

Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами

Промышленность

УДК 332.12

АМАДЗИЕВА НАИДА АБДУЛЛАЕВНА

к.э.н., старший научный сотрудник ФГБУН «Институт социально-экономических исследований» ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия,
e-mail: naida047@inbox.ru

DOI:10.26726/1812-7096-2022-11-20-30

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. В данной статье рассматриваются современное состояние и динамика развития возобновляемых источников энергии в мире и России, а также потенциал их использования на территории Республики Дагестан. В ходе подготовки статьи были использованы методы обобщения, сравнительного анализа и статистического анализа. В результате анализа основных тенденций развития возобновляемых источников энергии за последние 10 лет в мире в целом и в Европе выявлены существенные изменения в структуре генерации в пользу значительного увеличения использования энергии солнца и ветра, в то время как в России структура генерации в сфере ВИЭ практически не изменилась. В качестве факторов, сдерживающих расширение использования возобновляемых источников энергии в России и ее регионах, были выделены институциональные, финансовые и информационные барьеры. На примере Республики Дагестан рассмотрены особенности развития энергетики, обоснованы имеющийся значительный потенциал и целесообразность использования возобновляемых источников энергии на региональном уровне. Результаты, представленные в исследовании, могут быть использованы в практике планирования и разработки программных документов в области внедрения и использования возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, развитие, энергетика, конкурентоспособность, потенциал

AMADZIEVA NAIDA ABDULLAYEVNA

Ph.D. in Economics, Senior Researcher at the Institute of Socio-Economic Research of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia,
e-mail: naida047@inbox.ru

ANALYSIS OF THE STATE OF DEVELOPMENT OF THE WORLD MARKET RENEWABLE ENERGY

Abstract. This article examines the current state and dynamics of the development of renewable energy sources in the world and Russia, as well as the potential for their use in the Republic of Dagestan. During the preparation of the article, the methods of generalization, comparative analysis and statistical analysis were used. The analysis of the main trends in the development of renewable energy sources over the past 10 years in the world as a whole and in Europe revealed significant changes in the structure of generation in favor of a significant increase in the use of solar and wind energy, while in Russia the structure of generation in the field of renewable energy has practically not changed. Institutional, financial and information barriers were identified as factors constraining the expansion of the use of renewable energy sources in Russia and its regions. On the example of the Republic of Dagestan, the peculiarities of energy development are considered, the existing significant potential and the expediency of using renewable energy sources at the regional level are substantiated. The results presented in the study can be used in the practice of planning and developing policy documents in the field of introduction and use of renewable energy sources.

Keywords: renewable energy sources, development, energy, competitiveness, potential

Введение. Ввод генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире в 2022 г. достигнет рекордного уровня в 320 ГВт. Это на 8,5% больше, чем в прошлом году, когда было введено 295 ГВт ВИЭ. МЭА повысило прогноз на 8% относительно оценки декабря 2021 г., одновременно повысив прогнозы по вводу ВИЭ в Китае (+16%), Евросоюзе (ЕС, +3%) и Латинской Америке (+17%). Прогноз по США был, наоборот, понижен на 8%.

В статье показан, что прирост новых мощностей ВИЭ в 2021 г. также был рекордным, увеличившись на 6% относительно 2020 г. Ввод солнечных электростанций (СЭС) и ГЭС был выше, чем в 2020 г., а ветровых (ВЭС) – снизился на 17%. Почти половина – 46% – всех вводов ВИЭ пришлось на Китай. Вторым по величине рынком был рынок ЕС – около 15%. В основном в Европе была запущена солнечная генерация, указывает МЭА, отмечая ускорение проектов в Испании, Франции, Польше и Германии.

В 2022 г. основной прирост ВИЭ в мире придется на солнечную генерацию – 60%, или 190 ГВт (+25% к 2021 г.). Еще около четверти – на наземные ВЭС (без учета офшорных установок, строящихся в море у берегов). В 2023 г. ввод СЭС достигнет почти 200 ГВт. Ветровая и солнечная генерация могут существенно снизить зависимость энергетического сектора ЕС от поставок газа из России уже к 2023 г. Глобальный энергокризис привел к росту интереса к ВИЭ, особенно в Европе. ЕС объявил о планах ускорить ввод ВИЭ после начала специальной военной операции (СВО) России на Украине в феврале 2022 г.

На современном этапе возобновляемые источники энергии переживают период стремительного развития. Высокие темпы роста альтернативного сектора энергетики связаны, с одной стороны, с совершенствованием технологий ВИЭ и, как следствие, снижением себестоимости производства «зеленой» энергии, а с другой стороны, со стремлением мирового сообщества к обеспечению будущего с нулевыми выбросами диоксида углерода и обеспечению энергетической независимости и безопасности.

В США и ЕС объемы генерации солнечной и ветровой энергии демонстрируют небывалый рост, и при этом проекты генерации электроэнергии на основе возобновляемых источников успешно интегрированы в национальные электрические сети. Это свидетельствует о том, что возобновляемые источники энергии все больше замещают традиционные углеводороды, чему в немалой степени способствуют отсутствие выбросов CO₂ и их климатическая нейтральность.

Возобновляемые источники энергии предлагают обществу намного больше, чем только чистую энергию. Растущий сектор ВИЭ по сути представляет собой инновационную технологическую платформу, создает дополнительные рабочие места, обеспечивает большую надежность и пластичность электрических сетей, позволяет обеспечивать энергией население в труднодоступных и слаборазвитых странах и способствует экономии исчерпаемых нефти и природного газа для использования их в качестве сырья для нефте- и газохимии.

