

М. В. Мишенин^{1,2}, А. С. Доржиева²*

Влияние роста потребления энергии из возобновляемых источников на экономику и окружающую среду

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: MisheninMV @ipgg.sbras.ru

Аннотация. В работе исследована динамика развития ВИЭ в мире и России. Показано, основные тенденции развития видов ВИЭ по странам и в целом в мире, выделены страны лидеры в области ввода мощностей и инвестиций в ВИЭ. Проанализировано влияние использования традиционных источников энергии и возобновляемых источников энергии и их последствия на экономику и окружающую среду. Сделан вывод о увеличивающемся темпе роста развития ВИЭ в мире.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, выбросы углекислого газа, мощность, выработка электроэнергии, окружающая среда, экономика, страны мира

M. V. Mishenin^{1,2} A. S. Dorzhieva²*

Impacts of growing energy consumption from renewable sources on the economy and the environment

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

²Novosibirsk National Research State University (NSU), Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: MisheninMV @ipgg.sbras.ru

Abstract. The paper investigates the dynamics of RES development in the world and in Russia. It shows the main trends in the development of RES types by country and in the whole world, the leading countries in the field of commissioning of capacities and investments in RES are highlighted. The influence of the use of traditional energy sources and renewable energy sources and their consequences on the economy and the environment are analyzed. The conclusion is made about the increasing growth rate of RES development in the world.

Keywords: renewable energy sources, carbon dioxide emissions, power, electricity generation, environment, economy, countries of the world

Введение

Энергия является основой в современной ситуации жизнедеятельности человечества. Ключевой ролью уровня развитости страны является доля собственной обеспеченности энергией. Качество использования энергии влияет на экономическую и климатическую ситуацию в стране и мире.

Использование такие виды топлива как углеводороды и уголь вносят существенное изменение в глобальный климат при его сжигании для производства

энергии. По данным мировых исследователей, использование не возобновляемых источников энергии в процессе сжигания генерируют более 75 % парниковых газов и более 90 % CO₂, что формирует парниковый эффект на Земле.

По статистике мирового потребления первичных источников энергии, последние 70 лет постоянно растет. С 1960-х гг. потребление увеличилось более чем в 4 раза на сегодняшний момент. Такая тенденция использования не возобновляемых источников энергии, непременно приводит к ухудшению состояния окружающей среды. Ключевое отличие использования возобновляемых источников энергии, это получение энергии с минимальным выделением загрязнительных веществ и парниковых газов, а также их изобилие и доступность.

В соответствии со статьей 3 Федерального закона от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» к ВИЭ относятся:

- энергия солнца;
- энергия ветра;
- энергия вод (в том числе сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на ГАЭС;
- энергия приливов;
- энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов;
- геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей;
- низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей;
- биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива;
- биогаз;
- газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов;
- газ, образующийся на угольных разработках.

Для снижения антропогенного влияния на окружающую среду ведущие страны мира увеличивают долю возобновляемых источников энергии в энергобалансе. Однако ускоренное внедрение ВИЭ связано с серьезными рисками: они в высокой степени подвержены влиянию погодных факторов, что может быть опасно для стабильной работы энергосистем.

Потребление

Общее потребление первичной энергии в 2021 г. составило почти 600 ЭДж, что соответствует более 14 млрд т н.э. В ближайшие 20 лет этот показатель может превысить уровень 18 млрд т н.э. С сохранением динамики постоянного роста потребления не возобновляемых источников энергии и роста техногенного уровня загрязнения окружающей среды возрастает роль использования возоб-

новляемых источников энергии. Так в мировой структуре потребления первичной энергии доля возобновляемых источников энергии составляет 18%. К возобновляемым источникам энергии, принято относить - гидроэнергия крупных ГЭС, геотермальной энергия, гидроэнергия малых ГЭС, солнечная энергия, ветровая энергия, волновая энергия, низкопотенциальное тепло, энергия водорода. (рис. 1.)

