
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

ческое топливо, видимо, впервые в мировой научной литературе исследовали вопрос: нельзя ли подключить малый и средний бизнес для расширения ареала и масштаба использования солнечной и ветровой энергии для производства электроэнергии. Для ответа на поставленный вопрос Н.Е. Егорова и С.А. Некрасов использовали тектологию – теорию, предложенную А.А. Богдановым в начале 1920-х гг. С ее помощью они получили положительный ответ. Он был подкреплен учетом вертикального расположения приемников солнечного света, что расширило ареал локализации солнечных электростанций. Этому вопросу посвящена данная статья. Выполненный анализ показал, что перспектива участия малого и среднего бизнеса (МСБ) носит нишевый характер и привлечение инвесторов в эту сферу человеческой деятельности возможно при получении приемлемых для инвесторов экономических характеристик локализованных проектов солнечных и ветряных электростанций.

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

Классификация JEL: O13, P18, P41, P48, Q38, Q42, Q47, Q54.

Для цитирования: Чернавский С.Я. (2022). Роль малого бизнеса в контексте использования нетрадиционных возобновляемых источников первичной энергии в России // *Экономическая наука современной России*. № 4 (99). С. 103–125. DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-103-125

ВВЕДЕНИЕ

Разработка рентабельных технологий, с помощью которых человечество смогло бы извлекать первичную энергию из природных нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в необходимых ему количествах, – одна из наиболее актуальных и дискуссионных проблем в энергетике. Ей посвящено множество работ.

Основные виды, включаемые обычно в состав НВИЭ, – солнечный свет, ветер, древесина, другие виды биоматериалов (биотопливо), малые ГЭС, тепло недр Земли, прили-

вы океанов и морей. Крупные ГЭС, входящие в состав ВИЭ, не включают в состав НВИЭ, поскольку они используются для производства электроэнергии с самого начала появления этой отрасли и рассматриваются как традиционный источник электроэнергии.

Совокупность энергоустановок, использующих НВИЭ, и крупных ГЭС часто называют «зеленой энергетикой» (ЗЭ). Поскольку основной проблемой в выбранной теме является выяснение роли в ЗЭ малого и среднего бизнеса (МСБ), можно ограничиться рассмотрением энергетике, использующей НВИЭ, так как ниши для МСБ в сооружении и эксплуатации крупных ГЭС не существует.

Источник энергии квалифицируется как возобновляемый, если скорость его использования не превышает скорости его возобновления. Следует иметь в виду, что некоторые виды НВИЭ – ресурсы двойного-тройного назначения. Например, древесина – это не только дрова, но и сырье для изготовления домов, мебели, бумаги и пр., а также поглотитель самого распространенного парникового газа CO₂. Скорость расходования древесины по этим направлениям ее утилизации уже давно выше скорости ее восстановления в лесах. Постепенно площадь, занимаемая лесами, сокращается, т.е. сокращается также сырьевая база целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Снижается значимость древесины как инструмента смягчения угрозы глобального потепления. Это ограничивает масштаб использования древесины как НВИЭ. Тем не менее для человечества в целом древесина сегодня – невозобновляемый ресурс, поскольку из-за антропогенной деятельности наблюдается облесение Земли. Солнечная энергия – энергоресурс двойного назначения, так как она преобразуется как в тепло, так и в электроэнергию.

Отнесение ядерной энергетике (ЯЭ) к возобновляемому (или невозобновляемому) источнику энергии зависит от вида ядерных реакторов. В реакторах на тепловых нейтронах источником выделяющейся в реакторе энергии является реакция деления U-235. Это

изотоп, содержание которого в природном уране составляет около 0,7%. Поэтому ядерная энергетика, в которой в основном работают АЭС с реакторами на тепловых нейтронах, представляет собой невозобновляемый источник энергии, так как количество U-235 в запасах (это коммерчески эффективные ресурсы) природного урана ограничены. В реакторах на быстрых нейтронах (бридерах) и в некоторых реакторах на тепловых нейтронах (накопителях), кроме реакции деления, организуется реакция трансформации неделящегося изотопа U-238 в делящиеся изотопы, в том числе в Pu-239. При этом число появившихся делящихся изотопов больше числа разделившихся изотопов. Таким образом, реактор на быстрых нейтронах создает ядерное топливо (эти реакторы называют также реакторами-размножителями). В результате ЯЭ, в составе которой работает композиция из АЭС с быстрыми и тепловыми реакторами, представляет собой возобновляемый источник энергии, при этом возобновление происходит не в природе, а в ядерном реакторе (бридере, или накопителе). Широкомасштабное развитие бридеров – дело отдаленного будущего, поэтому сейчас ЯЭ не включают в список НВИЭ.

Так, на запрос «нетрадиционные возобновляемые источники энергии» поисковик Google.ru в начале сентября 2022 г. дал 75 400 откликов. В найденных материалах роль НВИЭ в структуре используемой первичной энергии рассматривается в таких контекстах, как глобальное потепление климата на Земле, снижение издержек производства тепла и электроэнергии, уменьшение зависимости стран от импорта нефти и природного газа, неоправдавшиеся ожидания роста приемлемости ядерной энергетики, субсидирование НВИЭ, роль стартапов¹ в развитии технологий утилизации

¹ Стартапы, как правило, получают субсидии из фондов или государственного бюджета и не являются коммерческими предприятиями. Поэтому, несмотря на обычно небольшое число работников в стартапах, их обычно не рассматривают как малые или средние бизнесы. Если стартап оказывается успешным и достигает

НВИЭ, источники финансирования стартапов в НВИЭ, влияние пандемии COVID-19.

Редакция журнала «Экономическая наука современной России» публикует в данном номере статью (Егорова, Некрасов, 2022) «Возобновляемая энергетика и малый бизнес: стратегии синергизма и устойчивого развития». В ней речь идет об утилизации энергии не всех, а только двух самых популярных сегодня НВИЭ – солнечном свете и ветре. Использование НВИЭ в контексте малого и среднего бизнеса, а именно этот аспект рассматривается в статье, в найденных материалах по теме ВИЭ практически не освещено. Так, об этой стороне развития ВИЭ не упоминается ни в обширной коллективной монографии (Экономика и управление..., 2009), ни в обширном обзоре (Возобновляемые источники энергии, 2020), подготовленном Институтом энергетике НИУ «Высшая школа экономики», ни в справочнике по ВИЭ (Справочник по возобновляемой энергетике Европейского союза, 2016). Правда, на запрос «малый и средний бизнес в России на нетрадиционных возобновляемых источниках энергии» Google.ru откликнулся 18 100 ссылками. Но они не освещают картину развития малых и средних российских компаний, использующих НВИЭ. Поэтому дискуссия по теме статьи Н.Е. Егоровой и С.А. Некрасова, несомненно, актуальна. Редакция журнала «Экономическая наука современной России» решила инициировать обсуждение столь важной темы на своих страницах. С любезного согласия авторов редакция познакомил меня со статьей до ее публикации. Моя статья, таким образом, является расширенной репликой на статью Н.Е. Егоровой и С.А. Некрасова, в которой есть два дискуссионных вопроса: 1) насколько перспективно в России использование солнечной и ветровой энергии и 2) какой может быть роль малого и среднего бизнеса (МСБ) в развитии этих видов НВИЭ?

коммерческой рентабельности, его обычно покупает крупная коммерческая компания или стартап сам трансформируется в коммерческую компанию.

1. ВЫЯВЛЕНИЕ МИССИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ И РОЛИ В НЕЙ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Масштабный интерес к ВИЭ в развитых странах возник совсем недавно, примерно два десятка лет тому назад. Неискушенный человек может подумать, что все они – новые для человека виды первичной энергии. Однако человечество пользовалось возобновляемыми источниками первичной энергии на протяжении всей своей истории. Вначале это была мускульная энергия людей и домашних животных. Мускулы людей и животных были не только источниками энергии, они обслуживали также множество других потребностей в жизни человека. С изобретением огня человек стал использовать в качестве источника энергии древесину, позже – кинетическую энергию водных потоков (гидроэнергию), тепло подземных вод (геотермальную энергию), кинетическую энергию ветра (ветровую энергию). ВИЭ в качестве источников первичной энергии, используемых человечеством, доминировали много веков². Основными потребителями извлекаемой из возобновляемых источников энергии были домашние хозяйства и армии.

После первой промышленной революции стали строить промышленные предприятия. Им нужна была энергия в таких объемах, которые традиционные ВИЭ уже не могли им предоставить. Уголь стал вытеснять³ ВИЭ из структуры первичной энергии, потребляемой промышленностью. Хотя сжигание угля сопряжено с загрязнением атмосферного воздуха золой, несгоревшей угольной пылью, оксидами углерода, серы и азота, уголь в течение десятков лет во многих странах был основным источником первичной энергии. Рост до-

² То есть на протяжении многих столетий они играли роль традиционных источников энергии (ТИЭ).

³ В Англии добыча угля началась еще в XII в.

бычи угля⁴ приводил к снижению значимости ВИЭ для общества, хотя все еще сохранялись экономические пространства и области человеческой деятельности, в которых и мускульная энергия, и дрова играли важную роль.

Во второй половине XIX в. к углю подключилась нефть. Ее ценность как источника первичной энергии резко выросла после изобретения двигателя внутреннего сгорания, когда масштаб перемещений людей и грузов с помощью автомобилей и самолетов стал быстро увеличиваться. Соответственно, рос спрос на моторное топливо: бензины, керосины, дизельное топливо и др. В 1920-е гг. после изобретения техники сварки стальных труб заметной статьей в приходной части энергетического баланса многих стран постепенно становился природный газ.