ВИЭ становятся все более масштабным сегментом мировой энергетики. Так, например, в США 1/8 всей производимой энергии приходится на возобновляемые источники энергии. При этом активное развитие и внедрение ВИЭ происходит как в сфере реализации крупных энергетических проектов, так и в секторе микрогенерации, которая, в свою очередь, создает дополнительные возможности для формирования гибкой и эффективной энергосистемы¹.

Развитие ВИЭ получило мощный политический импульс после подписания Парижского соглашения по климату, в рамках которого 189 стран, включая Россию и Азербайджан, взяли на себя обязательства ограничить и в перспективе сократить выбросы диоксида углерода, чтобы не допустить роста средней температуры на Земле более чем на два градуса к 2100 г. Таким образом, переход на «зеленые» источники энергии получил политический подтекст. По данным МЭА, на долю топливно-энергетического комплекса приходится около 40% мировых выбросов CO₂, и задача их сокращения так или иначе связана с постепенной заменой углеводородного топлива экологически чистыми энергоносителями. Климатическое соглашение, ратифицированное более чем половиной стран мира, оказывает серьезное влияние на изменение нормативно-правовой базы и регулирования в области ТЭК.

Все более возрастающее социальное давление на нефтяные и газовые компании со стороны борцов за чистоту окружающей среды вызвало множество вопросов, касающихся роли данных

¹ МЭА <https://www.vedomosti.ru › 921689-mea-rekorda-generatsii>

видов топлива в изменяющейся мировой экономике и позиции нефтегазовых мейджоров в мировом сообществе. Можно выделить три основных фактора, определяющих вовлеченность данных компаний в ВИЭ и производство чистой энергии:

– рост спроса на электроэнергию в связи с ростом мирового населения и развитием мировой экономики;

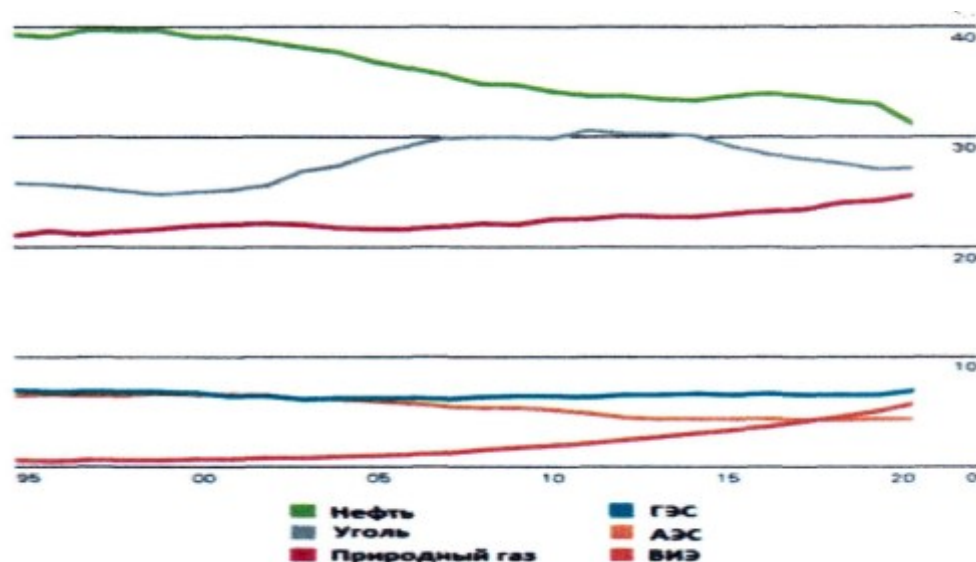


Рис.1. Динамика долевого соотношения потребляемых первичных энергоресурсов в мировом энергобалансе за период 1995-2020 гг., %

Источник: BP Statistical Review of World Energy June 2021.

Согласно BP Statistical Review of World Energy за 2020 г. возобновляемые источники энергии, включая биотопливо, показали рекордное увеличение потребления на 2,9 экзоджоулей (ЭДж), что составило максимальный прирост по сравнению с другими видами энергии. Среди возобновляемых источников энергии наибольшие темпы роста показали ветровая (1,2 ЭДж) и солнечная энергия (1,1 ЭДж). Среди стран основной вклад в развитие возобновляемых источников энергии осуществили Китай (1,04 ЭДж) и США (0,44 ЭДж). Таким образом, возобновляемые источники энергии увеличили свою долю в общем объеме вырабатываемой энергии с 1,3% в 2010 г. до 5,7% в 2020 г.²

В настоящее время в структуре мирового энергобаланса уголь является основным видом топлива для производства электроэнергии, но его доля в 2020 г. сократилась на 1,3% до 35,1%. Доли природного газа и возобновляемых источников энергии составили 23,3 и 11,7% соответственно. В 2020 г. впервые доля электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников энергии, превысила долю атомной электроэнергии (рис. 2). На региональном уровне наблюдается довольно сильное расслоение степени интеграции возобновляемых источников энергии в производство общего объема электроэнергии.

Так, для Европы доля ВИЭ в энергобалансе составляет 23,8%, что в два раза превышает среднее мировое значение, тогда как для Южной и Центральной Америки данный показатель оценивается в 15,0%.

