

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 620.91

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Кирюхин¹ Я.А., Макеев² А.Н.

Национальный исследовательский университет "МЭИ",
, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, Россия
e-mail: ykiruhin@gmail.com; tggi@rambler.ru

Аннотация. Целью работы является исследование вопроса развития возобновляемой энергетики в современном мире. Многочисленные научные публикации, в том числе цитируемые в международных базах данных Web of Science и Scopus, свидетельствуют о том, что возобновляемая энергетика находится в фокусе внимания современной мировой и отечественной науки и энергетики. Однако, несмотря на достаточно длительный период развития данной отрасли, не все вопросы данной тематики достаточно хорошо освещены и систематизированы, что открывает большие возможности для дальнейших исследований в этом направлении.

Предмет исследования: предпосылки внедрения и текущее состояние объектов возобновляемой энергетики в Мире. Перспективы дальнейшего развития ВИЭ.

Материалы и методы: для решения поставленной задачи были проанализированы материалы отечественных и зарубежных научных статей, конференций касательно возобновляемых источников энергии.

Результаты: при достижении поставленной цели рассмотрены экологические вопросы возникновения глобального потепления в Мире и вариации объяснения данного процесса, отмечены существующие стратегии по предотвращению возникающих последствий, отмечены экономические стимулы для развития возобновляемой энергетики, рассмотрены действующие объекты возобновляемой энергетики на территории России.

Выводы: Полученные результаты могут быть использованы для выбора дальнейшей стратегии развития данной энергетической области в науке, промышленности и бизнесе.

Ключевые слова: глобальное потепление, изменение климата, вредные выбросы, возобновляемая энергетика, энергетическая стратегия.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из глобальных проблем являются климатические изменения. Различные международные исследования подтверждают, что на протяжении XX и XXI вв. происходит постоянное повышение глобальной температуры тропосферы Земли, причиной которого, в большей степени, является антропогенное воздействие, ведущее к изменению состава атмосферного воздуха. По данным Всемирной метеорологической организации, период 2015-2020 гг. был самым теплым десятилетием, а 2011-2020 гг. – самым теплым десятилетием за всю историю наблюдений. Современная средняя глобальная температура приземного воздуха составила примерно 14,9 °С, что на 1,2 °С выше, чем в доиндустриальную эпоху [3]. Такое изменение температуры Земли ведет к деградации криосферы, сокращению арктического снежного покрова и ее морского льда, что в свою очередь приводит к повышению уровня мирового океана.

Воздействие антропогенных факторов приводит к увеличению кислотности вод, увеличению их температуры, снижению содержания в них кислорода. Также это ведет к изменению мест обитания различных видов флоры и фауны, изменению доступности пропитания различных

животных, нарушению экосистемы коралловых рифов. В условиях указанных изменений учащаются пожары, случаются наводнения, оползни, а сопутствующие изменения качества воды и пищи сказываются на здоровье человека [4]. Одним из возможных путей решения данной проблемы может стать использование объектов возобновляемой энергетики в качестве генерирующих установок, которые характеризуется отсутствием вредных выбросов при их эксплуатации.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для решения поставленной задачи были проанализированы материалы отечественных и зарубежных научных статей и конференций касательно тематики возобновляемой энергетики. Информация из русскоязычных статей была получена благодаря научным библиотекам eLIBRARY и КиберЛеника. Для доступа к научным публикациям, цитируемым в международных базах данных Web of Science и Scopus использована система управления библиографической информацией Mendeley. Написание самой научной публикации выполнено с применением библиографического менеджера Zotero.

Материалы и методы исследований

Результаты научных исследований, представленные авторами указанных публикаций, систематизированы и использованы для получения собственных выводов и прогнозов по дальнейшему использованию объектов возобновляемой энергетики.