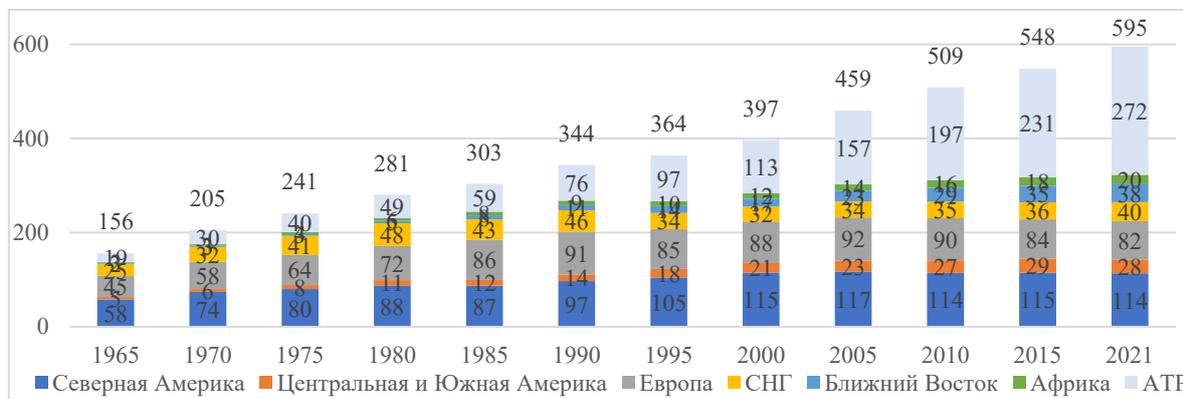


Рис. 1. Потребление первичной энергии, ЭДж

Источник: [2]

Можно выделить несколько основных причин развития возобновляемых источников энергии в последние десятилетия:

1. Создание энергетической независимости от других стран, тем самым создание энерго-безопасности государства.
2. Ухудшение эколого-климатических условий от использования возобновляемых источников энергии.
3. Экономическая эффективность
4. Возможность использовать энергию неограниченное время.

Мировую структуру потребления первичной энергии можно разделить на 6 основных блоков, где топ-3 места занимают традиционные источники энергии — это нефть – 31 %, газ – 24 % и уголь – 27 %, ядерная энергия составляет 4 %, а на доли гидроэлектростанций и ВИЭ приходится по 7 %. (рис. 2.)

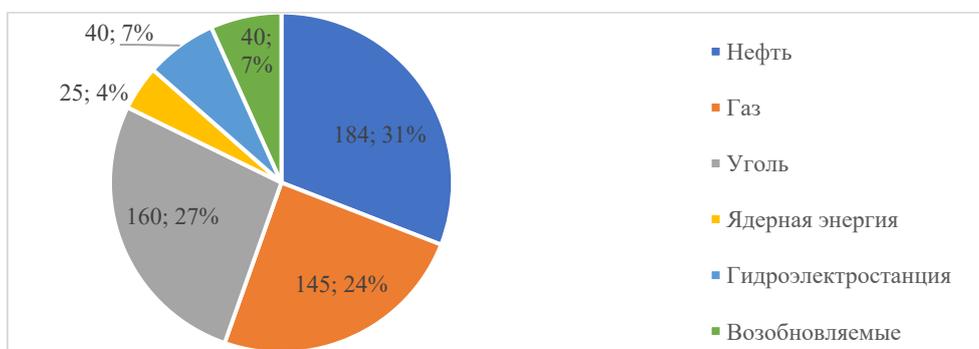


Рис. 2. Мировая структура потребление первичной энергии в 2021 г., ЭДж,%

Источник: [2]

Энерго-безопасность

В связи неравномерным распределением топливно-энергетических полезных ископаемых (нефть, газ, уголь, уран и прочие), использование ВИЭ, позволяет повысить энергетическую безопасность и уменьшить энергетическую зависимость от других стран, с более богатыми полезными ископаемыми. Так в силу особенностей распределения топливно-энергетических ресурсов, большинство развитых стран имеет низкий показатель самообеспеченности такими ресурсами, в то время как в РФ этот показатель достаточно высокий, позволяющий экспортировать излишки добычи в другие страны. Такие страны вынуждены разрабатывать технологии по внедрению ВИЭ на своих территориях для обеспечения своей энерго-безопасности и снижения импорто-зависимости ресурсов для производства энергии. Так же развитие большего внедрения ВИЭ в странах Европы, способствуют последние события, как санкции против России и повышение цен на энергоресурсы. По данным Международного агентства IRENA, страны ЕС к 2030 г. планируют полностью отказаться от российского газа, заменив его в структуре энергопотребления водородом.

