems of inter-

- pretation. *Problems of Modern Economics*, no. 4, pp. 120–123 (in Russian).]
- Богданов А.А. (1989). Тектология – Всеобщая организационная наука. М.: Экономика. [Bogdanov A.A. (1989). *Tectology – General organizational science*. Moscow: Ekonomika (in Russian).]
- Васильев А. (2019). Микрогенерация и ВИЭ – две стороны одной медали // *Электротехнический рынок*. № 2. [Vasiliev A. (2019). Microgeneration and RES – two sides of the same coin. *Journal of the Electrotechnical Market*, no. 2 (in Russian).] URL: <https://www.elec.publication>
- Вилькова Е.М., Коршунова Ю.И., Торина А.В. (2021). «Зеленая» экономика – главный тренд нового десятилетия // *Актуальные научные исследования в современном мире*. № 12–13 (80). С. 89–91. [Vilkova E.M., Korshunova Yu.I., Torina A.V. Green economy is the main trend of the new decade. *Actual Scientific Research in the Modern World*, no. 12–13 (80). pp. 89–91 (in Russian).]
- Гурина Р.В., Евсеев Д.А. (2018). Ранговый анализ или ценологический подход в методологии прикладных исследований. Ульяновск: Ульяновский ГУ. 250 с. [Gurina R.V., Evseev D.A. (2018). Rank analysis or cenological approach in applied research methodology. Ulyanovsk: Ulyanovsk SU. 250 p. (in Russian).]
- Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. (2000). Экономический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция. [Danilov-Daniilyan V.I., Losev K.S. (2000). *Economic challenge and sustainable development*. Moscow: Progress-Tradition (in Russian).]
- Егорова Н.Е. (2021). Особенности российской модели малого бизнеса и последствия пандемии COVID-19 // *Вестник РГГУ*. № 1. С. 71–85. [Egorova N.E. (2021). Features of the Russian small business model and the consequences of the COVID-19 pandemic. *Bulletin of the Russian State University for the Humanities*, no. 1, pp. 71–85 (in Russian).]
- Егорова Н.Е., Королева Е.А., Торжевский К.А. (2020). Анализ качественной структуры малого бизнеса: основные категории малых предприятий, их функции, особенности стратегий развития // *Экономика и предпринимательство*. № 9 (122). С. 720–726. [Egorova N.E., Koroleva E.A., Torzhevsky K.A. (2020). Analysis of the Qualitative Structure of Small Businesses: Main Categories of Small Businesses, Their Functions, Features of Development Strategies. *Economics and Entrepreneurship*, no. 9 (122), pp. 720–726 (in Russian).]
- Егорова Н.Е., Королева Е.А. (2021). Методологические вопросы анализа малого бизнеса: гетерогенность его структуры и устойчивость развития // *Теория и практика институциональных преобразований в России: сб. научных трудов*. Вып. 51. М.: ЦЭМИ РАН. С. 74–102. [Egorova N.E., Koroleva E.A. (2021). Methodological issues of small business analysis: heterogeneity of its structure and sustainability of development. *Theory and practice of institutional transformations in Russia*. Collection of the scientific works. Iss. 51. Moscow: CEMI RAS, pp. 74–102 (in Russian).]
- Иванова И.Ю., Санеев Б.Г., Тугузова Т.Р., Халгаева Р.А. (2016). Возобновляемая энергетика – одно из направлений снижения антропогенной нагрузки в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // *География и природные ресурсы*. № 3. [Ivanova I.Yu., Saneev B.G., Tuguzova T.R., Khalgaeva R.A. (2016). Renewable energy is one of the ways to reduce the anthropogenic load in the central ecological zone of the Baikal natural territory. *Geography and Natural Resources*, no. 3 (in Russian).]
- Информационный портал «Энергетика и промышленность России» // Газета «Энергетика и промышленность России» (2020). № 14 (397). [Energy and Russian industry, magazine “Energy and Russian industry” (2020), no. 14 (397) (in Russian).] URL: <https://www.eprussia.ru>
- Ланьшина Т. (2019). Прогноз развития ВИЭ в России до 2035 года // *Научный Вестник ИЭП им. Гайдара*. № 9. С. 40–48. [Lanshina T. (2019). Forecast of RES development in Russia until 2035. *Scientific Bulletin of the Gaidar IEP*, no. 9, pp. 40–48 (in Russian).] URL: <https://www.iep.ru/ru/publicatcii/publication/nauchnyy-vestnik-iep-im-gaudara-ru-9-2019.html>
- Матиевский Д. (2020). Как заработать на зеленой энергетике // *Тинькофф журнал. Учебник*. [Matievsky D. (2020). How to make money