По оценкам экспертов, возобновляемая энергия и в дальнейшем сохранит высокие темпы роста и будет наиболее быстро развивающейся отраслью. По оценкам МЭА, к 2040 г. прогнозируется пятикратное увеличение объемов производства возобновляемой энергии. При этом хотелось бы подчеркнуть динамичное снижение стоимости генерирующего оборудования на основе ВИЭ, в частности для солнечной фотоэлектрической и ветровой энергетики (рис. 1.4). Учитывая данные тенденции, а также увеличение стоимости добычи нефти и газа, значительная часть крупных энергетических компаний ориентирует свои стратегии на постепенное

² Источник: BP Statistical Review of World Energy June 2021.

наращивание доли сегмента возобновляемой энергетики.

По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), в течение последнего десятилетия установленная мощность ВИЭ в мире увеличилась в 2,3 раза и достигла в 2020 г. 2799 ГВт (рис. 2).

В Азии в течение 2020 г. было установлено более половины вводимых в строй новых мощностей генерации на основе возобновляемых источников. В Европе и Северной Америке рост производственных мощностей за 2020 г. составил 6,6 и 6,1% соответственно. На ветровую и

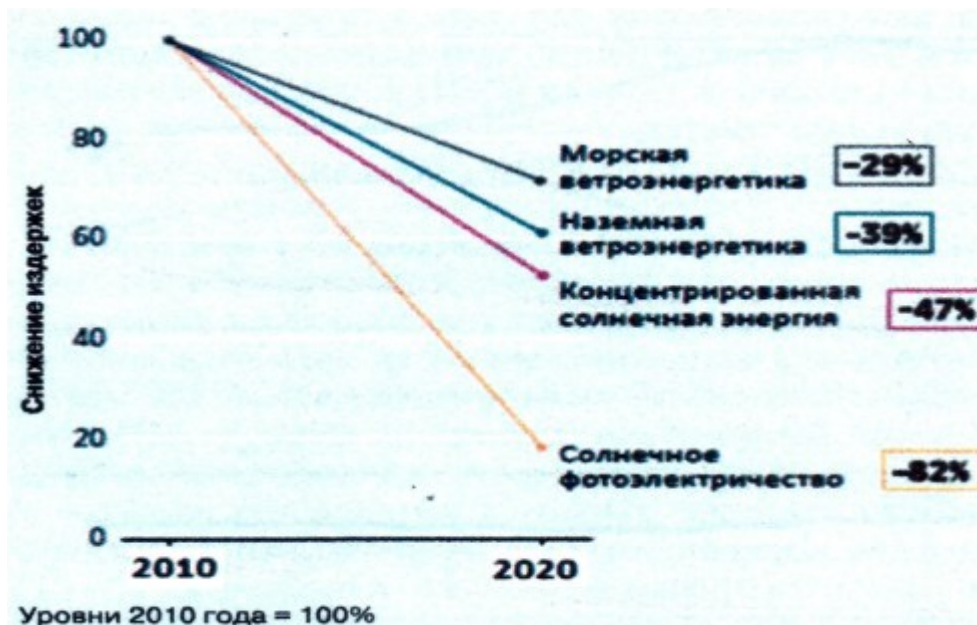


Рис. 2. Снижение стоимости производства электроэнергии на основе ВИЭ

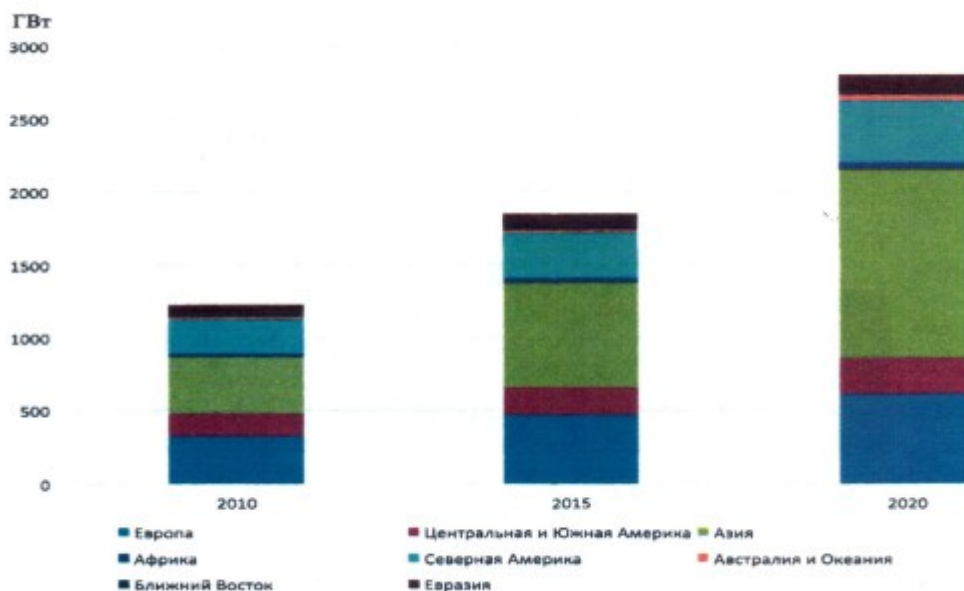


Рис. 3. Установленная мощность возобновляемой генерации

Источник: IRENA.

В настоящее время возобновляемые источники энергии приближаются по стоимости и производительности к традиционной углеродной электрогенерации. Данная тенденция особенно заметна в странах Азии (рис. 3).