Влияние на окружающую среду

Негативным влиянием на окружающую среду от использования традиционных источников энергии является высокий уровень выбросов парниковых газов, в то время как при использовании ВИЭ значительно меньше. Так же в сравнении с АЭС, утилизация оборудования после использования ВИЭ не требует дополнительных трудоемких затрат. Преимуществом по сравнению с использованием гидроэнергетики, ВИЭ не требует использования больших территорий, в результате которых необходимо переселять людей. В силу перечисленных преимуществ, использование ВИЭ позволяет решать основные проблемы экологического, экономического и климатического характера. Наибольшие показатели удельного выброса парниковых газов принадлежат ТЭС на угле и газе. (рис. 3.)

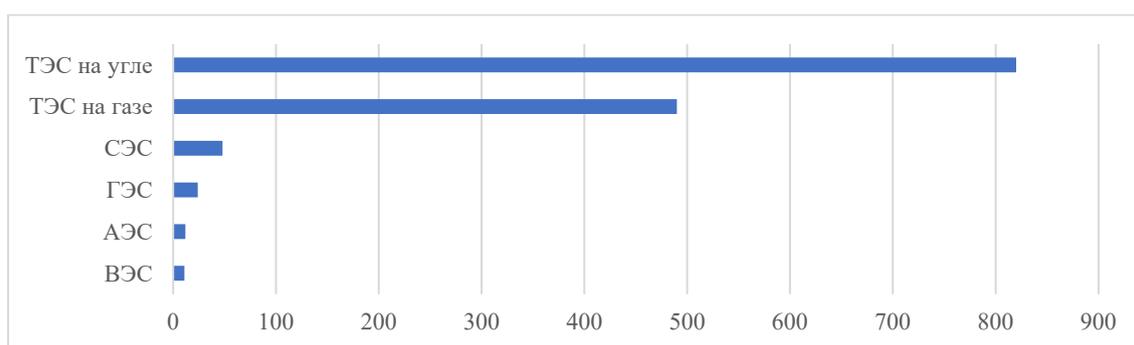


Рис. 3. Удельные выбросы парниковых газов г. CO₂ экв./кВт·ч в течение жизненного цикла объектов генерации электроэнергии
Источник: [4]

Мощности

По оценкам экспертов, потенциальный суммарный объем «ресурсов» ВИЭ в мире может составлять с выше 800 000 млрд т н.э. (потребление в 2021 г. около

14 млрд т н.э.), где лидирующую позицию займет солнечная энергия – более 60 %, второе место займет геотермальная – порядка 30%, около 5% энергия мирового океана и оставшаяся часть энергия ветра.

Последние десятилетия удельные затраты на производство установок ВИЭ равномерно снижались и в настоящее время практически сопоставима с показателями установок традиционных источников энергии. Наибольшая динамика в сторону удешевления установок ВИЭ в фотоэлектрических модулях для строительства солнечных электростанций. С учетом роста цен на природный газ и уголь повышается экономическая привлекательность развития технологий ВИЭ, что будет способствовать энергетической безопасности. За последние 10 лет наблюдается стабильный рост мощностей использования ВИЭ в мире с 1.5 ТВт в 2012 г. до более 3 ТВт в 2021 г. Так же стоит отметить что в более 20 странах мира мощности ВИЭ превышают 10 ГВт, но это с учетом источников гидроэнергетики. Так, за рассматриваемый период, мощности ветряных электростанций выросли более чем в 3 раза с показателя в 2012 г. около 0,3 ТВт, до уровня более 0,8 ТВт в 2021 г. Самый бурный рост мощности принадлежит солнечным электростанциям, показатель которых, за этот же период, увеличился с 0,1 ТВт до 0,85 ТВт. Самым стабильным показателем мощности является ГЭС с ростом 25 % за 10 лет. Мировая доля мощности ВИЭ в общей мощности выработки электрической энергии с 2012 г. выросла в 1.5 раза, достигнув показателя в 2021 г. более 38 %. (рис. 4.)