Для промышленности, транспорта и домашних хозяйств нефть и природный газ оказались настолько привлекательными, что возникли новые неэнергетические направления их применения. В результате автомобилизации и химизации экономики во многих промышленно развитых странах нефть, природный газ и коксующийся каменный уголь стали важнейшими сырьевыми продуктами для химической промышленности, металлургии, производства строительных материалов, автомобильной и авиационной промышленности и пр. Использование нефти, газа и угля как сырья ограничивало их использование как топлива⁵.

Тем не менее в мире было достаточно запасов⁶ нефти и природного газа, чтобы

⁴ Среднегодовой темп роста мировой добычи угля (рассчитанный по формуле сложных процентов) в период с 1860 по 1910 г. составил 4,2%/год, т.е. объем добычи удваивался каждые 16 лет (Мировая энергетика..., 1980, с. 67).

⁵ Так, среднегодовой темп роста мировой добычи угля в 1910–1950 гг. составил 0,6%/год. Однако в 1955–1975 гг. в связи с ростом спроса на электроэнергию этот показатель вырос до 2,35%/год (Мировая энергетика..., 1980, с. 67).

⁶ Запасы – ресурсы, добыча которых с помощью существующих технологий рентабельна.

с помощью мировой и региональной торговли поддерживать растущий спрос на них со стороны тех стран, у которых собственных запасов нефти, газа и высококачественного каменного угля было недостаточно для желаемого роста экономики. Традиционными доминирующими природными источниками первичной энергии в экономике большинства стран стали уголь, нефть, природный газ и мощные ГЭС.

Оценки разведанных ресурсов органического топлива на Земле показали, что их совокупности достаточно, чтобы обеспечить мировую экономику энергией в течение нескольких десятилетий и «энергетический голод человечеству не угрожает даже в отдаленном будущем» (Стырикович, 1980, с. 11). Казалось, эпоха ВИЭ как основных видов источников первичной энергии, используемых человечеством, отошла в прошлое из-за нерентабельности их использования с помощью существовавших технологий. В описаниях образа будущего их роль определялась как незначительная. Вот пример такого описания, данного в 1980-е гг. крупнейшим российским энергетиком М.А. Стыриковичем: «Можно согласиться с тем, что ВИЭ вряд ли могут составить заметную часть в энергобалансе мира даже в весьма отдаленном будущем» (Стырикович, 1980, с. 22).

Однако если мир в целом достаточно хорошо обеспечен совокупностью ресурсов органического топлива и мощных ГЭС, то картина обеспеченности ими по отдельным странам очень пестрая, и это изменило судьбу НВИЭ.

Стран, на территории которых обнаружены запасы нефти и природного газа, многократно превышающие спрос на них, очень мало. Они хорошо известны.

Но у многих промышленно развитых стран (Японии, Южной Кореи, Тайваня и т.п.) не было и нет ни гидроресурсов, пригодных для сооружения мощных ГЭС, ни запасов органического топлива, адекватных спросу на них. Чтобы экономически развиваться, они вынуждены импортировать органическое топливо в мощных океанских танкерах и сухо-

грузах. При этом активно использовался эффект экономии от масштаба – строились все более крупнотоннажные танкеры и сухогрузы. Для транспортировки привлекательного для потребителей природного газа они были непригодны, поэтому была разработана коммерчески приемлемая технология перевозки по воде сжиженного природного газа (СПГ). Под ее влиянием в настоящее время формируется мировой рынок природного газа.

Некоторые страны достаточно хорошо обеспечены запасами угля, но адекватных запасов углеводородов на их территории не обнаружено (например, в Китае, Индии, ЮАР). Эти страны вынуждены импортировать углеводороды⁷. Без них трудно (если вообще возможно) организовать экономически приемлемые системы перемещения людей и грузов, а также развивать химическую промышленность, производство строительных материалов, изготовление пластмасс, шин и пр.

У большинства же других развитых и развивающихся стран, в том числе стран Западной Европы, собственных запасов традиционных источников первичной энергии слишком мало⁸ (разрабатываемые месторождения нефти и газа постепенно истощаются).

Но даже в этих странах, не обеспеченных собственными ресурсами органического топлива, в течение десятилетий не предпринимались меры для ускоренной разработки технологий использования НВИЭ. Их экономические агенты предпочитали импортировать уголь, нефть, природный газ, ставшие традиционными источниками энергии. Рост ценности углеводородов стимулировал работы, направленные на поиск новых месторождений. В 1960-е гг. было открыто несколько очень крупных месторождений нефти и газа в Западной Сибири и Северном море. В европейских странах вырос уровень экономической доступности нефти и природного газа.

⁷ Так, Индия импортирует сегодня около 90% потребляемой нефти.

⁸ Европейский союз (ЕС) импортирует около 84% потребляемого природного газа.

В 1960 г. с созданием ОПЕК – международного нефтяного картеля, объединившего пять нефтедобывающих стран (к концу 1960-х гг. их число возросло до 11), в политике которых большую роль играл ислам, возникла возможность манипулировать ценами нефти на мировом рынке. В течение примерно 13 лет ОПЕК не пользовался своей рыночной властью, однако в конце 1973 г. ОПЕК «проснулся» и стал в шоковом режиме повышать цену нефти на мировом рынке, что вызвало мировые энергетические кризисы и стало сигналом конца «эпохи дешевой энергии» (Стырикович, 1980, с. 11).

Как человечество пыталось справиться с резким повышением затрат общества на энергоснабжение? Некоторые возможности были открыты еще в конце 1950-х гг. Так, в 1954 г. в СССР была построена первая в мире АЭС. В нескольких странах (СССР, США, Великобритания, Франция) разработка техники использования ядерной энергии для производства электроэнергии на АЭС настолько щедро финансировалась, что уже в начале 1960-х гг. АЭС стали рентабельными в базовом режиме нагрузки, успешно конкурируя с тепловыми электростанциями на органическом топливе (ТЭС).

Под влиянием этих успехов в 1960–1970-е гг. стали интенсивно строить АЭС с тепловыми реакторами. Появилась вполне обоснованная надежда на то, что рост мировой энергетики может быть обеспечен с помощью ядерной энергетики. Так, по прогнозу Мирового энергетического конгресса (МИРЭК, 1978 г.), в 2020 г. ее доля в структуре мирового производства первичной энергии должна была бы составить 31% – что больше нефти и природного газа (28%), а также угля (26%) (рассчитано по данным (Мировая энергетика..., 1980, с. 28)). Воплощение этих надежд освободило бы развитые страны – импортеры ТИЭ от зависимости от ОПЕК (в большинстве секторов экономики, за исключением, вероятно, только нефти, перерабатываемой в моторное топливо).

Большие надежды возлагались на ядерную энергетику и в СССР, где разрабатывалось

несколько типов ядерных реакторов. В СССР смысл этих надежд был иным, чем в странах – импортерах нефти. В то время по многим прогнозам⁹ к концу XX в. в европейской части страны АЭС должны были вытеснить из сферы производства электроэнергии электростанции на органическом топливе (ТЭС), а с помощью атомных теплоэлектроцентралей (АТЭС) и атомных станций теплоснабжения (АСТ) – потеснить ТЭС и котельные на органическом топливе в сфере производства тепла. Эти прогнозы были основаны на фактических данных, показывавших, что при нормальной эксплуатации АЭС издержки производства электроэнергии и тепла на ядерном топливе ниже, чем на органическом. Рост суммарной мощности АЭС в СССР позволил бы увеличить экспорт из страны очень дорогих энергоресурсов – нефти и природного газа, что, по мнению руководства страны, ускорило бы рост экономики.

Надежды на ядерную энергетику были связаны не только с тем, что с ее помощью человечеству удастся противостоять росту издержек энергоснабжения экономики и доминированию картельного механизма ценообразования на мировом рынке нефти. В 1960–1970-е гг. появились заслуживающие доверия исследования, в которых было показано, что человеческая деятельность внесла и продолжает вносить существенный вклад в наблюдаемое в XIX–XX вв. повышение концентрации парниковых газов в атмосфере Земли. Основной вклад в антропогенную эмиссию парниковых газов вносит сжигание органического топлива. Была обнаружена положительная корреляция между концентрацией парниковых газов в атмосфере и потеплением климата на Земле. Оценки показали

⁹ Согласно Основным направлениям экономического и социального развития СССР на 1986–1990 и на период до 2000 года «в европейских районах практически прекращается строительство новых конденсационных тепловых электростанций (КЭС) на органическом топливе» (Воробьев, Воскресенский, Гончаров, 1987, с. 172).

также, что следование сложившемуся тренду антропогенной эмиссии парниковых газов приведет к существенному снижению комфорта жизни людей на Земле. Во многих местах нормальный уровень комфортной жизни окажется недостижимым. Хотя результаты были получены с помощью представительных климатических моделей, некоторые авторитетные ученые и исследовательские организации не признавали значимость влияния антропогенной эмиссии парниковых газов на потепление климата на Земле¹⁰.

Во всяком случае ускоренный рост строительства АЭС обещал стать эффективным инструментом, противостоящим угрозе глобального потепления климата, а также обеспечивающим независимость промышленно развитых стран от случайных и неслучайных колебаний цен на мировых и региональных рынках нефти и природного газа.

Но последующие события показали, что ядерная энергетика – более сложная искусственная система, чем думали ее создатели и разработчики. Авария на АЭС Three Mile Island в 1979 г. и катастрофические аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и АЭС Фукусима в 2011 г. подтвердили это. Во многих странах авария на АЭС Three Mile Island произвела шоковое впечатление на общественное мнение. Казалось бы, для этого не было достаточно серьезных оснований, хотя активная зона реактора расплавилась, выброс радиоактивности за пределы АЭС удалось предотвратить. Население не получило дополнительных доз радиации. Однако после этой аварии в некоторых странах были остановлены или заторможены программы строительства АЭС.

