

# РОССИЙСКАЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА<sup>1</sup>

АВТОРЫ:

В.А. БУТУЗОВ,  
Д.Т.Н., КУБАНСКИЙ ГО-  
СУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-  
НЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. И.Т. ТРУБИЛИНА

П.П. БЕЗРУКИХ,  
Д.Т.Н., НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

В.В. ЕЛИСТРАТОВ,  
Д.Т.Н., САНКТ-  
ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА  
ВЕЛИКОГО

Приведены данные по установленной мощности объектов возобновляемой энергетики (ВЭ) в мире и России на 01.01.2020 г. Для дореволюционной России основными видами используемых ВИЭ были дрова, торф и гидроэнергия. Приведены объемы гидроэнергетики в 1913 г., примеры электростанций на торфе, книг по дровяному отоплению. Представлены данные об основателях научных школ по солнечной, геотермальной, ветровой энергетике. Отмечены роль Императорской Академии наук в комплексном исследовании ВИЭ, плана ГОЭЛРО (1920 г.) в системном использовании ВЭ (гидроэлектростанции,

торфяные электростанции). Указаны основные научные центры СССР по ВЭ, лидеры по отдельным ее видам и их достижения. Отмечена организационная работа по ВЭ в СССР и основные результаты научных коллективов современной России. Анализируется законодательное обеспечение развития ВИЭ в СССР и России. Указаны важные нормативные документы. Представлен перечень основных монографий и публикаций по российскому опыту использования ВИЭ, а также специализированных журналов и разделов по ВИЭ в энергетических журналах. Описана деятельность российских научно-технических ассоциаций.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика; геотермальные тепловые электростанции; солнечные электростанции; фотоэлектрические станции; ветроэлектростанции; гидроэлектростанции; возобновляемые источники энергии; ГОЭЛРО; научно-технические ассоциации; книги и журналы по ВИЭ.



Ветряные электростанции в Адыгее

<sup>1</sup> Репринт статьи из журнала «Энергетик», 2021, № 9. Публикуется с разрешения редакции и авторов.

Возобновляемая энергетика (ВЭ) мира, особенно ветровая и солнечная, в последние десятилетия развивается быстрыми темпами. На рис. 1 представлена диаграмма установленной мощности объектов ветроэнергетики, фотоэнергетики, солнечного и геотермального теплоснабжения, геотермальных электростанций (ГеоЭС) на 01.01.2020 г. ([www.ren.21.net](http://www.ren.21.net)).

Общая установленная мощность возобновляемой энергетики России, включая ГЭС по данным Энергетического совета СНГ [1] на 01.01.2020 г. составляла 55 190 МВт. На рис. 2 представлены значения установленной мощности ВЭ в РФ на 01.01.2020 г. Мощности фотоэлектрических станций (ФЭС) указаны по данным статьи [2], ветроэлектрических станций (ВЭС) — по материалам авторов статьи, малых ГЭС — по данным доктора техн. наук В.В. Елистратова, ГеоЭС — по статье [3], геотермального теплоснабжения — по статье [4], солнечного теплоснабжения — по статье [5].

## ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В XIX — XXI ВЕКАХ

В дореволюционной России основными видами ВИЭ были дрова, торф и гидроэнергетические ресурсы («белый уголь»). Опыт дровяного отопления описан в книге академика архитектуры Николая Александровича Львова (1751–1803 гг.) — «Русская пиростатика», переведенной в том числе на французский язык. В 1851 г. был учрежден Комитет развития торфодобывающей промышленности. Одним из инициаторов применения торфа на электростанциях был выпускник Императорского Московского университета, стажировавшийся в Кембридже (Англия), предприниматель Савва Тимофеевич Морозов (1862–1905 гг.). На его заводах были построены торфяные электростанции.