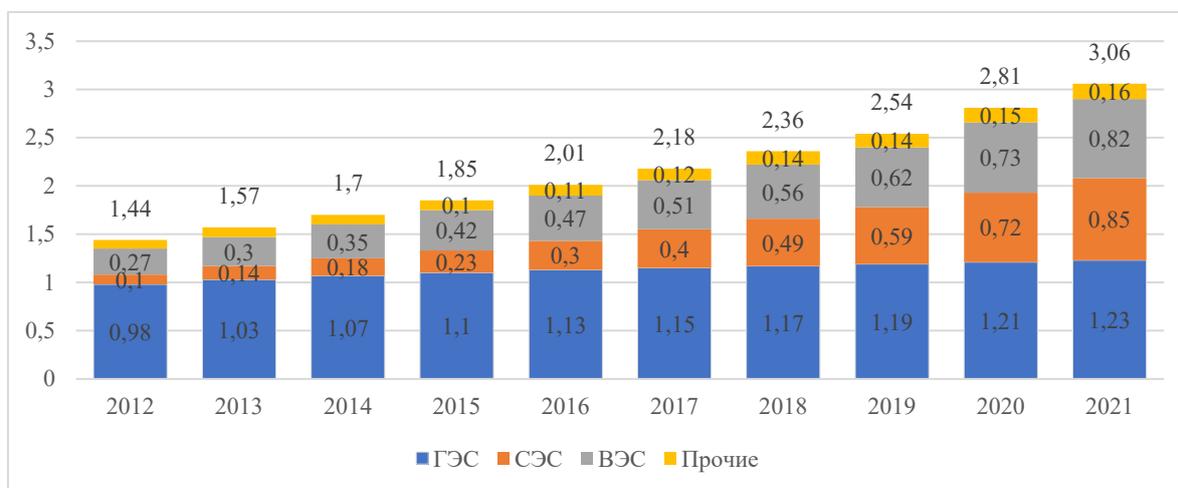


Рис. 4. Динамика мощностей ВИЭ по видам источников в мире за период 2012-2021 гг., ТВт

Источник: [5]

С учетом географического местоположения и уровня развитости технологий в разных странах, использования ВИЭ сильно разнятся в разных странах. Так пятерка лидеров по установленным мощностям являются Китай, США, Бразилия, Индия и Германия. Суммарная мощность которых составляет порядка 60 % мировой мощности ВИЭ. Так же Китай в 2021 г. преодолел показатель установленной мощности ВИЭ в 1 ТВт. Доля в общемировой мощности ВИЭ в Китае

составляет более 33 %, США почти 11 %, Бразилия более 5 %, Индия менее 5% и Германия около 4.5 %, РФ занимает 11 позицию с показателем почти 2 % (56,6 ГВт) уступая Японии (почти 4 %), Канаде (менее 3.5 %), Испании (2 %), Франции и Италии (менее 2 %) (рис. 5.)

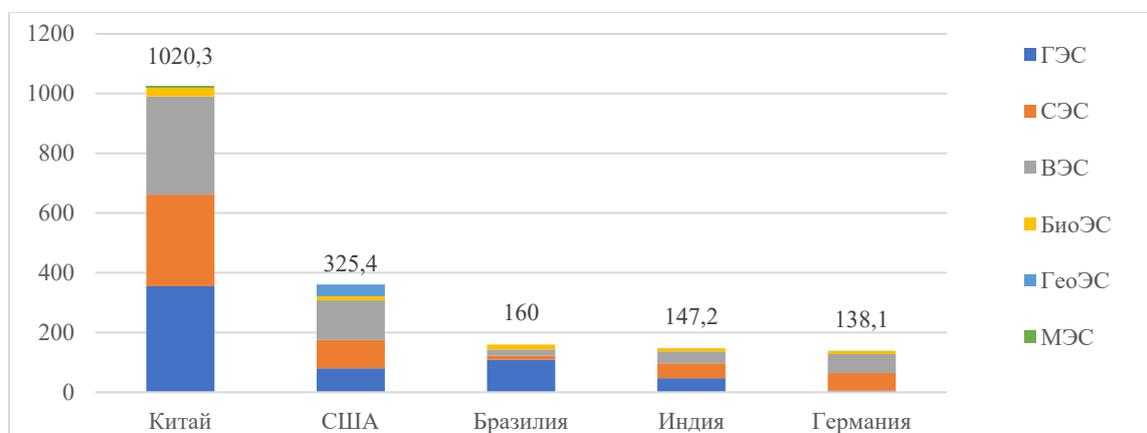


Рис. 5. Лидирующие страны по установленной мощности ВИЭ за 2021 г., ГВт
Источник: [5]