Результаты и их анализ

Повышение температуры Земли также связано с усиливающимся явлением парникового эффекта, основанным на отепляющем действии рассеянных в атмосфере газов, причиной появления которых являются как естественные, так и антропогенные источники. К ним относятся: водяные пары, диоксид углерода, метан, закись азота, озон и т.п. Основное действие этих газов, и в первую очередь углекислого газа, заключается в удержании длинноволнового излучения, исходящего от Земли, и повышении за счет этого температуры в тропосфере.

При соблюдении баланса перечисленных газов парниковый эффект играет положительную роль, обеспечивая комфортные условия проживания. Но в связи с развитием промышленности и увеличения выбросов углекислого газа, тепловой баланс атмосферы нарушается. Например, при удвоении концентрации CO_2 происходит изменение радиационного баланса Земли на 1,7%, но при этом средняя температура воздуха на Земле возрастает на 2,5 °С. Подобная интенсификация со стороны парникового эффекта нарушает естественный баланс водяных паров, так как рост температуры ведет к их более интенсивному испарению в атмосферу. Таким образом, парниковый эффект усиливается еще больше.

В процентном соотношении вклад в парниковый эффект углекислого газа, по сравнению с водяным паром и другими газами, относительно невелик. Но поскольку углекислый газ химически малоактивен и способен длительное время находиться в атмосфере, то считается, что его доля в возникающем потеплении Земли максимальна [5].

По поводу причин возникновения потепления климата существует множество и других точек зрения. Так в работе [6] дается критика одностороннего воздействия парниковых газов и говорится о факте потепления климата без научного описания причинно-следственной связи между различными природными факторами возникающей катастрофы. Кроме того, некоторыми учеными опровергается воздействие антропогенных факторов и их мнение склоняется к тому, что приоритетная роль в климатических изменениях на Земле принадлежит глубинным океаническим течениям, наиболее известным и мощным из которых является Эль-Ниньо [7].

Аномалия данного течения заключается в повышении на 5 – 9 °С температуры поверхности воды на востоке Тихого океана общей площадью

около 10 миллионов квадратных километров. Глубина такого слоя составляет 100-200 метров и сопровождается изменением направления ветра и осадков. Иногда же возникает противоположная фаза данного явления, которая проявляется реже – Ла-Нинья, характеризующаяся снижением температуры океана и более сильными пассатными ветрами вдоль экватора. Аномалия Эль-Ниньо может продолжаться от нескольких месяцев до полутора лет с интервалом от двух до десяти лет. Формирование данного явления определяется потоками солнечной энергии, воздушных масс, гидросферными потоками в океанах и изменениями в биосфере Земли. Согласно имеющимся научным исследованиям с 1950 года по 2009 год произошел рост интенсивности Эль-Ниньо, вызванный ростом приземной температуры и концентрацией углекислого газа в атмосфере [8].

Таким образом, глобальные климатические изменения целесообразно рассматривать как процесс, зависящий от многих факторов, определяемых не только деятельностью человечества, но и естественными природными явлениями, которые в совокупности способны накладываться друг на друга, вызывая более глобальные изменения или их компенсацию.

Также следует учитывать и двойственность самого явления изменения климата. Кажущаяся опасность потепления, несущая в себе социальные, экономические и технические трансформации, трактуется климатологами как эволюционный процесс, происходящий в весьма замедленном темпе, часто напоминающем климатические флуктуации – некоторое потепление, отмеченное в прошлом столетии, может смениться похолоданием примерно в тех же температурных пределах [7].

Тем не менее 12 декабря 2015 года в Париже, благодаря обширной деятельности французской дипломатии, представителями 195 стран мира был подписан международный климатический документ, преемник Киотского протокола, определяющий цели, задачи и стратегии международной климатической политики после 2020 года [9]. Это Парижское соглашение ставит перед собой цель не допустить к 2100 году повышения средней температуры более чем на 2 градуса в сравнении с доиндустриальной эпохой, а по возможности не превысить рост в 1,5 градуса, путем добровольного проведения мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов. Согласно утвержденной стратегии, начиная с 2021 года и через каждые 5 лет требуется существенно снижать и ограничивать вредные выбросы. В документе не прописан механизм строгого контроля за соблюдением этого условия, а также меры принуждения к его выполнению, но он дает право международным комиссиям проверять информацию, предоставляемую странами в качестве отчета по достижению данного показателя [10].