Первая — в 1903 г. на Никольской мануфактуре во Владимирской губернии, а вторая мощностью 12 МВт — в 1912 г. на Тверской мануфактуре. До революции 1917 г. самая мощная торфяная Богородская электростанция мощностью 15 МВт была построена в 1915 г. в Подмоскovie (в наши дни Ногинский район). В 1913 г. в России работали около пяти тысяч гидротурбин общей мощностью 200 МВт. Самая мощная Гиндукушская ГЭС мощностью 1,35 МВт была построена в 1909 г. в Туркестане. 57% российского рынка обеспечивалось гидротурбинами отечественного производства. В 1907 г. в Санкт-Петербургском электротехническом институте началась подготовка инженеров по специальности «Строительство ГЭС» [6].

Солнечная энергетика в начале XX века развивалась по двум направлениям. Доктор техн. наук Борис Петрович Вейнберг (1871–1942 гг.) разрабатывал солнечные опреснительные установки и тепловые гелиоустановки. Доктор техн. наук Абрам Федорович Иоффе (1880–1960 гг.) в 1905 г. в своей диссертации, подготовленной в Мюнхене под руководством Вильгельма Рентгена, изложил теоретические основы создания фотоэлектрических элементов [2]. Пионером геотермальных исследований в России в начале XX века был геолог Леонид Антонович Ячевский (1858–1916 гг.), который в 1905 г. опубликовал ряд соответствующих статей.

Российская ветроэнергетика была основана Николаем Егоровичем Жуковским (1847–1921 гг.), который с 1914 г. разрабатывал ее аэродинамические принципы. В 1920 г. он организовал Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), имевший в своем составе отдел ветряных двигателей.

Академический подход к комплексу вопросов использования ВИЭ был реализован Императорской Академией наук в 1916 г. с созданием Комиссии по развитию производительных сил

(КЕСП), которая издавала сборники трудов, в том числе в 1919 г. — том I «Ветер как двигательная сила», в 1921–1923 гг. — том II «Белый уголь» (гидроэнергетика).

Системный подход к развитию энергетики, в том числе возобновляемой, был реализован в 1920 г. при разработке плана электрификации России — ГОЭЛРО. Из ВИЭ при этом масштабное использование получили торфяные и гидравлические районные электростанции. Самая мощная тогда торфяная электростанция «Уткина Заводь» в Ленинграде мощностью 60 МВт была построена в 1922 г., а в 1932 г. возведена первая очередь самой мощной в СССР тех лет Днепро-ГЭС — ее мощность в 1939 г. составляла 560 МВт. В том же 1932 г. в Крыму сооружена самая мощная в мире ВЭС того времени — Балаклавская мощностью 100 кВт, концепция создания которой предвосхитила современные ВЭС. В тридцатые — сороковые годы в Арктике работали десятки ВЭУ единичной мощностью 20–30 кВт.

В СССР в тридцатые годы основными научными центрами возобновляемой энергетики были Энергетический институт АН СССР (ЭНИН) и ЦАГИ. В ЭНИН солнечную энергетку курировал академик Михаил Викторович Кирпичев (1879–1955 гг.). В ЦАГИ данную отрасль развивал доктор техн. наук Владимир Петрович Ветчинкин.

Геотермальная энергетика в СССР получила развитие в шестидесятые годы прошлого века. В 1961 г. при Академии наук был организован Совет геотермальных исследований. По инициативе академика Михаила Алексеевича Лаврентьева (1900–1980 гг.) в 1966 г. на Камчатке была построена первая в СССР Паужетская геотермальная электростанция прямого цикла мощностью 10 МВт, а в 1967 г. — первая в мире бинарная Паратунская геотермальная электростанция мощностью 630 кВт с промежуточным легкокипящим рабочим телом. В 1964 г. доктор

техн. наук Б.В. Тарнижевский построил первую в мире фотоэлектрическую электростанцию с концентраторами солнечного излучения мощностью 250 Вт для объекта в пустыне Кара-Кум. В 1985 г. в Крыму была построена первая в СССР термодинамическая СЭС мощностью 5 МВт, а также Центр возобновляемой энергетики ЭНИН (доктор техн. наук Б.В. Тарнижевский). Единственная российская приливная электростанция — Кислогубская ПЭС была построена в 1977 г. под руководством доктора техн. наук Льва Борисовича Бернштейна (1910–1996 гг.) в наплавном варианте в губе Кислая у пос. Ура-Туба в Мурманской области. I очередь электростанции — одна капсульная турбина мощностью 400 кВт, II очередь (после реконструкции) — ортогональная турбина мощностью 1500 кВт, установленная в 2006 г.