Ввод мощностей

В 2021 г. в мире было введено порядка 256 ГВт новых мощностей ВИЭ, большую часть составили СЭС более 52 % и ВЭС более 36 %, как наиболее экономически эффективные с низкими удельными капитальными затратами. Лидерами ввода новых мощностей ВИЭ являются Китай, США, Индия, Бразилия и Германия, на которые приходится более 70 % всех новых мощностей ВИЭ. Доля Китая по этому показателю превышает 120 ГВт (более 45 % от показателя в мире), где около 100 ГВт мощностей приходится на СЭС и ВЭС. Начиная с 2012 г. показатель объём ввода ежегодных мощностей ВИЭ (с учетом ГЭС) начал превышать показатель традиционной энергетики. Доля ежегодного ввода мощностей ВИЭ в 2010 г. составила 51 %, а к 2021 г. достигла рекордного уровня 84 %. (рис. 6.)

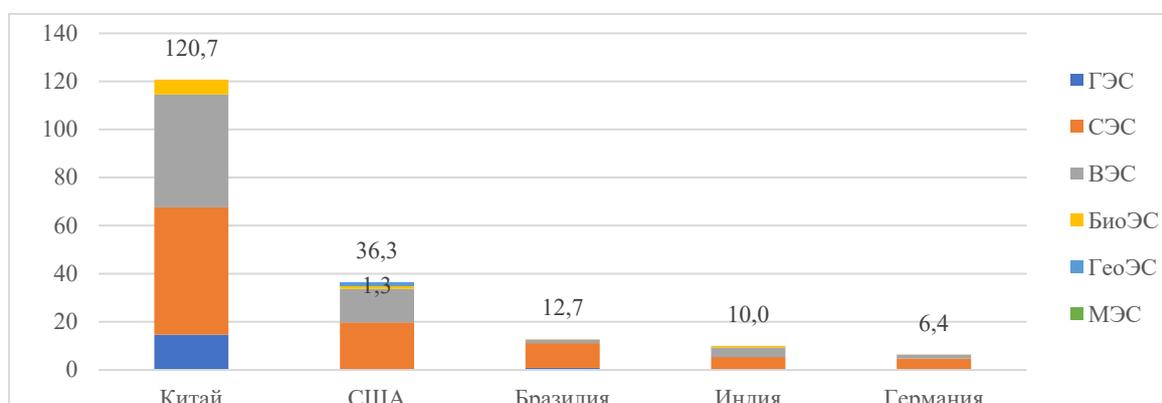


Рис. 6. Лидирующие страны по вводу мощностей ВИЭ за 2021 г., ГВт
Источник: [5]

За период реализации механизма поддержки и развития ВИЭ в РФ с 2013 г. по 2021 г. было введено в эксплуатацию более 120 электростанций ВИЭ и составил (83 СЭС – 1,7 ГВт, 27 ВЭС – 1,9 ГВт и 11 МГЭС – 58 МВт). Так в 2013 г. было введено 5 Мгв, существенный ввод СЭС начался в 2015 г. и составил 56,3 МВт, а ВЭС в 2018 г с показателем 55,5 МВт. Наибольший показатель ввода мощностей СЭС приходится на 2019 г. почти 620 МВт и до сих пор остается рекордным, а ВЭС в 2020 г. – 713 МВт, рекордное значение было зафиксировано в 2021 г – 1139 МВт. (рис. 7) По результатам состоявшихся конкурсов в рамках ДПМ за 2022-2028 гг., в эксплуатацию запланировано ввести более 4,3 ГВт, из них 28 СЭС – 22 %, 88 ВЭС – 73 % и 10 МГЭС – 5 %.