В достижении поставленной глобальной цели рост энергетики играет приоритетную роль.

Поскольку данный сектор является крупным источником выбросов углекислых газов, а также важнейшим звеном в развитии промышленности и стабильной жизни любой страны, то получение недорогой, надежной и экологически чистой энергии на этапе ее производства является основной задачей, которую необходимо решить человечеству в ближайшем будущем.

Важно отметить, что развитие такой чистой энергетики потребует больших капитальных вложений. В работе [1] сообщается, что для достижения нулевых выбросов парниковых газов к 2050 году потребуются суммарные инвестиции в размере около 275 триллионов долларов в течение ближайших 30 лет. Это означает рост текущих ежегодных вложений в сектор энергетики на 60 %. Однако, глобальные инвестиции в возобновляемые источники энергии на текущий момент остаются ниже рассматриваемого уровня, а борьба с COVID-19 еще больше увеличила эти потребности.

Тем не менее в 2021 году страны всего Мира суммарно выделили около 500 миллиардов долларов на проекты по декарбонизации. Более половины всех вложенных средств была потрачена на развитие возобновляемой энергетики, остальная часть на тепловые насосы, электромобили, различные водородные технологии и системы улавливания и захоронения диоксида углерода. Так в 2021 году были введены 257 Гигаватт мощностей от возобновляемых источников энергии во всем Мире. При этом 60 % от этого количества были получены в Азии, а лидером стал Китай (127 Гигаватт). Стоит также отметить, что около 84% всех инвестиций в зеленую энергетику в 2021 году были сделаны Китаем, Индией, Европой, Японией и США, в то же время ежегодные инвестиции части развивающихся стран в данный сектор очень малы и находятся в стагнации с момента подписания Парижского договора. Однако их роль в мировом и энергетическом будущем также очень велика, так как на эти страны за исключением Китая приходится две трети населения Земли [1].

В мировом сознании зеленая энергетика стала ключом к спасению жизни на Земле и символом борьбы с глобальным потеплением. Так после трагедии на Фукусиме в 2011 году правительство Германии решило остановить работу семи ядерных реакторов и покрыть нехватку энергии введением ВИЭ. Таким образом возобновляемая энергетика стала торговой маркой новой немецкой политики.

В дальнейшем еще большему распространению ВИЭ способствовали различные общественные движения, которые боролись за чистоту планеты. Таким образом, новые владельцы энергетических установок могли получать не только выгоду от льготных тарифов, но и заметно поднять свой авторитет в глазах общественности [2].

В настоящее время наше государство также продолжает выполнять Парижское соглашение. Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации, взятые обязательства предполагают при стабильном социально-экономическом развитии,

последовательное сокращение к 2030 году выбросов парниковых газов до 70 % относительно уровня 1990 года. При этом должны учитываться их поглотители в виде лесов и других экосистем [11].

Россия обладает большими запасами природных ископаемых, что определяет относительно невысокие издержки на топливо по сравнению, например, с европейскими странами и позволяет держать лидирующие позиции в транспортировке этих ресурсов. Однако развитие новых технологий просто необходимо, так как модернизация, а также повышение эффективности существующих производств являются необходимыми условиями для снижения доли парниковых газов искусственного происхождения, а также обеспечения энергетической безопасности различных регионов.

Согласно данным Министерства энергетики РФ, на генерацию тепловой и электрической энергии приходится 33,6% всех антропогенных выбросов. Таким образом, развитие возобновляемых источников энергии играет важную роль при декарбонизации экономики. Интерес государства к развитию данного сектора энергетики постоянно растет и в настоящее время их необходимость актуализируется указом «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» принятым в 2021 году, где говорится о необходимости развития технологий получения энергии из альтернативных источников для достижения экономической и экологической безопасности страны [12].