С 1955 г. работы по производству фотоэлектрических преобразовате-

лей в СССР получили интенсивное развитие в институте источников тока (ВНИИТ, Москва), который решал задачи по обеспечению электроэнергией всех космических объектов СССР. При этом необходимо отметить огромную роль в развитии советской космической фотоэнергетики члена-корреспондента РАН Николая Степановича Лидоренко, генерального директора и главного конструктора института ВНИИТ (с 1950 по 1986 г. НПО «Квант»).

Комплексное развитие ВЭ в СССР связано с деятельностью председателя Госкомитета СССР по науке и технике (ГКНТ) академика Владимира Алексеевича Кириллина (1913–1999 гг.). В 1981 г. совместным постановлением АН, ГКНТ и Госплана была принята программа по решению научно-технической задачи «Создать и внедрить солнечные, ветровые установки и устройства для производства тепла

и электрической энергии». Под председательством члена-корреспондента АН Эвальда Эмильевича Шпильрайна (1926–2009 гг.) в составе АН СССР был создан Совет по нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии. После 1993 г. этот Совет был преобразован в научный совет РАН по возобновляемой энергетике, который до 2009 г. возглавлял Э.Э. Шпильрайн, а в настоящее время — доктор техн. наук Олег Сергеевич Попель. Совет координировал работу уже имевшихся в СССР научных центров по ВИЭ: ЭНИН, Института высоких температур АН СССР (ИВТАН), Физико-технического института Узбекской АН, НПО«Квант» и других. В Махачкале был построен опытный полигон ИВТАН «Солнце», и в 1980 г. в этом же городе организован Институт проблем геотермии Дагестанского филиала АН СССР [7]. Академические исследования в ИВТАН (сейчас ОИВТ РАН) дополняются экспериментальными

работами и внедрением опытных образцов.

В 1980 г. был разработан и построен в Армении первый в СССР «солнечный дом». В 2010 г. ОИВТ разработал и внедрил на объектах Специальной астрофизической лаборатории (САО) РАН в Кабардино-Балкарии 20 установок с использованием ВИЭ, в том числе уникальную теплонасосную установку охлаждения Большого азимутального телескопа и отопления его вспомогательных помещений. Одним из ведущих российских специалистов по использованию солнечной энергии для производства тепловой энергии является сотрудник ОИВТ канд. техн. наук Семен Ефимович Фрид [8].

Создание ОИВТ РАН в 2015 г. совместно с лабораторией ВИЭ МГУ (зав. лабораторией доктор физ.-мат. наук А.А. Соловьев) базы климатических данных территории России объемом около четырех терабайт является наиболее масштабной работой по ВЭ в РФ. Указанная база разработана с учетом американской базы данных NASA POWER, нескольких европейских климатических баз, Мирового центра радиационных данных, российских метеостанций. Материалы базы представлены на интернет-портале «ГИС ВИЭ России» (<http://gisre.ru>), а также в Атласе ресурсов возобновляемой энергии на территории России [9].

Институт проблем геотермии РАН в Махачкале является единственным в России научным центром по данному направлению. В его составе под руководством доктора техн. наук А.Б. Алхасова [10] действуют шесть научных лабораторий: энергетики, геотермомеханики, комплексного освоения возобновляемых энергоресурсов, теплофизики, возобновляемой энергии, физико-химии термальных вод и экологии, аккумулирования низкопотенциального тепла и солнечной энергии. В институте работают 127 человек, в том числе 20 докторов и 29 кандидатов техн. наук. В 2019 г.

Институт вошел в состав ОИВТ РАН в качестве филиала как Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики.