Кроме того, возобновляемая энергетика наращивает свои конкурентные преимущества в связи с развитием новых технологий. Снижение стоимости генерации, внедрение инноваций и стабильная интеграция в энергосети наряду со снижением углеродных выбросов способствует активному росту спроса на «чистую» энергию. Во многих странах мира не субсидированная средняя нормированная стоимость электроэнергии (LCOE) на основе возобновляемых источников достигла паритета с углеводородами (рис. 4). Разработка инновационных технологических решений в области хранения энергии значительно повышает надежность возобновляемой генерации, необходимую для конкуренции с традиционными источниками³.

Европейская ассоциация электроэнергетики Eurelectric разработала так называемый «Энергетический барометр» (Barometer), представляющий собой набор ключевых отраслевых индикаторов электрогенерации, отражающих развитие энергетического сектора и достижение цели климатической нейтральности ЕС к 2050 г. По данным Eurelectric, в первом полугодии 2020 г. более двух третей выработанной в Европе электроэнергии произведено без выбросов CO₂. За рассматриваемый период доля ВИЭ в энергобалансе ЕС составила 40%, при этом объемы традиционной углеводородной генерации снизились на 18%.

По прогнозам Eurelectric, к 2030 г. доля безуглеродной электроэнергии в ЕС достигнет 80%, а доля ВИЭ в энергобалансе (включая ГЭС) увеличится до 60%. (рис. 5)

Солнечная энергетика

По данным компании BP, в 2020 г. объемы солнечной генерации находились на втором месте после ветровой по вкладу в развитие использования ВИЭ (855,7 ТВт/ч).

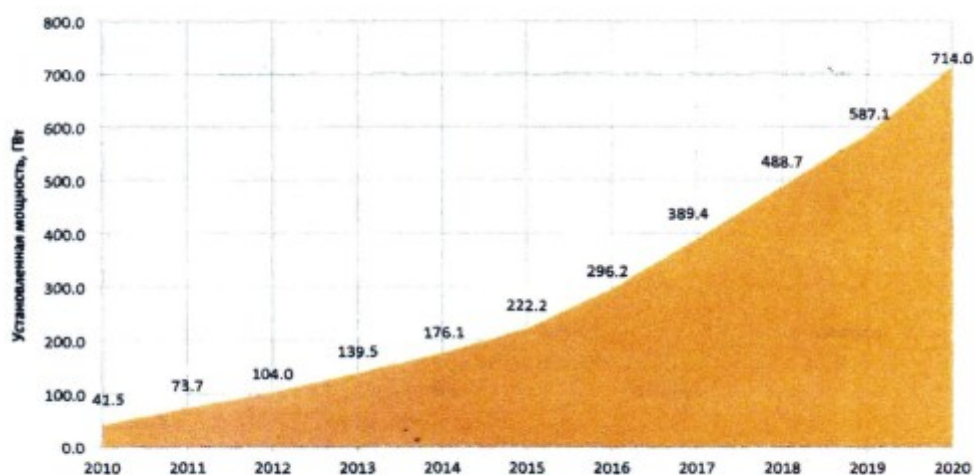


Рис. 6. Рост установленной мощности солнечной генерации в мире

Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

Таблица 1

Динамика с установленной мощности солнечных электростанций

Тип Генерации	Установленная мощность СЭС на конец года									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Солн. PV	72 030	101 511	135 740	171 519	217 243	290 961	383 598	483 078	580 159	707 495
Солн. CSP	1705	2567	3842	4499	4750	4860	4959	5674	6275	6475
Солнечная энергия. всего	73 734	104 078	139 582	176 018	221 993	295 821	388 557	488 752	586 434	713 970

Источник: по данным RenewableCapacityStatistics 2021. IRENA, 2021.

³ Попель О.С. Исследования и разработки ОИВТ РАН в области возобновляемой энергетики // В сборнике: Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Материалы VI Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» и XII школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпильрайна. Махачкала, 2020. С. 13-24. DOI: 10.33580/2313-5743-2020-8-1-13-24.

За последнее десятилетие установленная мощность солнечных электростанций выросла почти в 10 раз (табл. 1). В солнечной генерации преобладают фотоэлектрические (PV) электростанции, доля которых в общей мощности СЭС составляет 99%. Тем не менее термодинамические (CSP) электростанции демонстрируют достаточно высокие темпы роста: их установленная мощность по сравнению с 2011 г. увеличилась почти в 4 раза.

В настоящее время лидером по генерации солнечной энергии является Китай, доля которого составляет 60%, на втором месте находятся США (10,4%). Третье место занимает Индия (7,8%), а далее следует Япония, Германия и Бразилия. По величине установленной мощности солнечных электростанций лидируют Китай (35,9% мировой установленной мощности), США