Поэтому на некоторое время на первый план вышли программы энергосбережения и повышения энергоэффективности экономи-

ки. Вскоре выяснилось, что энергоресурсный потенциал этих программ оказался недостаточным для поддержки энергообеспечения растущей мировой энергетики. Пришлось снова вернуться к вопросу о том, с помощью каких источников первичной энергии можно обеспечить рост мировой экономики и повышение ее эффективности. Ответ на этот вопрос зависел от того, в какой мере та или иная страна обеспечена собственными традиционными источниками энергии.

Россия, на территории которой найдено и разрабатывается множество крупных месторождений природного газа, нефти, угля и построено много мощных ГЭС, – одна из немногих промышленно развитых стран, хорошо обеспеченных собственными традиционными источниками энергии. Их использование было сопряжено с меньшими издержками, чем при использовании ВИЭ. Разработка технологий использования НВИЭ: солнечного света, ветра, биотоплива, тепла Земли, малых ГЭС, приливов на берегах морей и океанов рассматривалась руководством страны скорее как страховка, позволяющая технологически не отставать от стран с рыночной экономикой. Справедливость этой гипотезы подтверждается прогнозами, разработанными в 2008 г. ЗАО «Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике» (Экономика и управление..., 2009, с. 586). Авторы этого прогноза (92 человека) оценили, что в электроэнергетике России доля ТЭС в структуре ввода новых мощностей в 2008–2015 гг. составит 72,2%, АЭС – 14,5; ГЭС – 13,2; а НВИЭ – 0,07%¹¹. Без оценки осталось такое традиционное для российской электроэнергетики направление, как централизованное теплоснабжение. Нет никаких следов в этом прогнозе и участия предприятий малого и среднего бизнеса (МСБ) в применении не только ВИЭ, но и других источников первичной энергии. Видимо, это направление развития энергетики авторы расценили как несущественное.

¹⁰ В своих работах они «не замечали» проблемы глобального потепления или не рассматривали глобальное потепление как существенную угрозу цивилизации (см., например, (Мировая энергетика..., 1980; Стырикович, 1980; Воробьев, Воскресенский, Гончаров, 1987; Аникеев, Жибоедов, 1995)).

¹¹ Рассчитано автором по данным, приведенным в (Экономика и управление..., 2009, с. 591).

Однако, в отличие от России, большинство стран мира не имели и не имеют адекватных спросу запасов ТИЭ, и для них использование НВИЭ может стать важным инструментом экономического развития. И в то время когда в России фактически не замечали НВИЭ, их доля в мировом производстве первичной энергии составляла 1,1% – на порядок больше, чем в России. При этом в приросте мирового производства первичной энергии в 2008–2015 гг. доля НВИЭ составляла 11,7%¹², и НВИЭ использовались для производства не только электроэнергии, но и тепла.

Не последнюю роль в попытке реанимировать НВИЭ сыграло и продолжает играть изменение отношения к климатическим моделям, используемым в научных исследованиях. Если еще совсем недавно полученные с их помощью результаты многие воспринимали как недостаточно доказанные, то сегодня уже большинство аналитиков рассматривают глобальное потепление климата на Земле как очень вероятное будущее, угрожающее всему человечеству (см., например, (Корякин, 2002; МГЭИК (IPCC), 2011a; МГЭИК (IPCC), 2011b)). Результаты, полученные в (МГЭИК (IPCC), 2011a; МГЭИК (IPCC), 2011b), показывают, что неприемлемого для людей уровня изменения климата еще можно избежать или смягчить (mitigate) вред от его последствий, изменив некоторые направления человеческой деятельности.

Какие инструменты, смягчающие угрозу потепления климата, имеются у людей? Их можно разделить на две группы. Одна группа – меры, направленные на процессы поглощения парниковых газов, находящихся в атмосфере. По оценкам «Википедии», в атмосфере содержится около 800 Гт наиболее распространенного парникового газа – CO₂. Оказавшись в атмосфере Земли, молекула CO₂ живет в ней примерно 50–200 лет (Корякин, 2002, с. 203), подогревая в течение всей своей жизни атмо-

сферный воздух. Сокращение жизни парниковых газов путем их поглощения растительностью – одно из наиболее важных направлений смягчения угрозы глобального потепления, которое могло бы значительно смягчить угрозу глобального потепления. В реальности доминирует другой процесс – дефорестация (исчезновение лесов) поверхности Земли. Растет спрос на продовольствие, что ведет к вырубке лесов, трансформации лесных угодий в пастбища и пахотные земли. Не сокращается спрос на переработанную древесину со стороны промышленности, мебельного производства, а также на дрова, сжигаемые для отопления и приготовления пищи. Знаменательно, что участниками дефорестации являются не только развивающиеся страны: Китай, Пакистан, Таиланд, Мексика, Бразилия, Россия, Индия и др., которые стремятся увеличить темпы роста своих экономик, чтобы ликвидировать свое отставание от развитых стран (понятное стремление), но и развитые, в частности США.

Поскольку остановить дефорестацию с помощью межстрановых механизмов практически пока невозможно, основное внимание международных организаций обращено на сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу. Здесь объектом наибольшего внимания оказалась энергетика, которая выделяет в атмосферу около трех четвертей антропогенной эмиссии парниковых газов. В наборе мер, направленных на снижение вклада энергетика в антропогенную эмиссию парниковых газов, рассматриваются:

- 1) снижение доли угля и нефти в структуре потребляемой первичной энергии путем замещения их природным газом;
- 2) сокращение эмиссии парниковых газов с помощью энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- 3) сокращение потребления энергии мировой экономикой;
- 4) введение дополнительных налогов на потребление энергии и продуктов, производство которых сопряжено с эмиссией парниковых газов;

¹² Рассчитано автором по данным, приведенным в (Мировая энергетика..., 1980, с. 28).

5) замещение органического топлива в структуре мирового энергетического баланса ядерной энергией;

б) замещение органического топлива в структуре мирового энергетического баланса нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии.

Но в некоторых странах уровень жизни большинства населения настолько ниже уровня жизни в развитых странах, что руководители сильно отставших стран в своей экономической политике отдают приоритет не снижению темпов роста экономики, а, напротив, их ускорению, что влечет за собой ускорение темпов эмиссии парниковых газов в атмосферу в этих странах.

Если все же руководство страны решило сотрудничать с другими странами, стараясь смягчить угрозу глобального потепления, то в палитре возможных мер каждая страна выбирает те инструменты, которые в наибольшей мере отражают основные стратегические цели данной страны. Как и у обычных экономических агентов, приоритет получают те инструменты, которые лучше обслуживают интересы конкретной страны. Это особенно характерно для слаборазвитых и развивающихся стран, где рост экономики имеет высший приоритет. Эти страны обычно неохотно используют инструменты, которые ради достижения общечеловеческих целей могут тормозить рост собственной экономики.

Из-за плохо развитой транспортной инфраструктуры в некоторых регионах развивающихся стран, например в тропическом поясе Африки, использование первичной энергии из ТИЭ ограничено. Возникает ниша для подключения к энергоснабжению некоторых видов НВИЭ, прежде всего солнечной энергии, с помощью которой производится тепло для приготовления пищи, горячего водоснабжения и отопления (шестое направление). Если при наличии спроса на электроэнергию отсутствует общая электрическая сеть, то возникает потребность в сооружении собственной изолированной небольшой

электрической сети¹³. В этих нишах кажется естественным появление предприятий МСБ, однако целесообразность их появления надо доказывать расчетами (как правило, так и делается).

Развитые страны обычно имеют больше финансовых, технических и экономических возможностей при выборе направлений противодействия угрозе глобального потепления. Кроме того, в этих странах более зрелое общественное мнение, с которым власти, желающие сохранить свое доминирующее положение в обществе, вынуждены считаться. Поэтому неудивительно, что в этих странах используются не только первые два, но и в той или иной мере остальные списочные инструменты. Нет сомнений в том, что, если бы в этих странах ядерная энергетика была приемлемой как безопасная отрасль, наивысший приоритет получило бы пятое направление, при реализации которого ядерная энергетика почти полностью вытесняет органическое топливо из структуры потребляемой первичной энергии. Ядерная энергетика использовали бы не только развитые, но и отсталые и развивающиеся страны с помощью механизмов технической помощи со стороны стран, имеющих опыт строительства и эксплуатации АЭС, АТЭЦ и АСТ. В результате сбывся бы прогноз Ю.И. Корякина, согласно которому в начале XXI в. «АЭС (вместе с АТЭЦ и АСТ – С.Ч.) выходят в абсолютные энергетические лидеры на XXI в. по экономическим, экологическим и климатозащитным показателям» (Корякин, 2002, с. 223), а ядерная энергетика превращается в «безэмиссионное производство доступной полезной энергии, обеспечивающее глобальный спрос на бесценный товар – жизнь, гарантируемую решением *главной* проблемы, грозящую *такой* (так в оригинале. – С.Ч.) опасностью» (Корякин, 2002, с. 322; глобальным потеплением и другими угрозами – С.Ч.).

¹³ В англоязычной литературе такая электрическая сеть называется minigrid или microgrid. Границы этих определений точно не установлены.

Хотя в последние годы все чаще ведутся разговоры о необходимости реанимации программ строительства АЭС в мире, но по крайней мере пока ни в Западной Европе, ни в США широкомасштабного строительства АЭС не планируется. Возможно, некоторые элиты этих стран поддержали бы масштабную реанимацию ядерной энергетики, но население пока не поддерживает этой идеи, полагая, что ядерная энергетика неприемлема (см., например, (Чернавский, 1988)).