Большой вклад в развитие ВИЭ в России вносит коллектив научной школы по гидроэнергетике и возобновляемой энергетике в Санкт-Петербургском политехническом университете, которым руководят академик РАН Юрий Сергеевич Васильев и доктор техн. наук., профессор Виктор Васильевич Елистратов [11–13].

Одним из основных направлений научной деятельности школы является создание научно-технических и технологических принципов и методологии развития автономной генерации России на основе ВИЭ с адаптированным к российским климатическим условиям оборудованием и интеллектуальными системами управления. Данный университет является ведущей российской организацией по подготовке специалистов по возобновляемой энергетике: разработана методическая база из 30 учебных пособий и монографий, оборудованы стенды по каждому виду ВИЭ, подготовлено более 500 специалистов, 50 докторов и кандидатов техн. наук. Для подготовки молодых специалистов по ВИЭ чрезвычайно важны Школы молодых ученых.

С 2012 г. до последних дней жизни в 2020 г. председателем оргкомитета такой школы в МГУ был заведующий научно-исследовательской лабораторией МГУ, доктор физ.-мат. наук Александр Алексеевич Соловьев (1943–2020 гг.)

Активное участие в работе школы принимают ОИВТ РАН и Всероссийский институт механизации. Член-корр. РАН Эвальд Эмильевич Шпильрайн организовал проведение конференций Школы молодых ученых по проблемам возобновляемых энергоресурсов в Махачкале, которые в настоящее время проводятся регулярно.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Особенно важен вклад в развитие возобновляемой энергетики России доктора техн. наук Павла Павловича Безруких [14]. Выпускник МЭИ, прошедший многолетнюю практику на инженерных и руководящих постах, Павел Павлович в 1986 г. начинает свое служение возобновляемой энергетике в Бюро по топливно-энергетическому комплексу (ТЭК) Совета Министров (СМ) СССР. Он был ответственным исполнителем первой в СССР комплексной масштабной программы развития ВИЭ. Мероприятия по увеличению использования в 1987–1990 гг. нетрадиционных источников энергии в народном хозяйстве были утверждены совместным постановлением ведущих структур советского правительства: Госпланом, Бюро СМ по ТЭК, Государственным комитетом по науке и технике. Реализация мероприятий была обеспечена финансированием, заданиями по разработке технологий и конструкций, освоением серийного производства оборудования и формированием структур по его обслуживанию.

По каждому виду возобновляемой энергии министерствам и СМ союзных республик были даны задания. Объемы добычи геотермальной воды увеличились к 1986 г. до 55 млн м<sup>3</sup> в год, а число эксплуатируемых месторождений — до 70. Были заложены основы создания новых геотермальных электростанций на Камчатке. Производство солнечных коллекторов было развернуто на пяти заводах, а общая площадь гелиоустановок в стране увеличилась до 100 тыс. м<sup>2</sup>.

Советская космическая фотоэнергетика обеспечила развитие наземных установок, успешно конвертировала свои технологии с созданием автономных солнечных электростанций. В конце 80-х гг. прошлого века Павел Павлович участвовал в разработке,

## ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА МИРА НА 01.01.2020 Г.

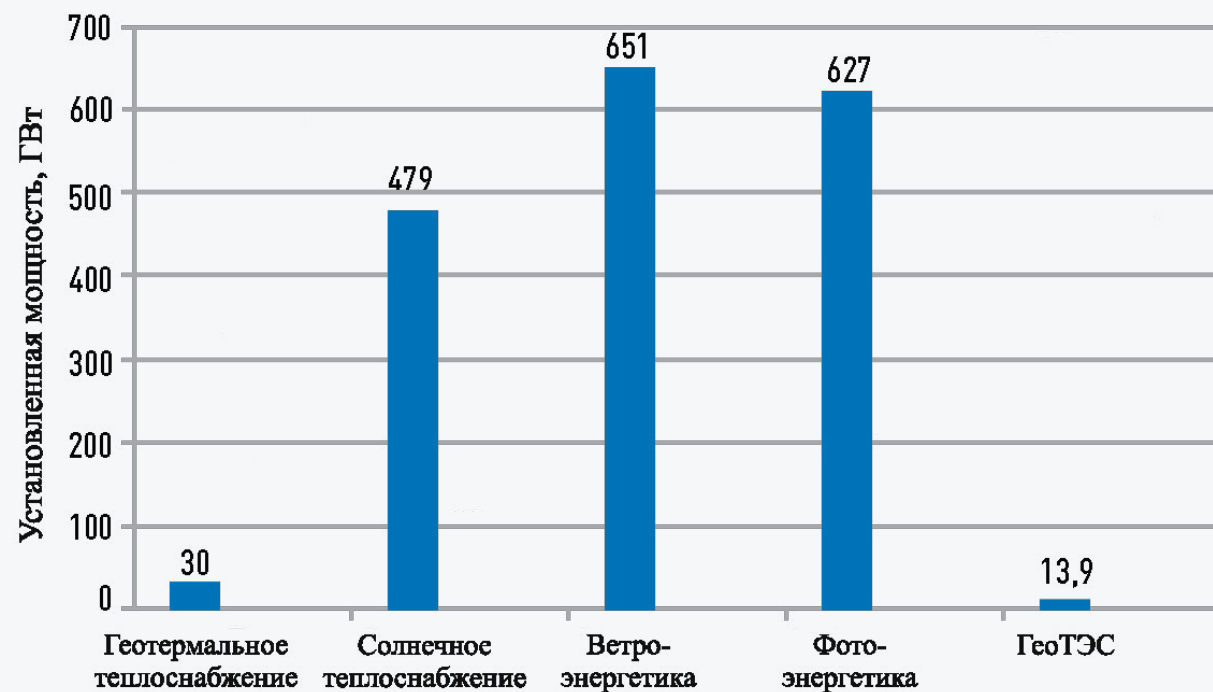


Рис. 1

а затем реализации программы развития советской ветроэнергетики. Постановление правительства СССР «Об ускорении развития ветроэнергетической техники в 1989–1995 гг.» предусматривало выполнение задачи по выходу СССР на ведущие позиции в мире. НПО «Ветроэн» разработало и развернуло серийное производство ветроэлектростанций типа АВЭУ-6–4 мощностью 6 кВт в объеме до 500 шт. Под руководством Минэнерго СССР были начаты разработка и впоследствии изготовление образцов ВЭУ мощностью 100, 250, 1000 кВт. Развал СССР остановил реализацию всех этих программ развития.

Следующим этапом деятельности Павла Павловича по развитию ВИЭ стала его работа в Министерстве топлива и энергетики РФ в 1992–2004 гг. По его инициативе и при его участии была разработана и утверждена Концепция развития и использования возможностей малой нетрадиционной энергетики [15].

На рубеже XX и XXI вв. с участием доктора техн. наук П.П. Безруких был разработан первый вариант проекта закона России о возобновляемой энергетике «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии». Данный проект закона в 1999 г. был принят Государственной Думой, Советом Федерации и направлен на подпись тогдашнему президенту России — Б.Н. Ельцину, который по немотивированным причинам отказался это сделать.

В 1995–1997 гг. по инициативе и под руководством П.П. Безруких была разработана и утверждена Правительством РФ в качестве подпрограммы федеральной целевой программы «Топливо и энергия» программа «Энергообеспечение районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий, а также мест проживания коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока за счет использования нетрадици-

онных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива на 1997–2000 гг.».

Важным этапом развития нормативно-правового регулирования в сфере ВИЭ стало принятие предложений рабочей группы РАО «ЕЭС России» в 2007 г. по внесению поправок в федеральный закон № 35 — ФЗ «Об электроэнергетике», в которых впервые в РФ были указаны основные положения законодательной поддержки развития ВИЭ (Закон № 250 — ФЗ от 04.11.2007 г. «О внесении изменений в законодательные акты РФ в связи с осуществлением мер по реформированию единой энергетической системы России»). Этот закон сформировал в том числе механизм поддержки и стимулирования использования ВИЭ на оптовом рынке электроэнергии. Закон ввел категорию квалифицированного производителя энергии на основе ВИЭ, регламентацию процедуры квалификации и установил основные финансовые механизмы поддержки.