- on green energy. *Tinkoff Magazine. Text-book.* (in Russian).] URL: <https://journal.tinkoff.ru>
- Некрасов А. (2021a). Вирус не помеха зеленой энергетике // *РБК*. 10.12.2021. [Nekrasov A. (2021a). The virus is not a hindrance to green energy. *RBC*, 10.12.2021 (in Russian).]
- Некрасов С.А. (2021б). Снижение издержек интеграции возобновляемых источников электроэнергии в энергосистему – путь повышения доступности возобновляемой энергетики // *Теплоэнергетика*. № 68 (8). С. 5–16. [Nekrasov S.A. (2021b). Reducing the costs of integrating renewable energy sources into the energy system – a way to increase the availability of renewable energy. *Thermal Engineering*, no. 68 (8), pp. 593–603.] DOI: 10.1134/S0040601521070077
- Некрасов С.А. (2022). Рост электропотребления российских регионов как фактор их социально-экономического развития // *Экономика региона*. № 2. С. 405–423. [Nekrasov S.A. (2022). The growth of electricity consumption in Russian regions as a factor in their socio-economic development. *Economics of the Region*, no. 2, pp. 405–423 (in Russian).]
- ОК 028-2012. Общероссийский классификатор организационно-правовых форм (утв. Росстандартом № 505 от 16.10.20129 ред.2021 г.) Сектор домашних хозяйств / Консультант Плюс. [ARC 028-2012. All-Russian Classifier of organizational and legal forms, 2021 г. Household sector. Consultant Plus (in Russian).] URL: consultant.ru
- Переток.ру (2022). Новостной портал. [Peretok.ru (2022). News portal (in Russian).] URL: <https://peretok.ru/news/generation/24427/>
- Эшби У. (1953). Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностранной литературы. [Ashby W. (1953). Introduction to cybernetics. Moscow: Publishing House of Foreign Literature (in Russian).]
- Распоряжение Правительства РФ от 01.06.2021 № 1446-р. Изменения, которые вносятся в «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года».
- Blake Foden (2020). ACT leads the way in rooftop solar uptake, doubling capacity in 2018, 2019. The Canberra Times. URL: <https://www.canberra-times.com.au/national/act/act-leads-the-way-in-rooftop-solar-uptake-doubling-capacity-in-2018-20190112-p50qyc.html>
- Constaurd R. (1992). Ecological economics: science and management of sustainability. New York: Columbia University Press.
- Dovers S.R., Haudmer J.W. (1992). Uncertainty, sustainability and change. *Global Environmental Change*, vol. 2, iss. 4, pp. 262–276. DOI: 10.1016/0959-3780(92)90044-8
- Enerdata. URL: <https://russia.enerdata.net>
- Growth in rooftop solar slows due to lockdowns and supply chain issues (2022). URL: <https://www.theguardian.com/australia-news/2022/jan/19/growth-in-rooftop-solar-slows-due-to-lockdowns-and-supply-chain-issue>
- Hawker P. (1993). The ecology of commerce a declaration of sustainable. New York: Harper Business. URL: <https://p2infohouse.org/ref/31/30233.pdf>
- Photovoltaic Geographical Information System (2022). URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Renewables (2021). Global status report 2022. 371 p. URL: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf
- World Commission on Environment and Development. Our common future (1987). Oxford, 1987.
- Enerdata. URL: <https://russia.enerdata.net>

Рукопись поступила в редакцию 11.07.2022 г.