Поэтому развитые страны в настоящее время в качестве инструмента, смягчающего угрозу глобального потепления климата, выбрали шестое направление – разработку и развитие НВИЭ¹⁴. Поскольку в последние несколько столетий развитые страны являются на Земле технологическими лидерами, можно вполне уверенно рассчитывать на то, что, если в ближайшее время удастся создать рентабельные технологии НВИЭ, миссия НВИЭ – предотвратить или хотя бы смягчить негативные последствия неприемлемого глобального потепления климата, вызванного человеческой деятельностью, окажется успешной. При этом благодаря механизм диффузии инноваций НВИЭ будут использоваться и в развивающихся странах. Впрочем, нет сомнений и в том, что в тех развивающихся странах, где ТИЭ в качестве движущих сил экономического роста будут эффективнее, чем НВИЭ, ТИЭ в течение какого-то времени (возможно, длительного) и сохранят домини-

рующее положение в структуре используемой первичной энергии.

Тем не менее уже многим кажется, что наступление эпохи доминирования НВИЭ в структуре мирового потребления первичной энергии неизбежно. Но успеют ли НВИЭ сыграть значимую роль в процессе предотвращения угрозы глобального потепления? Могут ли быть полезными в этом деле предприятия малого и среднего бизнеса (МСБ)? Поиску ответа на эту практически не исследованную проблему как раз посвящена статья (Егорова, Некрасов, 2022). Чтобы ответить на поставленные вопросы, сопоставим сначала фундаментальные свойства как самих ТИЭ и НВИЭ, так и технологий, преобразующих первичную энергию этих природных источников в используемые человечеством основные энергоносители: тепло (для отопления, горячего водоснабжения, технологические нужды), электроэнергию и моторные топлива. Есть ли в ТИЭ или НВИЭ какие-то особенно ценные свойства, которые указывают не только на приоритетное использование соответственно ТИЭ или НВИЭ, но и на роль, которую должен сыграть МСБ в достижении этого приоритета?

2. СОПОСТАВЛЕНИЕ СВОЙСТВ ТИЭ И НВИЭ

Солнечный свет, ветер, биоэнергия покрывают поверхность Земли намного равномерней месторождений органического топлива: нефти, газа и угля¹⁵. При прочих равных условиях это делает НВИЭ привлекательными для многих стран, так как, замещая органическое топливо солнечной, ветровой и биоэнергией, страна становится энергетически более независимой. НВИЭ превосходит ор-

¹⁴ Но и этот выбор может измениться. Так, в наступившем (охватившем многие страны в мире) режиме экономических санкций и контрсанкций резко сократился импорт природного газа в Европу. Если бы было твердо установлено, что энергоснабжение Европы с помощью НВИЭ будет обходиться дешевле, чем при использовании ТИЭ, мы бы наблюдали ускоренную разработку НВИЭ. Однако наблюдения дают иную картину: резко выросли цены на газ и уголь, что привело к ускорению ввода электростанций на органическом топливе. Видимо, роль субсидий в НВИЭ все еще очень значительная.

¹⁵ Лишь немногие страны обеспечены запасами нефти и природного газа на десятки лет (Россия – в числе этих стран).

ганическое топливо и по уровню доступности – нефть и природный газ (а часто и уголь) приходится извлекать из недр Земли с глубин в сотни метров.

Но по такому важному показателю, как концентрация запасов энергии, приходящейся на единицу поверхности Земли, НВИЭ значительно уступают ТИЭ. В крупных месторождениях нефти, природного газа и угля порой сконцентрированы такие огромные количества первичной энергии, что часто ее бывает достаточно для покрытия многолетнего спроса со стороны многих стран. Это трудно себе представить, когда речь идет о НВИЭ. Высокая пространственная концентрация первичной энергии дает возможность использовать при разработке ТИЭ мощный фактор – экономии издержек на масштабах производства. При утилизации НВИЭ экономия на масштабах – дорогое удовольствие, хотя, например, в процессе эволюции росли как длина лопасти ветряных турбин, так и их единичные мощности (табл. 1).

Использование экономии издержек на масштабе производства приводит к росту единичных мощностей технических устройств на этапах добычи энергоресурса, преобразования видов энергии, транспортировки энергоресурсов и во многих случаях использования энергии. В результате в обращении с традиционными источниками энергии господствующей формой организации производства стали крупные компании. Но не только экономия на масштабе стала причиной доминирования крупных компаний. На этапе добычи угля, нефти и природного газа значимый фактор – повышение сложности извлечения этих энергоресурсов из недр по мере истощения месторождений, приходится

переходить к разработке месторождений, расположенных в менее доступной местности, в сложных климатических условиях. Развитие техники преобразования видов энергии также сопряжено с ростом сложности технических устройств. Справиться с растущей сложностью малым и средним предприятиям далеко не всегда удается. Пример – ядерная энергетика, сложность которой непреодолима для компаний МСБ.

Но вот в электроэнергетике, где доминируют очень крупные компании, в 1978 г. появилась ниша для МСБ. Это произошло в США. Еще в 1976 г. в (Christensen, Green, 1976) были опубликованы результаты анализа функции издержек электроэнергии, производимой крупными региональными компаниями, которые обладали статусом естественных монополий и имели франшизы на обслуживание всех потребителей электроэнергии на выделенных им территориях. Оказалось, что экономия издержек от масштаба производства электроэнергии, на основании которой региональные электроэнергетические компании США признавались обществом как естественные монополии и регулировались, отсутствовала (детальный анализ приведен в (Чернавский, 2013)). Это дало возможность регуляторам естественных монополий (ЕМ) в США изменить режим работы региональных естественных монополий.

Регуляторы обратили внимание на то, что по такому показателю, как удельные издержки производства электроэнергии, энергетические установки в естественных монополиях неоднородны. В составе естественных монополий, как правило, имеются как более, так и менее эффективные энергоблоки. Но, находясь в составе естественных монополий,

Таблица 1
Эволюция длины лопастей ветряных турбин и их единичных мощностей

Параметр	1980–1990	1995–2000	2005–2010	Перспектива
Длина лопасти, м	17	50	80	150
Мощность, кВт	75	750	1800	10000

Источник: (МГЭИК, 2011b).

и те и другие имеют франшизу на производство электроэнергии. В США большинство естественных монополий производили только электроэнергию, а, как известно, даже самые эффективные производители электроэнергии имеют коэффициент полезного действия (к.п.д.) до 40–45%.

Существенно увеличить к.п.д., производя только электроэнергию, было невозможно из-за термодинамических ограничений. Да, у естественных монополий мотив для этого отсутствовал, поскольку регуляторы, устанавливая отпускные тарифы на электроэнергию (при нормальной работе менеджмента компании), пользовались естественной формулой «отпускная цена электроэнергии = долгосрочные издержки + нормальная прибыль». Таким образом, даже наименее эффективные энергоблоки естественных монополий обычно тоже получали нормальную прибыль.

Но, если в отрасли существуют такие технические устройства, которые более эффективны, чем наименее эффективные энергоблоки ЕМ, то в интересах общества следовало бы дать возможность работать таким энергоблокам даже на территориях обслуживания естественных монополий.

В 1970-х гг. во многих штатах США на территориях обслуживания естественных монополий уже действовали промышленные потребители, которым для своих производственных нужд нужна была не только электроэнергия, но и тепло. Обычно для производства тепла использовали природный газ. Это давало возможность обслуживать таких потребителей с помощью более энергоэффективных установок с совместным производством электроэнергии и тепла и использованием газовых турбин. Потери энергии в окружающую среду в подобных установках составляют уже не 60%, а 10–15%. А это большой скачок как в повышении эффективности энергетического сектора, так и в снижении эмиссии парниковых газов.

Регуляторы учли этот экономический эффект. Закон PURPA, принятый в США в 1978 г., разрешал на территории, где естественная монополия была защищена франши-

зой, производить совместно электроэнергию и тепло небольшим (по сравнению с размером компании естественной монополии) независимым производителем энергии (НПЭ), если издержки НПЭ будут ниже самых неэффективных энергоустановок естественной монополии. В электроэнергетике США возникло экономическое пространство, которое стало быстро заполняться относительно небольшими НПЭ, которые, кроме электроэнергии, производили тепло для промышленных и других коммерческих предприятий (например, отелей). Эти компании, которые по размеру принадлежали к МСБ, успешно дополняли естественные монополии. Могли ли на работу в этой нише претендовать солнечные или ветровые электростанции, рассмотренные в (Егорова, Некрасов, 2022)? В то время не могли, поскольку ни солнечные, ни ветровые электростанции не производят тепла для промышленных потребителей и у них нет той масштабной экономии на масштабе, которой пользовались естественные монополии для снижения своих издержек.

Однако благодаря своей высокой пространственной распространенности у НВИЭ есть еще одна ниша для возможного внедрения МСБ в энергоснабжение. Малые и средние бизнесы существуют там, где энергоснабжение потребителей с помощью крупного бизнеса недостаточно рентабельно или даже убыточно и он, говоря образно, не может дотянуться до потребителя из-за высоких издержек транспортировки энергоносителей или небольшого спроса на энергию, в то время как на месте потребления энергии есть доступный ресурс – НВИЭ. В некоторых подобных случаях энергоснабжающие компании субсидируются государством на том основании, что люди, живущие в труднодоступных или удаленных местах, имеют право получать электрическую и тепловую энергию. Однако, если разработаны рентабельные технологии использования НВИЭ, то, поскольку ресурсы НВИЭ (солнечной и ветровой энергии) имеются в труднодоступных и удаленных местах, там могут возникать компании МСБ.