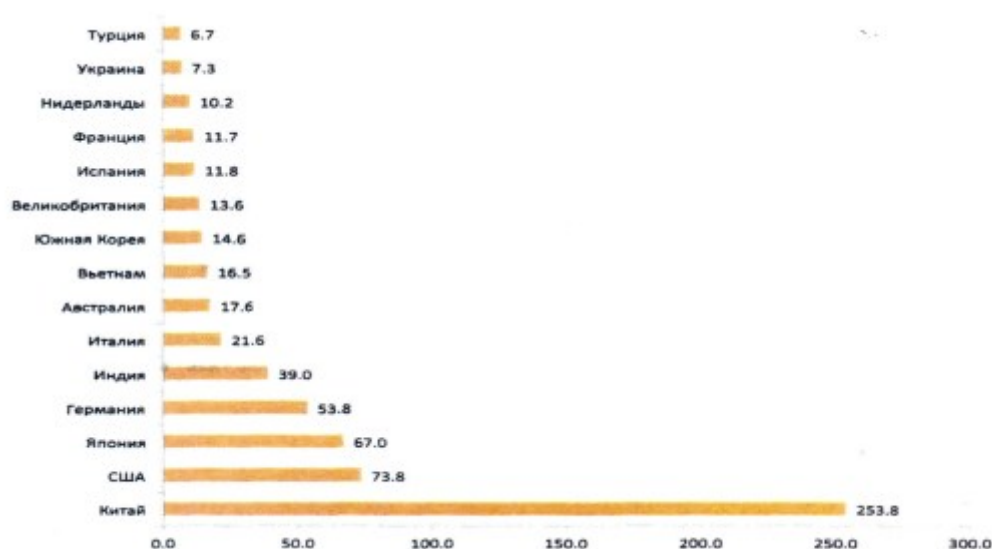


Рис. 7. Страны-лидеры по общей мощности в 2020 г., ГВт

Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

Издержки в сегменте солнечной энергетики продолжают существенно сокращаться. Согласно данным IRENA о стоимости 17 000 проектов в 2020 г. себестоимость солнечных фотоэлектрических установок сократилась на 82% по сравнению с 2010 г. Такое снижение издержек было связано в основном с сокращением цен на солнечные фотоэлектрические модули на 90%, а также с уменьшением затрат на компоненты, необходимые для преобразования выходной мощности модуля фотоэлектрических элементов в полезную электрическую энергию. По сравнению с предыдущим годом в 2020 г. затраты на промышленное производство электроэнергии солнечными фотоэлектрическими установками сократились на 13%, снизившись до уровня 0,068 долл. США/кВт/ч. По прогнозам IRENA, в реализуемых в 2022 г. проектах цены на электроэнергию, производимую солнечными фотоэлектрическими установками, могут в среднем составить 0,039 долл. США/кВт/ч.⁴

Ветровая энергетика

Ветровая энергетика в настоящее время является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей мировой электроэнергетики. Суммарная установленная мощность ветроэнергетических установок в мире по состоянию на начало 2021 г. составила 733,3 ГВт (табл. 2). За последнее десятилетие установленная мощность ВЭС в мире увеличилась в 4 раза (рис. 8).

Тип генерации	Установленная мощность ВЭС на конец года									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ветер суша	216 244	261 575	292 749	340 808	404 558	452 485	495 565	540 191	594 396	698 909
Ветер шельф	3776	5334	7171	8492	11 717	14 342	18 837	23 629	28 308	34 367
Ветроэнергия. всего	220 020	266 909	299 920	349 300	416 276	466 827	514 402	563 820	622 704	733 276

Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

⁴ Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi, 2020. 143 p. ISBN 978-92-9260-244-4.

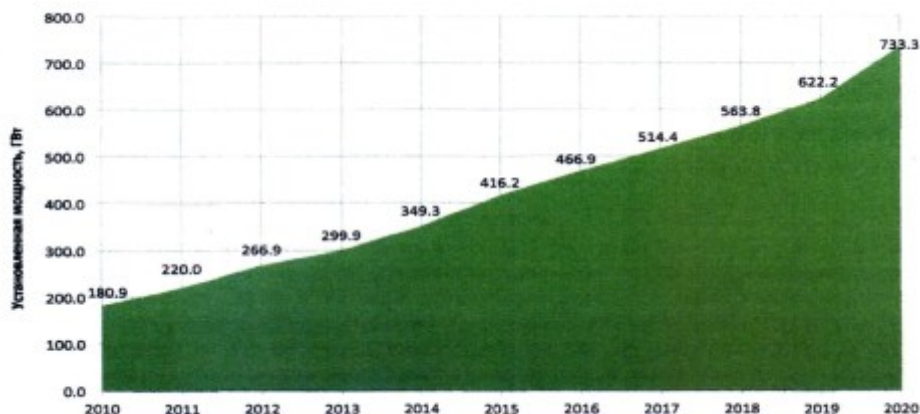


Рис. 8. Рост установленной мощности ветровой генерации в мире

Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

В структуре ветрогенерации преобладают наземные ВЭС, их доля в совокупной установленной мощности в 2020 г. оценивалась в 95,3%. Тем не менее шельфовые ветроустановки показывают высокие темпы роста (см. табл. 1.4), что в немалой степени связано со снижением себестоимости их сооружения.

За последнее десятилетие совокупные издержки на сооружение наземных ветровых электростанций сократились на 39%, а морских ветровых электрогенераторов - на 29%. В проектах, реализованных в 2020 г., издержки сократились примерно на 9% по сравнению с предыдущим годом, достигнув уровня 0,053 долл. США/кВт/ч для наземных ветроэлектростанций и 0,115 долл. США/кВт/ч для шельфовых ВЭС. По прогнозам IRENA, к 2022 г. цены на электроэнергию для наземных ветровых электростанций могут снизиться до 0,043 долл. США/кВт/ч, что на 18% меньше уровня 2020 г. Между тем реализуемые проекты в сегментах морской ветровой энергетики ожидают качественные изменения: по сравнению с 2020 г. среднемировые аукционные цены в секторе морской ветроэнергетики сократятся на 29% к 2023 г. и составят 0,082 долл. США/кВт/ч.

Аналогичным образом, эксплуатационные расходы снижались по мере увеличения размера турбин, расширения возможностей обслуживания и появления синергии издержек в растущих зонах морских ветропарков. Результаты аукционов, включая предложения без субсидирования, предвещают качественный рост конкурентоспособности морской ветроэнергетики в 2020-х годах, когда цена в этом секторе будет находиться в диапазоне 0,05-0,10 долл. США/кВт/ч.