Следует также отметить, что в настоящее время в России есть удаленные группы потребителей, которые испытывают недостаток в электрической и тепловой энергии. Данное обстоятельство вызвано медленным экономическим развитием таких регионов, низкой плотностью населения, малой освоенностью территорий и сложностью доставки традиционных видов топлива. Электроснабжение таких малочисленных энергоузлов, сформированных сельскими населенными пунктами, возможно только с помощью децентрализованных энергосистем. К таким районам относятся Сибирь, Дальний Восток, Крайний Север России и интеграция возобновляемых источников энергии может значительно улучшить состояние их энергосистемы [13].

Согласно Энергетической Стратегии Российской Федерации от 9 июня 2020 года на период до 2035 года, одной из целей энергетической политики России будет являться снижение негативного влияния от топливно-энергетического комплекса и противодействие изменению климата путем перехода к зеленой энергетике. Ставятся задачи по повышению эффективности энергоснабжения удаленных и изолированных территорий с помощью возобновляемых источников энергии, совершенствованию стандартов и механизмов их развития, стимулированию спроса на

электрическую энергию, полученную такими источниками [14].

Российская Федерация, располагающая обширными климатическими ресурсами, обладает

огромным потенциалом по развитию данной отрасли, который существенно превышает потенциал европейских стран (Рисунок 1).