У НВИЭ есть еще два хорошо известных свойства, которые при некоторых условиях могут стать решающими в задаче выбора источников первичной энергии, – ресурсы НВИЭ не истощаются и в процессах их использования не возникает парниковых газов. Поэтому для стран, имеющих дефицит органического топлива и с тревогой относящихся к угрозе глобального потепления, НВИЭ имеют огромное стратегическое преимущество перед ТИЭ. Неудивительно, что в западных странах, где доминирует рыночная экономика, возникло множество стартапов, разрабатывающих технологии использования различных, в том числе весьма экзотических, НВИЭ. Их поддерживали не только государственные субсидии промышленно развитых стран, импортирующих углеводороды, но и венчурные фонды.

В 1990-е гг. выросло число стартапов. К разработке технологий, использующих НВИЭ, подключились и крупные энергетические, металлургические, машиностроительные компании, занимающиеся созданием новой техники. В результате издержки изготовления технологий для использования некоторых видов НВИЭ (солнечной энергии, ветровой энергии, малых ГЭС и др.) резко снизились. Появилась реальная перспектива замещения ими традиционной энергетики. Поскольку НВИЭ имеют относительно низкую пространственную плотность энергии, появилась также перспектива эволюции стартапов в небольшие по масштабу компании, а также появления небольших компаний, которые не разрабатывают технологии, а реализуют проекты коммерчески эффективных технологий НВИЭ.

Оценивая перспективы МСБ в использовании НВИЭ, нельзя пройти мимо еще одного свойства НВИЭ – неравномерной энергетической мощности большинства НВИЭ во времени. Так, солнечной энергии свойственны не только циклическая суточная и сезонная неравномерности, но и случайные внутрисуточные колебания, зависящие от погоды и облачности в месте размещения солнечной энергоустановки. Неравномерность ветровой энергии также

сильно зависит от места, где размещены ветряные турбины. В целом неравномерная скорость ветра во времени весьма велика.

Большая часть колебаний солнечного освещения и скорости ветра по своей природе случайна и трудно предсказуема, что не только затрудняет диспетчирование загрузки энергогенерирующих установок, использующих НВИЭ, но и требует соответствующего резервирования в электро- и теплогенерирующих системах. Один из инструментов резервирования – накопители энергии. Если накопители тепла – хорошо освоенная техника, то мощность накопителей электроэнергии сильно ограничена, и это направление резервирования производимой электроэнергии разработано еще слабо.

При диспетчировании системы, в которой электроэнергия производится из ТИЭ, источники случайностей, с которыми сталкиваются диспетчеры, – аварии на стороне производителей электроэнергии и небольшие по амплитуде вариации на стороне потребления электроэнергии, прежде всего домашними хозяйствами. Крупномасштабные вариации на стороне потребления в основном имеют циклическую природу (снижение экономической активности ночью, одно- и двухсменная работа предприятий и организаций). Их несложно предсказывать благодаря накоплению статистических данных о работе потребителей. Для покрытия этих крупномасштабных вариаций на стороне потребления в электроэнергетической системе устанавливаются пиковые и полупиковые энергоблоки, которые должны удовлетворять определенным правилам по надежности этих энергоблоков.

Диспетчирование системы, в которой большая часть электроэнергии производится солнечными (СЭС) и ветровыми (ВЭС) электростанциями, значительно сложнее, поскольку, кроме аварий производителей электроэнергии и диспетчирования колебаний на стороне потребления, диспетчерам придется покрывать случайные и амплитудные вариации мощности самих источников солнечной и ветровой энергии. Если бы удалось соз-

дать накопители электроэнергии, мощность которых адекватна масштабу случайных колебаний мощности НВИЭ, проблема диспетчирования была бы решена. Однако, как отмечалось ранее, таких мощных накопителей электроэнергии пока создать не удалось и нет уверенности в том, что их удастся создать в ближайшем будущем. Поэтому для покрытия случайных колебаний мощности солнечной и ветровой энергии необходимо создать энергоблоки с гораздо большей маневренностью, хотя пока нет ясности в том, насколько успешными в этом виде человеческой деятельности могут быть компании класса МСБ.

Относительно небольшая пространственная концентрация первичной энергии в НВИЭ, казалось бы, дает надежную перспективу использования МСБ. Однако создание конкурентоспособные технологии преобразования НВИЭ в электроэнергию стало трудной задачей, решение которой под силу только очень крупным и технологически продвинутым компаниям, что ограничивает масштаб использования МСБ в солнечной и ветровой энергетике.

Сравнивая свойства ТИЭ и НВИЭ, следует обратить внимание еще на одну особенность НВИЭ. В создаваемых энергоустановках (солнечных, ветряных, биотопливных и др.) в случае аварий технического устройства не возникают процессы, которые могут нанести масштабный вред окружающей среде и населению той местности, где расположена энергоустановка, утилизирующая НВИЭ. А вот в технических устройствах, утилизирующих ядерную энергию, нефть, природный газ, уголь, мощные ГЭС, такие крупномасштабные аварии время от времени случаются: катастрофы на АЭС с выбросом радиоактивности за пределы АЭС, выбросы нефти и природного газа в водную среду за пределы буровых платформ при разработке офшорных месторождений, взрывы метана с разрушением угольных шахт, цепные реакции отключений потребителей электроэнергии и развал электрических сетей, прорывы воды из верхних водохранилищ на ГЭС и т.д.

Это, а также другие свойства НВИЭ, рассмотренные в этом разделе, не только могут сделать энергетический сектор экономики более безопасным, но и расширяют палитру возможных организационных форм энергоснабжения, в том числе создавая для этого экономические пространства для МСБ.

Из сказанного следует, что тема функционирования малого и среднего бизнеса в секторе НВИЭ является не только актуальной, но и новой. Как решить задачу определения той роли, которую эти виды бизнеса могут сыграть в развитии НВИЭ? Чтобы ответить на этот вопрос, в следующем разделе рассмотрим различные методические подходы, которые можно использовать для решения данной задачи.

3. ВЫБОР МЕСТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОЛИ, КОТОРУЮ МОГУТ СЫГРАТЬ НВИЭ В ЭКОНОМИКЕ

Мировая энергетика не представляет собой систему, поскольку составляющие ее части (энергетические системы стран) имеют разные цели. Поэтому ее следует анализировать не как целостную систему, а как совокупность систем энергоснабжения всех стран. С учетом этого замечания в качестве объекта исследования можно рассмотреть систему энергоснабжения страны. Предметом исследования в (Егорова, Некрасов, 2022) являются предприятия МСБ, использующие НВИЭ. В этой статье рассматриваются, однако, не все виды возобновляемой энергии, а в основном солнечные и ветровые электростанции (СЭС и ВЭС). Это будет ограничивать понимание истинной роли МСБ. Действительно, в то время как на основе ветровой энергии производят один продукт – электроэнергию, солнечную энергию преобразуют не только в электроэнергию, но и в тепло для приготовления пищи, горячей воды или водяного пара для отопления и других бытовых и техноло-

гических нужд. Практика показала, что при использовании солнечной энергии для тепло-снабжения предприятия МСБ оказываются конкурентоспособными. Так, во многих странах для подогрева воды домашние хозяйства используют солнечные панели.

Вклад МСБ в производство электроэнергии на базе солнечной энергии в литературе не освещен. Например, в обстоятельных работах МГЭИК – Международной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, 2011b; Renewables, 2022) нет сведений об участии МСБ в производстве электроэнергии солнечными электростанциями. Что касается ветровой энергии, то предприятия МСБ используют ее для производства электроэнергии в тех местах, куда крупные компании по экономическим соображениям не дотягиваются. Полезность ветряных производителей электроэнергии в таких местах доказывать уже не надо. Однако там, куда они дотягиваются, существование ниши для МСБ еще надо доказывать. Какими методами для определения роли МСБ в производстве электроэнергии СЭС и ВЭС можно воспользоваться?

Обычно выяснение роли в среде развивающегося направления развития экономики, технологии или инновации начинают с анализа эмпирических данных о функционировании объекта исследования в прошлом и настоящем. Наиболее популярный метод близок к тому, что образно можно назвать взглядом «с высоты птичьего полета». Альтернативный метод – проектное финансирование, при использовании которого детально анализируются экономические показатели локализованного на местности проекта.

При рассмотрении с высоты птичьего полета объект предстает как целое. При таком рассмотрении, как правило, нет возможности учитывать детали объекта, особенности его размещения, процессы, протекающие внутри объекта, и т.п.

При следовании такому подходу в качестве представительного показателя, отражающего роль, которую играли НВИЭ в мировой энергетике, можно взять их долю в структуре

используемой первичной энергии или другие близкие по смыслу показатели.

Если смотреть на мировую энергетику «с высоты птичьего полета», то, как было показано выше, в палитре используемых в мире ТИЭ долгое время доминировали невозобновляемые ТИЭ: уголь, нефть, природный газ, природный уран в реакторах на тепловых нейтронах. Этот набор дополнялся возобновляемыми источниками: гидроэнергией крупных ГЭС и НВИЭ (табл. 2).

В 2008 г. из всей совокупности НВИЭ, согласно (BP Statistical Review, 2019), производили чуть больше 1% всего производства первичной энергии – едва заметный вклад в функционирование мировой энергетики. В соответствии с (МГЭИК (IPCC), 2011a), доля СЭС с фотоэлектрическими панелями в структуре источников первичной энергии составляла 0,1%, а доля ВЭС в 2008 г. – 0,2%. Столь низкая доля СЭС и ВЭС объясняется тем, что долгосрочные издержки этих НВИЭ были значительно выше, чем при использовании ТИЭ. Это объяснение наблюдаемого «с высоты птичьего полета» феномена подтверждается данными, приведенными в (МГЭИК (IPCC), 2011b). В этом исследовании, опубликованном в 2011 г., долгосрочные издержки производства электроэнергии на СЭС и ВЭС сравниваются с аналогичными показателями ТЭС, которые для производства электроэнергии используют органическое топливо.