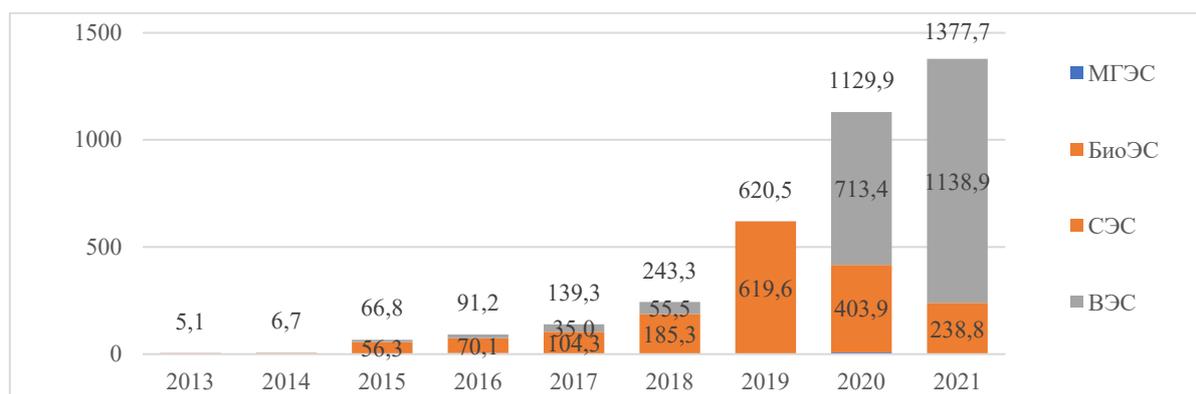


Рис. 7. Ввод мощностей ВИЭ в РФ в период с 2013 г по 2021 г., МВт
Источник: [3]

Выработка электроэнергии

Последние десятилетия наблюдается постоянный рост выработки электроэнергии за счет мощностей ВИЭ (с учетом ГЭС) и в 2021 г. этот показатель в мире составил почти 28 % от общего показателя производства электроэнергии по всем видам топлива. Основной причиной такой динамики, является снижение доли выработки электроэнергии за счет использования нефти, природного газа и каменного угля, доля ядерного топлива сохраняется стабильной на уровне 10 %. Лидирующую позицию выработки электроэнергии по-прежнему занимает каменный уголь более трети от общего показателя и в 2021 г. превысил показатель 10,2 тыс. ТВт ч. Больше всего вырабатывается электроэнергии в странах с развитыми ГЭС, таких как Норвегия (99 %), Бразилия (78,4 %), Канада (96,8 %) и Швеция (67 %). В структуре ВИЭ более 15 % приходится на ГЭС, около 6,5 % на ВЭС, более 3 % на СЭС и прочие источники. (рис. 8).

В структуре выработки электроэнергии в РФ в 2021 г., традиционно лидирующую позицию занимает ТЭС более 60 %, на втором месте АЭС почти 20 % на третьем месте ГЭС почти 19 %, на долю ВЭС в общем объеме выработки электроэнергии приходится менее 1 % (МГЭС – 0,37 %, ВЭС – 0,31 %, СЭС – 0,2 % и другие – 0,07 %). Объем вырабатываемой энергии за счет ВИЭ с 2020 г. по 2021 г. вырос почти на 22 %.

Доля производства электроэнергии СЭС с 2012 г. выросла с 0,4 % до 3,6 % в 2021 г., а ВЭС с 2,3 % до 6,6 % в аналогичные годы. Так в 2021 г. был поставлен рекорд производства электроэнергии СЭС превысив 1 тыс. ТВт ч, что сопоставимо с общим уровнем производства электроэнергии в РФ в год. Так же суммарное производство электроэнергии за счет ВЭС и СЭС превысила показатель производимой электроэнергии за счет АЭС в 2021 г.