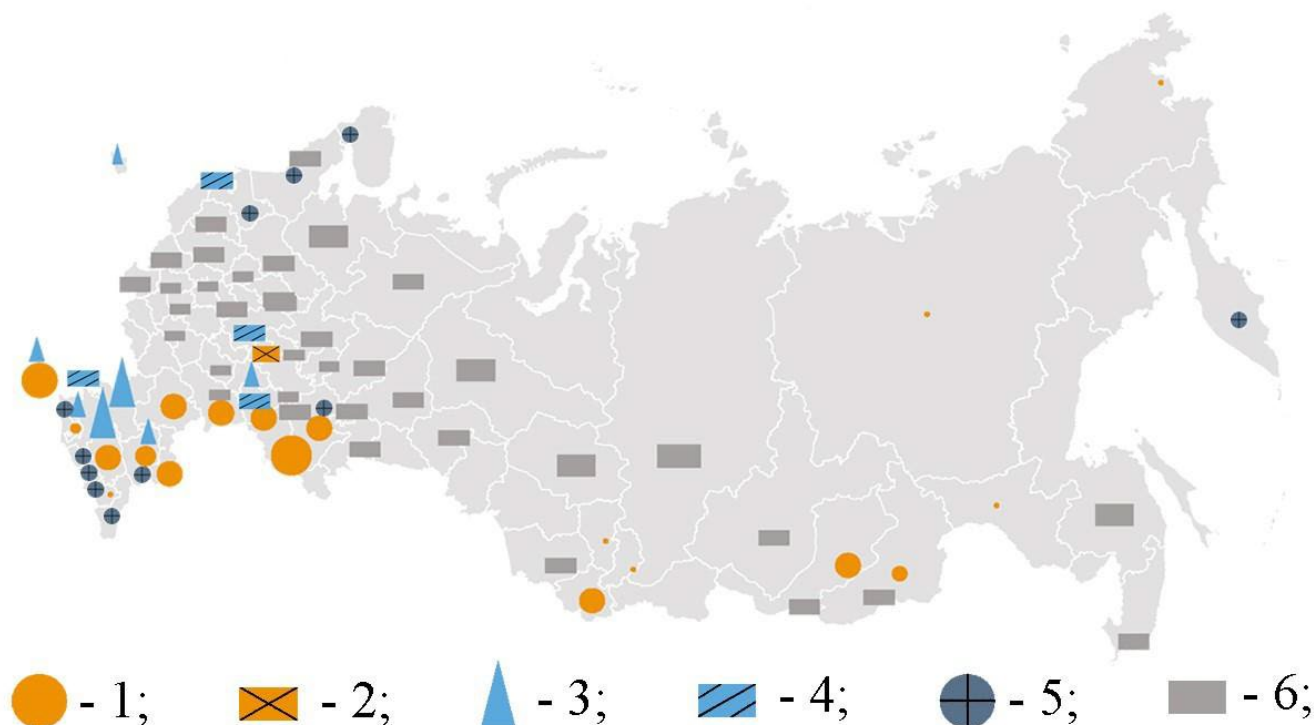


Рис. 1. Местоположение объектов ВИЭ в России на октябрь 2021 [15]: 1 – Солнечные электрические станции (Общая мощность > 1700 МВт в 20 субъектах РФ); 2 – Крупнейший в России завод по производству солнечных модулей «Хевел»; 3 – Ветряные электростанции (Общая мощность – 1500 МВт в 10 субъектах РФ); 4 – Крупнейшие центры производства оборудования для ветроэнергетики; 5 – Малые гидроэлектростанции (Общая мощность около 1000 МВт в 15 субъектах РФ); 6 – Крупнейшие производства биотопливных гранул и брикетов (Общая мощность более 3 млн тонн в год в 40 субъектах РФ)

Fig. 1. Location of renewable energy facilities in Russia as of October 2021 [15]: 1 – Solar power plants (Total capacity > 1700 MW in 20 subjects of the Russian Federation); 2 – Russia's largest plant for the production of solar modules "Hevel"; 3 – Wind power plants (Total capacity - 1500 MW in 10 subjects Russia); 4 – The largest centers of production of equipment for wind power; 5 – Small hydroelectric power plants (Total capacity of about 1000 MW in 15 subjects of the Russian Federation); 6 – The largest production of biofuel pellets and briquettes (Total capacity of more than 3 million tons per year in 40 subjects of the Russian Federation)

ВЫВОДЫ

На основании рассмотренных выше информационных источников можно выделить следующие наиболее динамично развивающиеся отрасли возобновляемой энергетики: солнечная энергетика, ветроэнергетика, гидроэнергетика и геотермальная энергетика.

Солнечная энергетика основана на использовании солнечного излучения для получения тепловой и электрической энергии в различном виде, а также является основой для биоэнергетики. Данная отрасль в настоящее время отличается высокими темпами развития и широкой поддержкой со стороны различных государств [16]. Несмотря на внешние экономические сложности Россия также принимает непосредственное участие в развитии данного вида ВИЭ с наибольшими успехами в космической отрасли [17].

Ветроэнергетика использует кинетическую энергию воздушных масс и преобразует ее в электрическую энергию для дальнейшего использования потребителями. Такие установки не требуют большого количества времени для их монтажа и последующего технического обслуживания. По оценкам некоторых экспертов, в настоящее время в России существует угроза дальнейшему развитию данной отрасли, связанная с недостатком инвестиций и сложной макроэкономической ситуацией, требующая для решения более широкой государственной поддержки и локализации производства внутри страны [18].

В гидроэнергетике используется энергия водяного потока для ее преобразования в электрическую. Однако развитие данной отрасли ВИЭ сопряжено с рядом трудностей. Строительство ГЭС занимает годы, требует больших инвестиций и затрат на дальнейшую эксплуатацию объекта. Данные факторы замедляют внедрение подобных

источников по сравнению с другими источниками возобновляемой энергетики [19]. В этой сфере Россия также обладает высоким потенциалом развития, который составляет около 9% мирового.