Таблица 2

Структура производства первичной энергии, %

Виды первичной энергии	Годы			
	2008	2014	2016	2018
Нефть	34,8	32,7	33,6	32,3
Газ	22,7	22,8	23,4	24,0
Уголь	21,0	30,7	28,2	28,3
ГЭС	6,4	6,8	7,0	6,9
АЭС	5,4	4,5	4,6	4,4
НВИЭ	1,1	2,5	3,2	4,1
Всего	100	100	100	100

Источники: рассчитано по данным, приведенным в (BP Statistical Review, 2019).

Согласно приведенным в (МГЭИК (IPCC), 2011b) данным, не только медианы¹⁶ удельных издержек производства электроэнергии СЭС и ВЭС были выше, чем у ТЭС, но у них и превышение удельных издержек над медианным значением было значительно масштабнее, чем у ТЭС.

Сопоставление издержек ТЭС, с одной стороны, и СЭС и ВЭС, с другой, сделанное в (МГЭИК (IPCC), 2011b), показывает, что существование в СЭС и ВЭС в электроэнергетике, экономически намного менее эффективных, чем ТЭС, видимо, объясняется тем, что многие работающие электростанции на НВИЭ на каких-то этапах своей жизни получили финансовую поддержку от государства и(или) различных фондов. Субсидирование СЭС и ВЭС отмечается во многих работах.

Наличие субсидирования СЭС и ВЭС усиливало справедливость представления о незначительности роли НВИЭ в энергетике будущего, выраженного за 30 лет до отчета МГЭИК (МГЭИК (IPCC), 2011b) в работе (Стырикович, 1980, с. 22) (см. выше). Данные, приведенные в табл. 2, как будто подтверждают обоснованность прогнозов в (Стырикович, 1980) – через 10 лет, в 2018 г., доля НВИЭ в структуре производства первичной энергии составила 4,1%, увеличившись всего лишь на 3 п.п. Данные, представленные в табл. 2, хотя и указывают на более быстрый рост производства электроэнергии за счет НВИЭ, но в них нет признаков того, что уже в 2019 г. ситуация кардинально изменится и вклад СЭС и ВЭС в мировое производство электроэнергии резко вырастет. Причина незаметного развития НВИЭ коренится в том, что, как было показано выше, в картине развития НВИЭ, нарисованной табл. 2 «с высоты птичьего полета», не отражены существенные процессы обращения с НВИЭ, которые развивались в период 2010–2018 гг.

А ведь в то время не только существенно увеличился объем финансирования разра-

боток технологий использования НВИЭ, но (что важнее) резко вырос уровень активности инженеров и разработчиков, в том числе тех, кто имел опыт работы в крупных энергетических, металлургических и других компаниях, нацеленной на снижение удельных издержек производства электроэнергии на солнечной и ветровой энергии. Рассмотрение этого весьма впечатляющего пейзажа человеческой активности с «высоты птичьего полета» (что мы только что сделали, представляя табл. 2) не показывает этих процессов. Как не могли их предсказать и аналитики предыдущих лет, например авторы (Экономика и управление..., 2009; Мировая энергетика..., 1980; Стырикович, 1980; Воробьев, Воскресенский, Гончаров, 1987; Аникеев, Жибоедов, 1995; Корякин, 2002) и многие другие исследователи.

Последнее означает, что решение о том, строить ли в данном месте СЭС или ВЭС, должно приниматься на основе показателей проекта, привязанного к месту сооружения.

Несомненно, если бы издержки солнечных (СЭС) или ветряных (ВЭС) электростанций были во всех случаях меньше издержек электростанций на органическом топливе, взгляда «с высоты птичьего полета» хватило бы для того, чтобы уверенно рассматривать солнечную и ветровую энергию в качестве эффективных источников первичной энергии для производства электроэнергии. И СЭС, и ВЭС уже значительно потеснили бы большую часть тепловых электростанций на органическом топливе (ТЭС) в структуре потребляемой первичной энергии. В 2011 г., когда была опубликована работа (МГЭИК (IPCC), 2011b), реальная ситуация была иной.

Чтобы определить коммерческие перспективы СЭС и ВЭС в конкретном регионе, следует не только учесть все локальные факторы, которые могут повлиять на экономическую оценку проекта, но и очистить все исходные экономические данные от всех субсидий. К сожалению, выполнению этого методически обязательного требования в опубликованных работах не уделяется достаточного внимания.

¹⁶ Медиана показателя – значение, которое делит набор данных на две половины.

Стремление снизить издержки СЭС и ВЭС стимулирует, как и при проектировании ТЭС, использование, насколько это возможно, эффекта экономии от масштаба. Результаты влияния этих стимулов наблюдаемы. Значительно выросли территории СЭС и ТЭС. Это свидетельствует в пользу того, что, вероятно, большая часть СЭС и ВЭС была сооружена крупными компаниями. Из этого следует также, что если бы инициаторами и операторами реализованных проектов были небольшие и средние компании, инвесторы потребовали более твердых гарантий для возврата своих инвестиций, что, в свою очередь, было бы сопряжено с необходимостью дополнительного субсидирования проектов с СЭС и ВЭС и появлением ограничений на вход в эту сферу человеческой деятельности экономических агентов МСБ.

Интенсивная и масштабная техническая и экономическая активность, направленная на снижение удельных издержек производства электроэнергии на СЭС и ВЭС, которую мы не увидели в табл. 2, принесла плоды. Так, удельные долгосрочные издержки производства электроэнергии вводимых в эксплуатацию солнечных фотоэлектрических установок (ФЭУ) в США снизились с 0,4 долл./кВтч в 2010 г. до 0,046 долл./кВтч в 2021 г. (REN21's Renewables, 2022). При этом авторы этой работы констатировали, что средние удельные долгосрочные издержки производства электроэнергии на базе СЭС с фотоэлектрическими установками и ВЭС стали меньше, чем у ТЭС на органическом топливе.

Как расценить эти данные? Их продуценты – организации и аналитические центры, связанные с задачами продвижения НВИЭ. Это заставляет с осторожностью отнестись к утверждению о более низких средних удельных издержках СЭС и ВЭС по сравнению с издержками ТЭС. Один из основных вопросов, стимулирующих осторожное отношение, это вопрос о том, как определялись средние значения? По каким правилам? Они, вообще говоря, влияют на результат усреднения. Несмотря на эти сомнения, которые будут по-

степенно устраняться по мере появления результатов оценивания другими авторами, очевидно одно: удельные издержки производства электроэнергии на СЭС и ВЭС за последние годы снизились. Об этом свидетельствуют данные (REN21's Renewables, 2022) о доле конечной энергии (полученной путем преобразования первичной энергии ВИЭ в конечную энергию) в суммарном потреблении конечной энергии в стране. Так, в (REN21's Renewables, 2022) указывается, что в 2021 г. в 51 стране доля ВИЭ в потреблении конечной энергии в стране превысила 10%, в 22 странах – 20%, в 13 странах – 30%. К сожалению, такого рода данных в литературе нет, когда речь идет об оценке роли МСБ в развитии НВИЭ. Приходится констатировать, что задача оценки МСБ очень интересна, но фактических данных даже для сколько-нибудь полноценного обзора протоколов прошлого¹⁷ по этому вопросу недостаточно.

Более того, утверждение о том, что СЭС и ВЭС в среднем дешевле, чем ТИЭ, в настоящее время представляется необоснованным. В 2022 г. из-за снижения поставок в Европу российского природного газа возник вопрос, каким источником первичной энергии его можно заменить? Если бы СЭС и ВЭС в среднем были дешевле, чем ТИЭ, то ответ был бы очевиден – в Западной Европе надо срочно строить СЭС и ВЭС. События, однако, развиваются в другом направлении – выросли цены на нефть, газ и уголь. Часть ресурсов на европейских угольных месторождениях из-за роста цен угля была переведена в категорию запасов, и открылась перспектива роста его доли в структуре потребляемой в Европе первичной энергии. Такой ход событий опровергает утверждение об относительной дешевизне СЭС и ВЭС.

Как известно, оптимальная структура электроэнергетической системы (в которой должны работать СЭС и ВЭС) определяется при совместном рассмотрении всех произво-

¹⁷ О значении протоколов прошлого для анализа см. (Рейхенбах, 1962).

дителей электроэнергии, работающих в данном узле системы¹⁸, после чего можно получить аргументированный ответ на вопрос о том, какую роль в ней будут играть рассматриваемые СЭС и ВЭС. Нельзя исключить того, что по каким-то существенным критериям СЭС и ВЭС, а следовательно, и возможные предприятия МСБ не попадут в оптимальную структуру. Таким образом, использование рассматриваемого второго методического подхода, требующего изучения локализованных проектов, сопряжено с большим объемом работы и требует большого объема локализованной информации.

Возникает вопрос: нельзя ли получить искомый ответ, используя первый методический подход, на который было указано выше, опираясь при этом не на эмпирические данные о функционировании локализованного объекта в прошлом и настоящем, а на более общую теорию?

Такая попытка предпринята как раз в (Егорова, Некрасов, 2022). Авторы опирались при этом на тектологию А.В. Богданова, который заявил свою теорию как «всеобщую организационную науку», т.е. науку о том, как должна быть организована любая система (Богданов, 1989). Преимущества такого подхода к раскрытию темы статьи, если бы он оказался успешным, очевидны – не было бы необходимости прибегать к более сложному методу (проектному финансированию) и другим не менее сложным методам оценки локализованных объектов.