RENEWABLE ENERGY AND SMALL BUSINESS: SYNERGIES AND SUSTAINABILITY STRATEGIES

N. E. Egorova, S. A. Nekrasov

DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-89-103

Natalia E. Egorova, Doct. Sc. (Economics), Principal researcher, Central Economic and Mathematical Institute Rus-

sian Academy of Sciences, Moscow, Russia; nyegorova@mail.ru

Sergei A. Nekrasov, Doct. Sc. (Economics), Leading researcher, Central Economic and Mathematical Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; san693@mail.ru; ORCID 0000-0002-7649-0515

The article highlights topical and, in many respects, debatable problems of the development of renewable energy both in the world economy and in Russia. Despite a 75% increase in generation from wind and solar stations in 2021, Russia's share in global electricity generation significantly exceeds its share in the use of renewable energy sources. What should be the priorities of the Russian state policy in this area and what are the methodological foundations for the formation of a strategy for the development of “green energy” – the solution of these issues lies in line with the priorities of modern economic science? Based on the tools of the general organizational science – tektology – the paper provides a theoretical justification for the possibility of synergistic effects when small and medium-sized businesses are involved in the development of the renewable energy sector, including for Russian conditions. The result of the formation of new ties between the subjects of the sectors under consideration and the participation of small and medium-sized businesses in the project of creating “green energy” will be to increase the structural stability of the transformable energy complex of Russia, diversify its fuel and energy balance, reduce the negative anthropogenic impact on the environment while reducing the cost of electricity for a wide range of end consumers. Using the example of solar microgeneration on the vertical enclosing surfaces of buildings and structures, the advantages that are currently not fully used for its development in the northern and eastern regions of Russia, which can be realized by small and medium-sized businesses without taking the territories out of economic circulation, are revealed.

Keywords: renewable energy sources, synergy, structural stability, systems analysis, small business.

JEL classification: P41, Q42, Q48.

For reference: Egorova N.E., Nekrasov S.A. (2022). Renewable energy and small business: Synergies and sustainability strategies. *Economics of Contemporary Russia*, no. 4 (99), pp. 89–103. DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-89-103

Manuscript received 11.07.2022

РОЛЬ МАЛОГО БИЗНЕСА В КОНТЕКСТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

С.Я. Чернавский

DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-103-125

Из-за неравномерного размещения месторождений органического топлива многие страны мира вынуждены импортировать нефть, природный газ, уголь, чтобы поддерживать рост экономики и развитие электро- и теплоснабжения, химической промышленности, транспортной инфраструктуры. Межрегиональная и межстрановая торговля такими важнейшими для экономики энергоресурсами, как нефть и природный газ, в значительной мере зависит от экономического поведения основных производителей нефти и природного газа, которое, как показала практика, при истощении собственных месторождений время от времени тормозит рост экономики стран-импортеров нефти и газа. Стремление технологически развитых стран-импортеров освободиться от импорта энергоресурсов привело к тому, что к настоящему времени удалось снизить издержки производства электроэнергии солнечными и ветряными электростанциями, так что в некоторых случаях они оказались рентабельными и могут заменить какую-то часть импорта нефти и (или) газа. Основными экономическими агентами, использующими солнечную и ветровую энергию, являются крупные компании. Однако Н.Е. Егорова и С.А. Некрасов, основываясь на том, что и солнечный свет, и ветер – это источники первичной энергии, пространственная плотность которых ниже, чем органи-

© Чернавский С.Я., 2022 г.

Чернавский Сергей Яковлевич, доктор экономических наук, кандидат технических наук, главный научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН, Москва, Россия; sergeichernavsky@mail.ru