Геотермальная энергетика использует тепловую энергию недр Земли для непосредственного использования для нужд ГВС и отопления или для генерации электроэнергии на специальных геотермальных электростанциях ГеоЭС. Перспективность развития данного направления в России также высока и открывает возможности конкуренции с традиционными тепловыми станциями. Так, например, себестоимость электроэнергии на Мунтовских ГеоЭС еще в 2010 году была ниже в 3,7 раз по сравнению с обычными ТЭС [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aydos M. [и др.]. Scaling Investment in Renewable Energy Generation to Achieve Sustainable Development Goals 7 (Affordable and Clean Energy) and 13 (Climate Action) and the Paris Agreement: Roadblocks and Drivers / M. Aydos, P. Toledano, M. Brauch, L. Mehranvar, T. G. Iliopoulos, [и др.], 2022.
2. Lederer M. The Promise of Prometheus and the Opening up of Pandora's Box: Anthropological Geopolitics of Renewable Energy // *Geopolitics*. 2020. (27). С. 1–25.
3. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Климатический центр Росгидромета [Электронный ресурс]. URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2022/od3or.pdf> (дата обращения: 24.02.2022).
4. Фалеев М. И., Цыбиков Н. А., Сидорович Т. И. Глобальные климатические изменения - фактор активизации природных и антропогенных вызовов населению и окружающей среде // Технологии гражданской безопасности. 2022. №2 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-klimaticheskie-izmeneniya-faktor-aktivizatsii-prirodnih-i-antropogennyh-vyzovov-naseleniyu-i-okruzhayushey-srede> (дата обращения: 28.03.2023).
5. Романов Э. В., Лелецкий А. В., Лабунин К. А. Парниковый эффект: причины, последствия, способы оптимизации // Достижения науки и образования. 2019. №8-1 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/parnikovyy-effekt-prichiny-posledstviya-sposoby-optimizatsii> (дата обращения: 24.02.2023).
6. Стерлигов В. В., Дробышев В. К. Оценка теплофизических параметров парникового эффекта // Вестник СибГИУ. 2022. №2 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-teploffizicheskikh-parametrov-parnikovogo-effekta> (дата обращения: 24.02.2023).
7. Бондаренко Л. В., Маслова О. В., Белкина А. В., Сухарева К. В. Глобальное изменение климата и его последствия // Вестник РЭА им. Г. В. Плеханова. 2018. №2 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya> (дата обращения: 24.02.2023).
8. Алексеев В. И. Вейвлет-анализ динамики изменений явления Эль-Ниньо - Ла-Нинья и его прогнозирование // Вестник ЮГУ. 2018. №3 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/veyvlet-analiz-dinamiki-izmeneniy-yavleniya-el-nino-la-ninya-i-ego-prognozirovanie> (дата обращения: 28.03.2023).
9. Парижское соглашение | Организация Объединенных Наций [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения: 05.08.2023).
10. Ковалев Ю. Ю. Пять лет Парижскому соглашению: прошлое, настоящее и будущее глобального климатического договора // История и современное мировоззрение. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pyat-let-parizhskomu-soglasheniyu-proshloe-nastoyashee-i-budushee-globalnogo-klimaticheskogo-dogovora> (дата обращения: 24.02.2023).
11. Определяемый на национальном уровне вклад Российской Федерации в рамках реализации Парижского соглашения от 12 декабря 2015 года. С. 16. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC_RF_ru.pdf (дата обращение: 30.03.2023).
12. Фатерина А. А. Способы обеспечения экономической и энергетической безопасности при декарбонизации российской экономики // Государственное управление. Электронный вестник. 2023. №95. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-obespecheniya-ekonomicheskoy-i-energeticheskoy-bezopasnosti-pri-dekarbonizatsii-rossiyskoy-ekonomiki> (дата обращения: 24.02.2023).
13. Лукутин Б. В., Муравьев Д. И. Перспективы децентрализованных систем электроснабжения постоянного тока с распределенной солнечной генерацией // Известия ТПУ. 2020. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-detsentralizovannykh-sistem-elektrosnabzheniya-postoyannogo-toka-s-raspredelyonnoy-solnechnoy-generatsiyey> (дата обращения: 19.03.2023).
14. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354840/ (дата обращения: 30.03.2023).
15. Дегтярев К. С., Соловьев Д. А. Проблемы и перспективы развития возобновляемой энергетики России в новых условиях // ЭП. 2022. №6 (172). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-vozobnovlyae moy-energetiki-rossii-v-novyh-usloviyah> (дата обращения: 09.03.2023).
16. Кирюхин Я. А., Макеев А. Н. Перспективы развития солнечной энергетики в России // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №6. С. 415-421. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/91/49>.