Теория А.А. Богданова опубликована в 1920-е гг. и, несмотря на примерно 100-летний период своего бытия, до сих пор не является общепризнанной научным сообществом теорией. Некоторые авторы, в том числе авторы (Егорова, Некрасов, 2022), рассматривают это как следствие непонимания смысла

и значимости работ А.А. Богданова. Впрочем, не прекращаются и попытки представить тектологию родоначальницей кибернетики и системного анализа¹⁹.

Здесь я вынужден ограничиться только кратким комментарием о значимости тектологии в выяснении роли МСБ при использовании солнечной и ветровой энергии.

Создавая и разрабатывая тектологию²⁰, А.А. Богданов хотел создать общую теорию строительства социализма. При этом он опирался, с одной стороны, на эволюционную теорию Ч. Дарвина как науку о природе, а с другой – на социальную теорию К. Маркса как науку о человеческом обществе. Видимо, А.А. Богданов был убежден в том, что обе теории – высшие достижения познания человечества об окружающем мире не только в то время, когда он создавал тектологию, но и в далеком будущем. Он был уверен в том, что доминирует в тандеме «человек–природа» именно человек, который, «в своей организующей деятельности – *только* ученик и *подражатель природы* (курсив мой. – С.Ч.)», а «природа – великий организатор» (Богданов, 1989). Согласно А.А. Богданову, «во всей своей деятельности – в практике и мышлении – человек только соединяет и разделяет какие-нибудь наличные элементы. <...> Никакая логика, никакая методология не находили до сих пор ничего третьего», поэтому «всякая человеческая деятельность объективно является организующей или дезорганизующей». Такая интерпретация человеческой деятельности объясняет, почему автор тектологии квалифицировал ее как «всеобщую организационную науку» – ведь, с его точки зрения, ничего, кроме организации и дезорганизации, в мире не существует (Богданов, 1989). При таком подходе создание человеком нового, отличающегося от того, что есть в природе, тоже интерпретируется как организационный (или дезинтеграционный) процесс. Все ис-

¹⁸ Задача выбора оптимальной структуры источников первичной энергии, необходимой для производства электроэнергии, в разных постановках рассматривалась во многих работах (см., например, Чернавский, 1980; Беляев, 2009)).

¹⁹ См., например, (Mattessich, 1978).

²⁰ Тектология – от греч. τεκτων (тектон) – строитель, плотник и λόγος (логос) – учение.

кусственное – вещества, материалы, машины, системы, произведения искусства и пр., в соответствии с тектологией, – результаты организации (или дезорганизации). Но такое понимание искусственных продуктов противоречит фактам – этих сотворенных человеком объектов не было и нет в природе. Их создание – не следствие организации взаимодействия наличных элементов, созданных природой, не следствие копирования природы, а изобретение того, чего природе не удалось, да и не удастся создать.

Этот очень краткий обзор основ тектологии неизбежно вызывает вопрос: если ее основы порождают сомнения в ее адекватности реальности, можно ли привлечь ее для решения такой практической задачи, как оценка роли МСБ в развитии ВЭИ и экономики? На этот вопрос авторы (Егорова, Некрасов, 2022) отвечают положительно. Как был получен этот ответ?

А. А. Богданов обратил внимание на то, что цель человеческой деятельности – создать систему, которая бы обслуживала интересы общества (по Богданову, как отмечалось выше, – социалистического). Существовая, эта система подвергается различным внешним и(или) внутренним воздействиям. Чтобы система под влиянием этих воздействий продолжала выполнять цель, ради которой она была создана, необходимо так ее организовать, чтобы она продолжала обслуживать интересы общества. Так как наряду с организационной деятельностью, согласно А. А. Богданову, человеческая деятельность может оказаться дезорганизационной, приводящей к разрушению системы, в (Богданов, 1989) вводится понятие динамической структурной устойчивости²¹. Целью организационных мер является сохранение динамической структур-

ной устойчивости, а в формулировке авторов (Егорова, Некрасов, 2022) – «способности системы выполнять свои функции при различных воздействиях внешней среды». В контексте данной статьи структурная устойчивость системы означает, что МСБ, добываясь введения в эксплуатацию относительно небольших солнечных и ветровых электростанций, будет способствовать повышению эффективности и надежности энергоснабжения экономики страны.

Очевидно, что участие МСБ, использующего солнечную и ветровую энергию для производства электроэнергии, увеличивает разнообразие производителей электроэнергии в стране. Но в (Богданов, 1989) утверждается, что само по себе увеличение новых связей в системе, в данном случае выраженное ростом в ней разнообразия, – еще не диагностический признак роста организованности. Появление новых связей, повышение разнообразия может привести к дезорганизации системы, вплоть до ее разрушения. А. А. Богданов не приводит диагностических процедур или методов, с помощью которых можно было бы диагностировать вводимые в систему организационные меры как позитивные или как негативные. Нет таких процедур и в (Егорова, Некрасов, 2022). Конечно, рассматривая уже созданную конкретную систему, можно попытаться апостериори объяснить природу полученной организации или дезорганизации системы. Однако для прогнозирования результата, который будет получен при применении тех или иных организационных мер, в тектологии никаких диагностических признаков или диагностических инструментов не предлагается (в (Егорова, Некрасов, 2022) их тоже нет). Таким образом, приходится заключить, что использование тектологии для получения ответа на вопрос, какова будет роль МСБ в использовании солнечной и ветровой энергии, представляется контрпродуктивной, т.е. она не позволяет ответить на поставленный вопрос. К сожалению, этот вывод приходится сделать и при рассмотрении (Егорова, Некрасов, 2022), т.е. в свете ска-

²¹ Математическое определение понятия структурной устойчивости было введено в 1937 г. А. А. Андроновым и Л. С. Понтрягиным при разработке ими теории динамических систем (Андронов, Понтрягин, 1937). См. также (Каток, Хассельблат, 1999).

занного выше, – вывод о том, что «развитие возобновляемой энергетики на базе малого предпринимательства позволит повысить структурную устойчивость данного сектора российской экономики» имеет декларативный характер.

Подводя итог попыткам использовать метод оценки эмпирических данных «с высоты птичьего полета», приходится заключить, что он слишком рискованный, чтобы опереться на него для получения ответа на вопрос, стоит ли размещать СЭС или ВЭС в данном месте. Слишком велик шанс построить значительно более дорогую электростанцию, чем электростанцию на органическом топливе (ТЭС), даже в том случае, если СЭС и ВЭС в среднем дешевле, чем ТЭС. Оценки, приведенные в (МГЭИК (IPCC), 2011b), показывают большую вариативность показателей эффективности СЭС и ВЭС, зависящую от совокупности факторов, характерных для места локализации СЭС или ВЭС.

Сделанный вывод формирует спрос на применение другого методического подхода, который используется для того, чтобы решать практические задачи размещения электростанции в данном месте. Методы решения таких задач размещения изложены во многих работах, в частности в (Кини, 1983; Лаконова, 1988). Необходимым условием принятия решения о судьбе инвестиционного проекта является детальный финансово-экономический анализ (см., например, (Виленский, Лившиц, Смоляк, 2015)), в котором оцениваются не только показатели экономической эффективности, в частности уровень внутренней доходности проекта, но и различные риски проекта, локализованного во времени и в тех средах, где он себя проявляет. В соответствии с практикой проектного финансирования, без таких оценок привлечение внешних инвесторов – очень редкое событие. Из сказанного следует, что только после широкомасштабной и всесторонней оценки локализованных проектов и накопления таких оценок можно дать искомую оценку роли МСБ в производстве электроэнергии СЭС и ВЭС.

Список литературы / References

- Андронов А.А., ПонTRYгин Г.С. (1937). Грубые системы // *Доклады Академии наук СССР*. Т. 14. Вып. 5. С. 247–250. М.: Наука [Andronov A.A., Pontryagin G.S. (1937). *Rough Systems. Papers of the Academy of Sciences of the USSR*, vol. 14, no. 5, pp. 247–250. Moscow: Nauka (in Russian).]
- Аникеев В.А., Жибоедов В.Г. (1995). Экологические аспекты энергетики // *Новая энергетическая политика России* / под общ. ред. Ю.К. Шафраника. М.: Энергоатомиздат. [Anikeev V.A., Zhiboedov V.G. (1995). *Ecological aspects of energy. New Energy Policy of Russia*. Ed. by Y.K. Shafranik. Moscow: Energoatomizdat (in Russian).]
- Беляев Л.С. (2009). Проблемы электроэнергетического рынка / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука. [Belyaev L.S. (2009). *Problems of the Electric Power Market*. Ed. by N.I. Voropay. Novosibirsk: Nauka (in Russian).]
- Богданов А.А. (1989). Тектология. Всеобщая организационная наука. М.: Экономика. [Bogdanov A.A. (1989). *Tectology. The universal organizational science*. Moscow: Ekonomika (in Russian).]
- Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. (2015). Оценка инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Крафт. [Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. (2015). *Evaluation of investment projects. Theory and Practice*. Moscow: Kraft (in Russian).]
- Возобновляемые источники энергии (2020). М.: Институт энергетики НИУ ВШЭ. [Renewable Energy Sources (2020). Moscow: Institute of Energy, National Research University “Higher School of Economics”. Moscow: HSE University (in Russian).] URL: <https://energy.hse.ru/Wiie>
- Воробьев В.К., Воскресенский Ю.К., Гончаров Ю.А. (1987). Энергетика СССР в 1986–1990 годах / под ред. А.А. Троицкого. М.: Энергоатомиздат. [Vorobiev V.K., Voskresensky Yu.K., Goncharov Yu.A. (1987). *USSR energy industry in 1986–1990*. Moscow: Energoatomizdat (in Russian).]