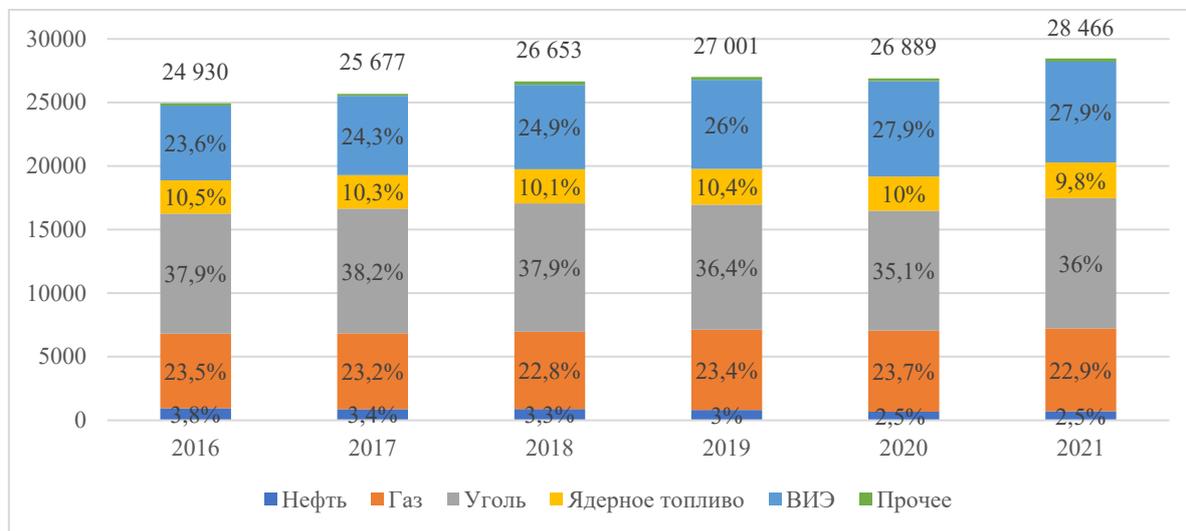


Рис. 8. Динамика выработки электроэнергии в мире по видам топлива, ТВт ч
Источник: [2]

Инвестиции в ВИЭ

По данным Global Status Report 2021 г. более 60 % (СЭС – 27 %, ВЭС – 10 %) от всех мировых инвестиций для производства энергии (около 990 млрд долл.) пришлось на ВИЭ (с учетом ГЭС), а на угольные, газовые и ядерные более 30 %. Объем суммарных инвестиций в ВИЭ последние десятилетия имел волатильную тенденцию в зависимости от политической и экономической ситуации развитых и развивающихся стран. Однако последние годы наблюдается постоянный рост инвестиций в ВИЭ. Так показатель увеличился с 210,6 млрд долл. в 2013 г. до уровня 366 млрд долл. в 2021 г. Доля инвестиций в СЭС составила 56 % и в ВЭС около 40 % относительно всего объема инвестиций в ВИЭ. Лидирующую позицию годовых инвестиций в ВИЭ занимает Китай с показателем более 137 млрд долл. (37,5 %), на втором месте США около 40 млрд долл. (10,5 %). (рис. 9)

Ведущим инвестором в строительстве СЭС в РФ является ООО «Солар Системс» реализованный проект «Старомарьевская СЭС» расположенная в Ставропольском крае. Объем инвестиций превысил 14 млрд руб. Общий объем инвестиций, направленных на реализацию 16 СЭС за период 2014-2021 гг. составил около 100 млрд руб. Ведущий инвестор ВЭС являются АО «Новавинд» (35 %), АО «Роснано» плюс ПАО «Фортум» (53 %) и ПАО «Энел Россия» (4 %). Их доля в общем объеме инвестиций ВЭС составляет около 90 %. Так АО «Новавинд» в начале 2021 г. ввела в эксплуатацию, крупнейшую в РФ – Кочубеевскую ВЭС,

мощностью 210 МВт, расположенную в Ставропольском крае. Общий объем инвестиций ВЭС за период с 2014 г. по 2021 г. составили около 200 млрд руб.