17. Бутузов В.А. Энергетика России на основе ВИЭ // ЭВ. 2023. №28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energetika-rossii-na-osnove-vie> (дата обращения: 05.08.2023).

18. Гапич Д.С., Ханин Ю.И., Немченко А.В., Лихолетов Е.А. ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ // Инновации и инвестиции. 2022. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vetroenergetika-sostoyanie-problemy-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 04.08.2023).

19. Бердышев Илья, Битней Владислав, Габдушев Дмитрий, Голохвастов Евгений, Чегодаев Александр, Ванин Артём ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В СИБИРИ, НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ И КАМЧАТКЕ // ЭП. 2023. №6 (184). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-perspektivy-razvitiya-gidroenergetiki-v-sibiri-na-dalнем-vostoke-i-kamchatke> (дата обращения: 05.08.2023).

20. Шулюпин А.Н., Чермошенцева А.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОСВОЕНИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-v-osvoenii-geotermalnyh-resursov-1> (дата обращения: 05.08.2023).

REFERENCES

1. Aydos M. [et al.]. Scaling Investment in Renewable Energy Generation to Achieve Sustainable Development Goals 7 (Affordable and Clean Energy) and 13 (Climate Action) and the Paris Agreement: Roadblocks and Drivers / M. Aydos, P. Toledano, M. Brauch, L. Mehranvar, T. G. Iliopoulos, [and et al.], 2022.

2. Lederer M. The Promise of Prometheus and the Opening up of Pandora's Box: Anthropological Geopolitics of Renewable Energy // *Geopolitics*. 2020. (27). С. 1–25.

3. The third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation // Climate Center of Roshydromet [Electronic resource]. URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2022/od3or.pdf> (accessed: 02/24/2022).

4. Faleev M. I., Tsybikov N. A., Sidorovich T. I. Global climate changes - a factor of activation of natural and anthropogenic challenges to the population and the environment // *Technologies of civil security*. 2022. No.2 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-klimaticheskie-izmeneniya-faktor-aktivizatsii-prirodnyh-i-antropogennyh-vyzovov-naseleniyu-i-okruzhayushey-srede> (accessed: 03/28/2023).

5. Romanov E. V., Leletsky A.V., Labunin K. A. Greenhouse effect: causes, consequences, ways of optimization // *Achievements of science and education*. 2019. No.8-1 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/parnikovyy-effekt->

[prichiny-posledstviya-sposoby-optimizatsii](https://cyberleninka.ru/article/n/parnikovyy-effekt-) (date of reference: 02/24/2023).

6. Sterligov V. V., Drobyshev V. K. Assessment of thermophysical parameters of the greenhouse effect // *Bulletin of SibGIU*. 2022. No. 2 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-teploffizicheskikh-parametrov-parnikovogo-effekta> (accessed: 02/24/2023).

7. Bondarenko L. V., Maslova O. V., Belkina A.V., Sukhareva K. V. Global climate change and its consequences // *Bulletin of the REA named after G. V. Plekhanov*. 2018. No.2 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya> (accessed: 02/24/2023).

8. Alekseev V. I. Wavelet analysis of the dynamics of changes in the El Niño - La Niña phenomenon and its prediction // *Bulletin of the SOUTH*. 2018. No. 3 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/veyvlet-analiz-dinamiki-izmeneniy-yavleniya-el-nino-la-ninya-i-ego-prognozirovanie> (accessed: 03/28/2023).

9. The Paris Agreement | The United Nations [Electronic resource]. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (accessed: 05.08.2023).

10. Kovalev Yu. Yu. Five years of the Paris Agreement: past, present and future of the global climate treaty // *History and modern worldview*. 2021. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pyat-let-parizhskomu-soglasheniyu-proshloe-nastoyashee-i-budushee-globalnogo-klimaticheskogo-dogovora> (accessed: 02/24/2023).