- 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. [Egorova N.E., Nekrasov S.A. (2022). Renewable energy and small business: Synergies and sustainability strategies. *Economics of Contemporary Russia*, no. 4 (99), p. 89–103 (in Russian).] DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-89-103
- Каток А.Б., Хассельблат Б. (1999). Введение в современную теорию динамических систем / пер. с англ. А. Кононенко при участии А. Ферлегера. М.: Факториал. [Katok A.B., Hasselblat B. (1999). Introduction to the modern theory of dynamical systems. Translated from English by A. Kononenko with contributions by A. Ferleger. Moscow: Factorial (in Russian).]
- Кини Р. (1983). Размещение энергетических объектов: выбор решений / пер. с англ.; под ред. Ю.И. Корякина. М.: Энергоатомиздат. [Keeney R. (1983). Placement of Power Facilities: Choice of Solutions. Transl. from English, ed. by Yu.I. Koryakin. Moscow: Energoatomizdat (in Russian).]
- Корякин Ю.И. (2002). Окрестности ядерной энергетики России: новые вызовы. М.: Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежала (ГУП НИКИЭТ). [Koryakin Yu.I. (2002). The environment of nuclear energy in Russia: the new challenges. Moscow: NIKIET B.A. Dollegal (in Russian).]
- Лакомова О.В. (1988). Применение метода «анализ решений» для оптимизации размещения АЭС на уровне регионов // *Ядерная энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования* / сост. С.Я. Чернавский; под ред. М.А. Стыриковича. М.: Международный Центр научной и технической информации. РКГ при Президенте АН СССР для разработки новых вопросов дальних перспектив развития энергетики. [Lakomova O.V. (1988). Application of the decision analysis method for optimizing NPP location at the regional level. *Nuclear Power Engineering: Development Prospects, Problems of Forecasting*. Compiled by S.Ya. Chernavskii, ed. by M.A. Stirikovich. Moscow: International Center for Scientific and Technical Information, Working Group under the President of the USSR Academy of Sciences for the Development of New Long-Term Prospects for Power Engineering (in Russian).]
- Мировая энергетика (1980). Мировая энергетика: прогноз развития для 2020 г. / пер. с англ.; под ред. Ю.Н. Старшинова. М.: Энергия. [World Energy (1980). World Energy Industry: Development Forecast for 2020. Translated from English, ed. by Yu.N. Starshinov. Moscow: Energiya (in Russian).]
- МГЭИК (IPCC) (2011a). Специальный доклад МГЭИК о ВИЭ и смягчении влияния изменения климата. Резюме для политиков. Рабочая группа III Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК–IPCC) / под ред. О. Эденхофер, Р. Пичс-Мадруга, Ю. Сокона и др. Cambridge (UK); New York (USA). [IPCC. (2011a). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Summary for Policymakers. Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Ed. by O. Edenhofer, R. Peaches-Madruga, J. Sokona et al. Cambridge (UK); New York (USA) (in Russian).] URL: https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_ru.pdf
- МГЭИК (IPCC) (2011b). Специальный доклад МГЭИК о возобновляемых источниках энергии и смягчении воздействий изменения климата. Техническое резюме / под ред. О. Эденхофер, Р. Пичс-Мадруга, Ю. Сокона и др. Cambridge (UK); New York (USA). [IPCC (2011b). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Technical Summary. Ed. by O. Edenhofer, R. Peaches-Madruga, J. Sokona et al. Cambridge (UK); New York (USA) (in Russian).] URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_ru-1.pdf
- Рейхенбах Г. (1962). Направление времени / пер. с англ. Ю.Б. Молчанова, Ю.В. Сачкова; под ред. М.Э. Омеляновского. М.: Изд-во иностр. лит. [Reichenbach G. (1962). The direction of time. Translated from English by Yu.B. Molch-

- anov, Yu.V. Sachkov, ed. by M.E. Omelyanovskiy. Moscow: Foreign Lang. Publ. (in Russian).]
- Справочник по возобновляемой энергетике Европейского Союза (2016). М.: Институт энергетики НИУ ВШЭ. [Handbook on Renewable Energy in the European Union (2016). Moscow: Institute of Energy, National Research University Higher School of Economics (in Russian).] URL: <https://energy.hse.ru/data/2017/10/04/1159483435/Справочник%20ВИЭ%20в%20ЕС.pdf>
- Стырикович М.А. (1980). Предисловие к русскому изданию // *Мировая энергетика: прогноз развития для 2020 г.* / пер. с англ.; под ред. Ю.Н. Старшинова. М.: Энергия. [Styrikovich M.A. (1980). Preface to the Russian edition. *World Energy Industry: Development Forecast for 2020*. Translated from English, ed. by Yu.N. Starshinov. Moscow: Energiya (in Russian).]
- Чернавский С.Я. (1980). Системное прогнозирование ядерной энергетики. Теория и методы. М.: Наука. [Chernavskii S.Ya. (1980). System Forecasting of Nuclear Power Engineering. Theory and Methods. Moscow: Nauka (in Russian).]
- Чернавский С.Я. (1988). Ядерная энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования // *Ядерная энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования* / сост. С.Я. Чернавский; под ред. М.А. Стыриковича. М.: Международный центр научной и технической информации, РКГ при Президенте АН СССР для разработки новых вопросов дальних перспектив развития энергетики. [Chernavskii S.Ya. (1988). Nuclear Power Engineering: Development Prospects, Problems of Forecasting. *Nuclear Power Engineering: Development Prospects, Problems of Forecasting*. Compiled by S.Ya. Chernavsky, ed. by M.A. Styrikovich. Moscow: International Center for Scientific and Technical Information, Working Group under the President of the USSR Academy of Sciences for the Development of New Long-Term Prospects for Power Engineering (in Russian).]
- Чернавский С.Я. (2013). Реформы регулируемых отраслей российской энергетике. М.; СПб.: Нестор-История. [Chernavskii S.Ya. (2013). Reforms in the Regulated Industries of the Russian Power Industry. Moscow: St. Petersburg, Nestor-Istoria (in Russian).]
- Экономика и управление... (2009). Экономика и управление в современной электроэнергетике России: пособие для менеджеров электроэнергетических компаний / под ред. А.Б. Чубайса. М.: НП «КОНЦ ЕЭС». [Economics and Management..., (2009). Economics and Management in Russia's Modern Electric Power Industry: A Manual for Managers of Electric Power Companies. Ed. by A.B. Chubais. Moscow: NPO KONTES UES (in Russian).]
- BP Statistical Review (2019). BP Statistical Review of World Energy.
- Christensen L.R., Green W.H. (1976). Economics of Scale in the U.S. Electric Power Generation. *Journal of Political Economy*. August. P. 655–676.
- Mattessich R. (1978). Instrumental Reasoning and Systems Methodology: An Epistemology of the Applied and Social Sciences. Boston: Springer Science & Business Media.
- Renewables (2022). Global Status Report. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. URL: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf
- REN21's Renewables (2022). Global Status Report. Record growth in renewables, but world missed historic chance for a clean energy recovery. URL: <https://www.ren21.net/gsr-2022/pages/key-messages/keymessages/#key-power>

Рукопись поступила в редакцию 05.11.2022 г.

THE ROLE OF SMALL BUSINESS IN THE CONTEXT OF THE USE OF NON-TRADITIONAL RENEWABLES PRIMARY ENERGY SOURCES

S.Ya. Chernavskii

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

Sergey Ya. Chernavskii, Doct. Sc. (Economics), Cand. Sc. (Techn.), Leading scientific researcher, Central Economic and Mathematical Institute Russian Academy of Sciences Moscow, Russia; sergeichernavsky@mail.ru

Due to the uneven location of fossil fuel deposits, many countries around the world are forced to import oil, natural gas, and coal to support economic growth and the development of electricity and heat supply, the chemical industry, and transport infrastructure. Global and intercountry trade in such vital energy resources as oil and natural gas largely depends on the economic behavior of major oil and natural gas producers, which, as practice has shown, when their own fields are depleted, from time to time hinders the economic growth of oil and gas-importing countries. The desire of technologically advanced importing countries to free themselves from energy imports has led to the fact that they have now managed to reduce the cost of power generation by solar and wind power plants, so that in some cases they have proven to be cost-effective and can replace some of the oil and/or gas imports. The main economic agents using solar and wind energy are large companies. However, N.E. Egorova and S.A. Nekrasov, based on the fact that both sunlight and wind are sources of primary energy, whose spatial density is lower than that of organic fuels, apparently for the first time in the world scientific literature, investigated the question: whether small and medium businesses could be involved to expand the range and scale of solar and wind energy for electricity generation. To answer this question, N.E. Egorova and S.A. Nekrasov used tectology, a theory proposed by A.A. Bogdanov in the early 1920s. With its help they got a positive answer. It was supported by taking into account the vertical location of sunlight receivers, which expanded the area of localization of solar power plants. This article is devoted to the same question. The analysis showed that the prospect of participation of small and medium-sized businesses (SMB) is niche in nature and

attracting investors in this area of human activity is possible if the economic characteristics of localized solar and wind power plant projects are acceptable to investors.

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

Classification JEL: O13, P18, P41, P48, Q38, Q42, Q47, Q54.

For reference: Chernavskii S.Ya. (2022). The role of small business in the context of the use of non-traditional renewable primary energy sources in Russia. *Economics of Contemporary Russia*, no. 4 (99), pp. 103–125. DOI: 10.33293/1609-1442-2022-4(99)-103-125

Manuscript received 05.11.2022