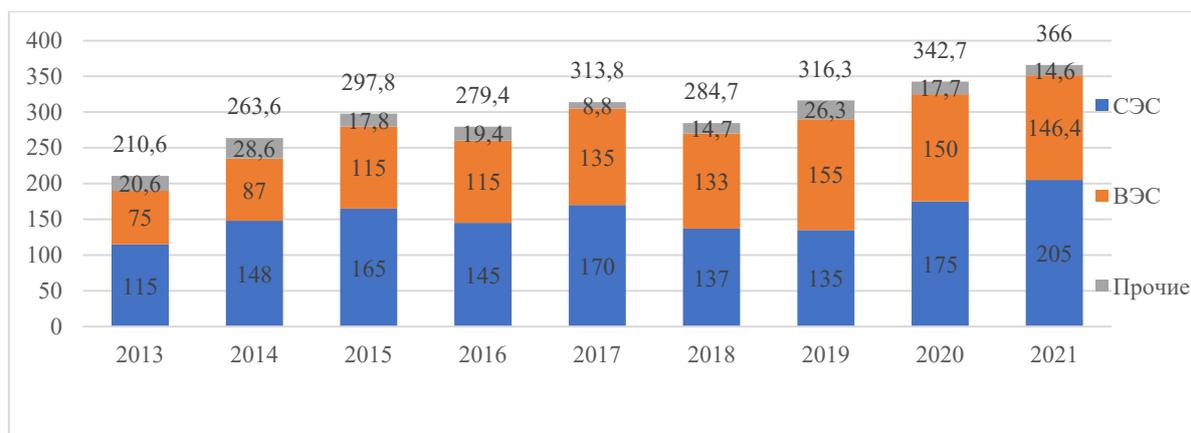


Рис. 9. Динамика выработки электроэнергии в мире по видам топлива, ТВт·ч

Заключение

Несмотря на наличие широкого разброса в оценке перспектив дальнейшего развития ВИЭ, можно сделать вывод о существенном увеличении доли ВИЭ, прежде всего СЭС и ВЭС, в мировом производстве электрической энергии и энергетическом балансе в ближайшие десятилетия.

Тем не менее, не смотря успехи в создании полноценного кластера ВИЭ, Россия еще не успела достичь конкурентоспособной цены как в сравнении с внутренней традиционной генерацией, так и с экспортной ценой поставки. При текущих планах на вторую программу развития ВИЭ в РФ до 2035 г. внутренние мощности по производству окажутся недогруженными и не смогут выйти на экспортные поставки за счет эффекта масштаба.

Однако ускорение развития в данном направлении возможно при учете климатической повестки. Примерно три четверти антропогенной эмиссии CO² в течение последних 20 лет обусловлено добычей первичного топлива, его транспортировкой, переработкой и сжиганием с целью получения тепловой, электрической и механической энергии. Статистический анализ данных по всему миру показал, что около 44% парниковых газов образовались при использовании угля, 36% – нефти и нефтепродуктов, 20% – природного газа. Россия является крупнейшим эмитентом углекислого газа и приняла участие в подписании Рамочной конвенции ООН об изменении климата, Киотского протокола, а также ратифицировала Парижское соглашение по климату, направленное на регулирование выбросов парниковых газов, начиная с 2020 г., что накладывает на нее определенные обязательства по ограничению выбросов CO₂ и ведению соответствующей отчетности. В связи с чем в последние годы в России активно стали подниматься вопросы углеродного квотирования для ограничения выбросов [1].

Энергетическая безопасность напрямую влияет на благосостояние той или иной территории и ее независимость от внешних источников. Однако в настоя-

щие момент понятие энергетической безопасности невозможно представить без понятия устойчивого развития. В виду резкого обострения экологических и климатических проблем устойчивое развитие в обратную сторону влияет на энергетическую безопасность. Определены основные стейкхолдеры развития возобновляемых источников энергии: население, государство, бизнес и инвесторы/финансовые институты, а также их требования и характеристики.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках базового проекта НИР лаборатории 1105 ИНГГ СО РАН № FWZZ-2022-0029.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киотский протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата, 1998 URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf> (дата обращения 10.03.2023).
2. BP: Statistical Review of World Energy, June 2022 (дата обращения: 20.02.2023)
3. ФГБУ «РЭА» Минэнерго России (дата обращения: 15.03.2023)
4. The IPCC Special Report on Renewable Energy and Climate Change Mitigation
5. IRENA: Renewable Capacity Statistics 2022 // <https://irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-CapacityStatistics-2022> (дата обращения: 20.04.2023).

© М. В. Мишенин, А. С. Доржиева, 2023