11. The contribution of the Russian Federation determined at the national level in the framework of the implementation of the Paris Agreement of December 12, 2015. p. 16. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC_RF_ru.pdf (date of appeal: 30.03.2023).

12. Vaterina A. A. Ways to ensure economic and energy security during the decarbonization of the Russian economy // *Public administration. Electronic bulletin*. 2023. No. 95. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-obespecheniya-ekonomicheskoy-i-energeticheskoy-bezopasnosti-pri-dekarbonizatsii-rossiyskoy-ekonomiki> (accessed: 02/24/2023).

13. Lukutin B. V., Muravyev D. I. Prospects of decentralized DC power supply systems with distributed solar generation // *Izvestia TPU*. 2020. No. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-detsentralizovannyh-sistem-elektrosnabzheniya-postoyannogo-toka-s-raspredelennoy-solnechnoy-generatsiyey> (accessed: 03/19/2023).

14. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1523-r dated 09.06.2020 "On approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035" // *ConsultantPlus* [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354840/ (accessed: 30.03.2023).

15. Degtyarev K. S., Solovyov D. A. Problems and prospects of development of renewable energy in Russia in new conditions // *EP*. 2022. No. 6 (172). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-vozbnovylyaemoy-energetiki-rossii-v-novyh-usloviyah> (accessed: 09.03.2023).

16. Kiryukhin Ya. A., Makeev A. N. Prospects for the development of solar energy in Russia // Bulletin of Science and practice. 2023. Vol. 9. No. 6. pp. 415-421. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/91/49>.

17. Butuzov V.A. Energy of Russia based on RES // EV. 2023. No.28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energetika-rossii-na-osnove-vie> (accessed: 05.08.2023).

18. Gapich D.S., Khanin Yu.I., Nemchenko A.V., Likholetov E.A. WIND ENERGY: STATE, PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT // Innovations and investments. 2022. No.4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vetroenergetika-sostoyanie-problemy-i-perspektivy-razvitiya> (accessed:

08/04/2023).

19. Berdyshev Ilya, Bitney Vladislav, Gabdushev Dmitry, Golokhvastov Evgeny, Chegodaev Alexander, Vanin Artem RESEARCH PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROPOWER IN SIBERIA, THE FAR EAST AND KAMCHATKA // EP. 2023. No. 6 (184). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-perspektivy-razvitiya-gidroenergetiki-v-sibiri-nadalnem-vostoke-i-kamchatke> (accessed: 05.08.2023).

20. Shulyupin A.N., Chermoshentseva A.A. MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GEOTHERMAL RESOURCES // Izvestiya TulsU. Earth sciences. 2022. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-v-osvoenii-geotermalnyh-resursov-1> (accessed: 05.08.2023).

CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Y.A. Kiryukhin¹, A.N. Makeev²

National Research University "Moscow Power Engineering Institute",
111250, Moscow, Krasnokazarmennaya str., 14, Russia,
e-mail: ¹kykiruhin@gmail.com ; ²tggi@rambler.ru

Abstract. The purpose of the work is to study the issue of the development of renewable energy in the modern world. Numerous scientific publications, including those cited in the international databases Web of Science and Scopus, indicate that renewable energy is in the focus of attention of modern world and domestic science and energy. However, despite a fairly long period of development of this industry, not all issues of this topic are sufficiently well covered and systematized, which opens up great opportunities for further research in this direction.

Subject of research: prerequisites for the introduction and current state of renewable energy facilities in the World. Prospects for further development of renewable energy.

Materials and methods: to solve this problem, materials of domestic and foreign scientific articles and conferences on renewable energy sources were analyzed.

Results: when achieving this goal, the environmental issues of the occurrence of global warming in the world and variations in the explanation of this process are considered, existing strategies for preventing emerging consequences are noted, economic incentives for the development of renewable energy are noted, existing renewable energy facilities in Russia are considered.

Conclusions: The results obtained can be used to select a further strategy for the development of this energy field in science, industry and business.

Key words: global warming, climate change, harmful emissions, renewable energy, energy strategy.