Таким образом, ветроэнергетика в настоящее время проходит важный этап своего развития, характеризующийся необходимостью сохранения конкурентоспособности в условиях дальнейшего снижения цен. Сокращению операционных расходов и капитальных затрат способствуют внедрение инновационных методов в области управления ветроэнергетическими объектами, ввод более мощных турбин, использование облегченных компонентов, а также создание новых синергетических связей в глобальных цепочках поставок.

В страновом разрезе лидерами ветроэнергетики по установленной мощности ВИЭ являются Китай (38,5%), США (16,1%), Германия (8,5%), Индия (5,3%) и Испания (3,7%) (рис. 9)⁵.

По данным компании BP, в 2020 г. Китай увеличил установленные мощности ветрогенерации на 26 ГВт, страны ЕС - на 12 ГВт и США - на 9 ГВт, что в общем объеме составило около 80% прироста мощностей ВЭУ в мировой ветроэнергетике. При этом в 2020 г. производство ветровой энергии в странах с развивающейся экономикой составило 31 ГВт, тогда как в развитых странах - 27 ГВт. В целом по миру производство ветровой энергии в 2020 г. составило 1430 ТВт/ч, при 51% доли ветрогенерации в общем объеме выпуска электроэнергии на основе ВИЭ. Рост доли ветровой энергетики непосредственно связан с увеличением экономической эффективности ВЭС. Прежде всего, на это повлияло падение цен на прибрежные ветрогенераторы с 2010 г. на 55-60%, что привело к сокращению общих издержек с учетом монтажа. Увеличение высоты и площади у ветрогенераторов также обусловило рост коэффициентов использования

⁵ Renewable capacity statistics 2020 International Renewable Energy Agency (IRE-NA). Abu Dhabi, 2020. 66 p. ISBN 978-92-9260-239-0.

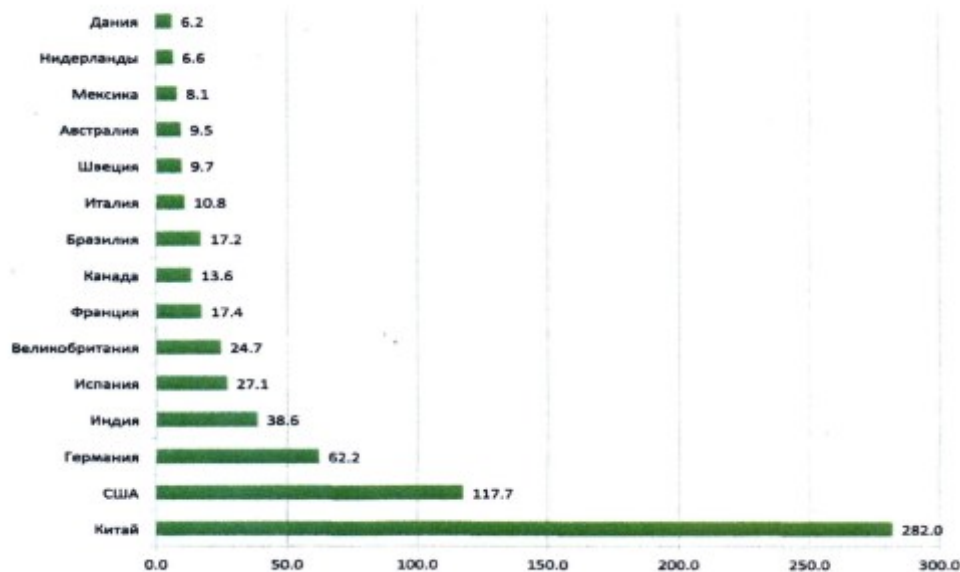


Рис. 9. Страны-лидеры по общей мощности ветровой генерации в 2020 г., ГВт
 Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

Биоэнергетика

По информации компании BP, в 2020 г. объем производства биотоплива в мире составил 1,7 млн барр. н.э./сут. (рис. 1.13). Наибольшие объемы выпуска биотоплива наблюдались в США (602 тыс. барр. н.э./сут.), Бразилии (395 тыс. барр. н.э./сут.) и Индонезии (126 тыс. барр. н.э./сут.). Вместе с тем объемы мирового производства биотоплива в 2020 г. по сравнению с предыдущим годом снизились на 113 тыс. барр. н.э./сут.

Основной рост производства биотоплива в мире обеспечивался за счет выработки биодизеля, объемы выпуска которого увеличились на 34 млн барр. н.э./сут. - главным образом, предприятиями из Индонезии. Биодизель является доминирующим топливом в Европе и Азиатско-Тихоокеанском регионе (в 2020 г. на его долю пришлось 81 и 74% производства биотоплива соответственно), в то время как этанол является основным топливом в Северной Америке (86% от общего объема) и Южной Америке (74% от общего объема).

За последнее десятилетие совокупная мощность установок, вырабатывающих энергию на биотопливе, возросла в 1,9 раза (табл. 3). Наиболее широко применяются для выработки элек-

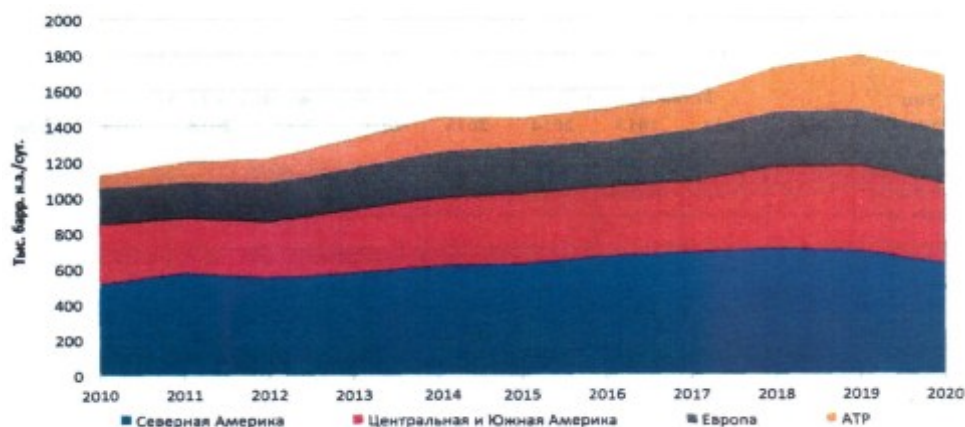


Рис. 10. Производство биотоплива в мире по регионам за период 2010–2020 гг.
 Источник: по данным BP Statistical Review of World Energy June 2021.⁶

⁶ Boyarinov A. The Stimulation of Renewable Energy Source Usage: Economic Mechanism. In: Syngellakis S., Brebbia C. (eds) Challenges and Solutions in the Russian Energy Sector. Innovation and Discovery in Russian Science and Engineering. Springer, Cham. 2018, pp 209-216. DOI: 10.1007/978-3-319-75702-5_24.
 Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

Таблица 3

Динамика установленной мощности установок по производству электроэнергии

Тип генерации	Установленная мощность энергоустановок на конец года, МВт									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Твердое биотопливо и возобновляемые отходы	58 459	61 430	67 809	72 554	78 753	85 615	90 070	96 170	101 138	102 852
Багасса (отходы сахарного тростника)	11 688	12 840	14 577	15 533	16 858	17 588	18 213	18 897	18 997	19 908
Бытовые отходы	6824	7287	8394	8631	10 024	10 808	11 788	13 110	14 518	15 355
Другое твердое биотопливо	39 947	41 303	44 838	48 391	51 871	57 219	60 068	64 162	67 623	67 588
Жидкое биотопливо	1907	2066	2041	2338	2419	2322	3233	3211	3211	3555
Биогаз	11 429	13 114	13 962	14 999	15 650	16 656	17 268	18 359	19 453	20 150
Биоэнергия, Всего	130 254	138 040	151 621	162 446	175 575	190 208	200 640	213 909	224 940	229 408

Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

В 2020 г. затраты на производство электроэнергии на установках, работающих на биотопливе, составили около 0,066 долл. США/кВт/ч, при этом инновационные технологии обеспечивают надежные поставки электроэнергии на минимальном уровне диапазона затрат в случае ввода новых мощностей, работающих на ископаемых видах топлива. По итогам 2020 г. потребление биотоплива в мире по сравнению с предыдущим годом выросло на 6% и составило 1,68 млн барр.н.э./сут. Как и в случае с производством, рост потребления обеспечивался в основном за счет США (558 тыс. барр. н.э./сут), Бразилии (418 тыс. барр. н.э./сут) и Индонезии (98 тыс. барр. н.э./сут.), при этом большую долю потребляемых в стране биоресурсов составлял этанол.

Как уже отмечалось, новая биоэнергетика станет ведущим направлением роста для сектора возобновляемых источников энергии до 2023 г. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), на ее долю придется 30% роста потребления возобновляемой энергии в мире.

Геотермальная энергетика

В 2020 г. мировые установленные мощности по производству геотермальной энергии увеличились на 5,2% и составили 14,05 ГВт (табл. 4).

Таблица 4

Тип генерации	Установленная мощность ГеоЭС на конец года, МВт										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Геотермальная энергия	9992	10 081	10 481	10 718	11 159	11 814	12 255	12 700	13 249	13 931	14 050

Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

В целом доля геотермальной энергии в мировом производстве электроэнергии остается сравнительно небольшой и составляет менее 1%. Наибольшее увеличение мощности ГеоЭС в 2020 г. наблюдалось в Турции (98 МВт) и Италии (30 МВт). Наиболее крупными в мире геотермальными мощностями обладают США - 2,6 ГВт (18% от общемировых), Индонезия (2,1 ГВт), Филиппины (1,9 ГВт) и Турция (1,6 ГВт). Также в десятку мировых лидеров в области геотермальной энергетике входит Япония, в которой первая ГеоЭС открылась еще в 1966 г. на базе оборудования Toshiba. При этом потенциал геотермального сектора в стране оценивается в 23 ГВт.

В 2020 г. затраты на производство электроэнергии в геотермальной энергетике составили около 0,073 долл. США/кВт/ч.

Главным преимуществом геотермальной энергетики является ее неисчерпаемость и независимость от погодных условий и времени суток, а также относительно низкий углеродный след. При этом сооружение геотермальных электростанций не требует значительных площадей: ГеоЭС мощностью 1 ГВт/ч/год занимает около 400 кв.м, тогда как солнечная станция подобной мощности займет более 3 кв.км.

Подводя итоги развития мирового рынка возобновляемой энергетики в целом, необходимо сделать вывод, что за последние десять лет затраты на производство электроэнергии с использованием возобновляемых источников резко сократились. Достигнуть этого удалось благодаря совершенствованию технологий, экономии за счет укрупнения масштабов генерации, росту конкурентоспособности в цепочках поставок и др.

Несмотря на пандемию COVID-19, производство электроэнергии на основе ВИЭ в 2020 г. продолжает расти. При этом технологии возобновляемой генерации становятся все более привлекательными по мере того, как правительства начинают оценивать варианты предоставления мер экономического стимулирования. Прежде всего, это связано с особенностями развития ВИЭ, включая постоянно растущую конкурентоспособность «зеленой» генерации, относительную легкость сооружения электростанций благодаря использованию модульных элементов, возможность быстрого наращивания мощности и потенциал создания новых рабочих мест⁷.

Возобновляемые источники энергии позволяют сочетать краткосрочные меры, направленные на быстрое сооружение новых электростанций, с обеспечением среднесрочной и долгосрочной энергетической и климатической устойчивости. Так, солнечные фотоэлектростанции и наземные ветровые электростанции могут позволить в сжатые сроки запустить в эксплуатацию необходимые мощности, а морские ветровые электростанции, гидроэлектростанции, биоэнергетика и геотермальные технологии обеспечивают в перспективе устойчивое увеличение притока инвестиций в сектор возобновляемой энергетики.

Следует отметить, что в 2020 г. мировой рост производства энергии из возобновляемых источников опередил рост производства ископаемого топлива в 2,6 раза. На ветровую, солнечную, геотермальную и биоэнергетику в 2020 г. пришлось 72% всего прироста генерирующих мощностей в мире, что составило в целом 176 ГВт.

Тем не менее, в настоящее время на быстроразвивающийся сектор возобновляемой энергетики приходится немногим более 10% мирового производства электроэнергии. Ископаемое топливо все еще остается приоритетным энергоносителем в мировом энергобалансе. При современном уровне развития технологий использование ВИЭ весьма затруднено в таких секторах конечного использования энергии, как авиация, судоходство и тяжелая промышленность.

Заключение. Проведенный в рамках исследования анализ подтверждает то, что в целом электрификация конечных пользователей приведет к увеличению спроса на электроэнергию, которая будет удовлетворяться за счет ВИЭ, а внедрение инновационных технологий будет способствовать многократному повышению энергоэффективности. По прогнозам IRENA, к 2050 г. около 86% электроэнергии будет производиться за счет возобновляемых источников, а доля электрификации в конечном потреблении энергии увеличится с 20% в 2018-2019 гг. до 49% к 2050 г.

Таким образом, энергетический переход может способствовать устойчивому социально-экономическому развитию мирового сообщества, основанному на достижении климатической нейтральности и соблюдении жестких экологических норм. Такой целостный подход позволит согласовать декарбонизацию энергетики с экономическими, экологическими и социальными целями. Более того, энергия станет более доступной для населения, что, в свою очередь, решит проблему энергетической бедности во многих странах.

Литература

1. МЭА <https://www.vedomosti.ru> › 921689-mea-rekorda-generatsii
2. Источник: BP Statistical Review of World Energy June 2021.
3. Попель О.С. Исследования и разработки ОИВТ РАН в области возобновляемой энергетики // В сбор-

⁷ По данным АРВЭ «Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития», май 2020 г.

нике: Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Материалы VI Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» и XII школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпильрайна. Махачкала, 2020. С. 13-24. DOI: 10.33580/2313-5743-2020-8-1-13-24.

4. Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi, 2020. 143 p. ISBN 978-92-9260-244-4.

5. Renewable capacity statistics 2020 International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi, 2020. 66 p. ISBN 978-92-9260-239-0.

6. Boyarinov A. The Stimulation of Renewable Energy Source Usage: Economic Mechanism. In: Syngellakis S., Brebbia C. (eds) Challenges and Solutions in the Russian Energy Sector. Innovation and Discovery in Russian Science and Engineering. Springer, Cham. 2018, pp 209-216. DOI: 10.1007/978-3-319-75702-5_24.

7. Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

8. По данным АРВЭ «Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития», май 2020 г.

9. <http://fnka.ru/aktualnoe/16176-solnechnaya-energiya-v-gorah.html>

10. http://kavpolit.com/articles/skrytaja_energija_dagestana-26084

References:

1. MEA <https://www.vedomosti.ru> > 921689-mea-rekorda-generatsii

2. Источник: BP Statistical Review of World Energy June 2021.

3. Popel' O.S. Issledovaniya i razrabotki OIVT RAN v oblasti vozobnovlyaemoj energetiki // V sbornike: Vozobnovlyaemaya energetika: problemy i perspektivy. Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyaemyh energoresursov. Materialy VI Mezhduнародной konferencii «Vozobnovlyaemaya energetika: problemy i perspektivy» i XII shkoly molodyh uchenyh «Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyaemyh energoresursov» imeni E.E. SHpil'rajna. Mahachkala, 2020. S. 13-24. DOI: 10.33580/2313-5743-2020-8-1-13-24.

4. Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi, 2020. 143 p. ISBN 978-92-9260-244-4.

5. Renewable capacity statistics 2020 International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi, 2020. 66 p. ISBN 978-92-9260-239-0.

6. Boyarinov A. The Stimulation of Renewable Energy Source Usage: Economic Mechanism. In: Syngellakis S., Brebbia C. (eds) Challenges and Solutions in the Russian Energy Sector. Innovation and Discovery in Russian Science and Engineering. Springer, Cham. 2018, pp 209-216. DOI: 10.1007/978-3-319-75702-5_24.

7. Источник: по данным Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

8. По данным АРВЭ «Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития», май 2020 г.

9. <http://fnka.ru/aktualnoe/16176-solnechnaya-energiya-v-gorah.html>

10. http://kavpolit.com/articles/skrytaja_energija_dagestana-26084