Во исполнение закона 2007 г. Правительством РФ в ряде постановлений и распоряжений были регламентированы меры поддержки возобновляемой энергетики с использованием механизма реализации договоров поставки мощности (ДПМ):

- О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе ВИЭ (2008 г.);
- О порядке первоочередного приобретения электросетевыми организациями электрической энергии, произведенной на основе ВИЭ (2008 г.);
- Порядок ведения реестра выданных и погашения сертификатов по производству электроэнергии на основе ВИЭ (2008 г.);
- Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования ВИЭ (2009 г.);

- О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности (2013 г.);
- По вопросам стимулирования использования ВИЭ на розничных рынках электрической энергии (2015 г.);
- О внесении изменений в Федеральный закон 2019 г.

В результате создания в 2007–2013 гг. законодательной основы было положено начало реализации Программы развития ВИЭ в России (Программа ДПМ ВИЭ 1.0), предусматривающей ввод к 2024 г. около 5,8 ГВт мощностей, в том числе ВЭС — 3,4 ГВт, СЭС — 2,2 ГВт и МГЭС — 0,2 ГВт. Программа предусматривает создание производств по выпуску оборудования ВИЭ общей мощностью более 1,6 ГВт в год с достижением степени локализации по ВЭС 65 %, по СЭС 70 %.

Последними документами на 1.09.2021 г. являются закон РФ № 471-ФЗ от 27.12.2019 г. «О внесении изменений в Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации и Постановление Правительства РФ от 29.08.2020 г. № 1298 «О вопросах стимулирования использования возобновляемых источников энергии».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В 2002–2019 гг. было издано несколько книг по оценке ресурсов ВИЭ РФ, в том числе Справочник по ресурсам ВИЭ России [16], составленный с участием ведущих специалистов России П.П. Безруких, Д.С. Стребкова, В.В. Дегтярева, В.В. Елистратова, Д.С. Панцхавы, Э.С. Петрова, В.Н. Пузакова, Г.И. Сидоренко, Б.В. Тарнижевского, А.А. Шпака, А.А. Ямпольского. Лишь небольшая часть работ и авторов включены в перечень ли-

## УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ НА 01.01.2020 Г.

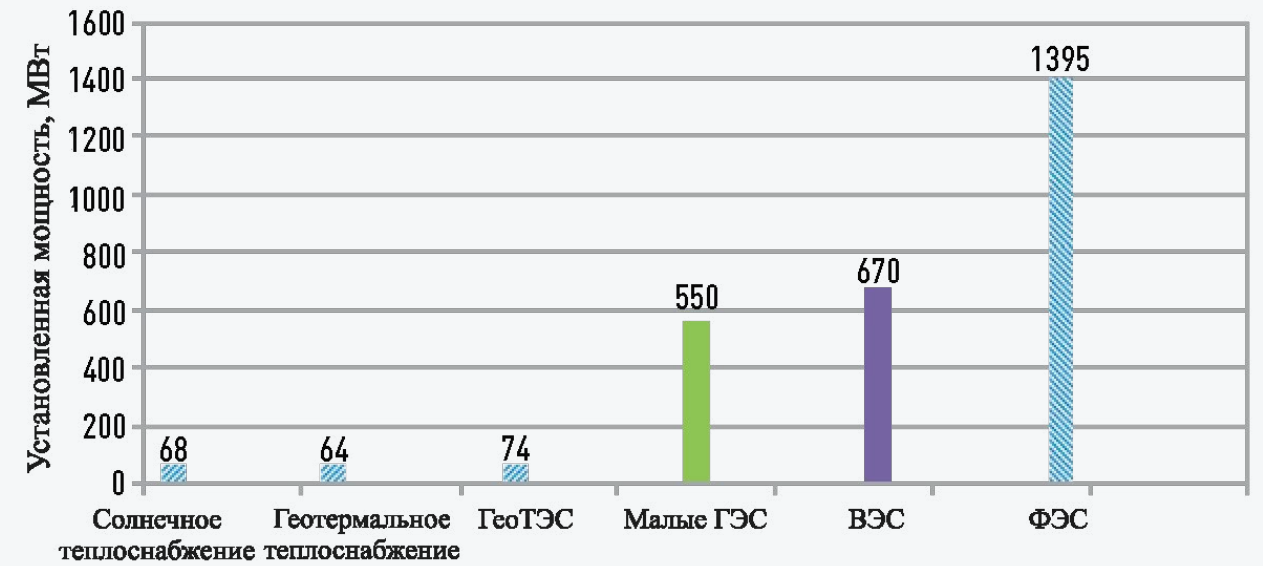


Рис. 2

тературы [17–24]. Общий же перечень составляет несколько тысяч научных трудов.

Большое влияние на развитие возобновляемой энергетики России в целом, и особенно наземной фотоэнергетики, оказали работы академика РАСХН (в дальнейшем академика РАН) Д.С. Стребкова и сотрудников возглавляемого им института ВИЭСХ В.М. Евдокимова, В.В. Харченко, Ю.Д. Арбузова, В.В. Заддэ и многих других. По инициативе канд. техн. наук Анатолия Георгиевича Вакулко, Владимира Леонтьевича Титова, Владимира Молчанова в 2014–2015 гг. под общей редакцией П.П. Безруких в серии «Возобновляемая энергетика» были выпущены справочно-методические издания «Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии», авторы В.А. Бутузов, В.В. Бутузов [17], «Геотермальная энергетика», авторы Г.В. Томаров, А.Н. Никольский, В.Н. Семенов [18], «Ветроэнергетика», авторы П.П. Без-

руких, П.П. Безруких (мл.), С.В. Грибков [19], «Основы солнечной энергетики», автор Д.С. Стребков [22].

В настоящее время в России доступны на русском языке три специализированных журнала по возобновляемой энергетике: «Альтернативная энергетика и экология» (Россия), «Гелиотехника» (Узбекистан), «Международная биоэнергетика» (Россия). Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (<http://isjaee.hydrogen.ru>) издается в г. Саров Нижегородской области с 2000 г. Главный редактор — канд. техн. наук Александр Леонидович Гусев.

В редколлегию журнала входит около 300 человек из 50 стран мира. Тематика возобновляемой энергетики в журнале представлена солнечной, ветровой, ветро-водородной, морской энергетикой (энергия морских волн и морских течений), геотермальной энергетикой, биомассой, энергокомплексами на основе ВИЭ.

Международный научный журнал «Гелиотехника» (<http://gelioteknika.uz>) издается в Республике Узбекистан в г. Ташкент с 1965 г. на русском языке, на английском языке он выпускается под названием «Applied Solar Energy». Главный редактор журнала Жасуржон Саидович Ахатов. В редколлегию журнала входят около 100 человек из 20 стран мира. Тематика журнала: солнечные системы теплоснабжения, фотоэлектрические установки, концентраторы солнечного излучения, солнечные сушилки, возобновляемые источники энергии.

Журнал «Международная биоэнергетика» издается с 2011 г. в Москве ([www.biointernational.ru](http://www.biointernational.ru)). Главный редактор — канд. экон. наук О. Ракитова. В состав редколлегии входят три человека. Разделы по возобновляемой энергетике имеют российские энергетические журналы: «Теплоэнергетика», «Промышленная энергетика», «Энергетик», «Энергия: экономика, техника, экология», «СОК» (Сантехника,

отопление, кондиционирование), «Окружающая среда и энерговедение» (МГУ), «Энергосбережение» (АВОК), «Энергосбережение и водоподготовка», «Энергобезопасность и энергосбережение», «Электричество».

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОБЩЕСТВА

Важным этапом в развитии возобновляемой энергетики современной России стало создание Комитета по проблемам использования возобновляемых источников энергии при Российском союзе научных и инженерных общественных объединений России (РосСНИО) под председательством П.П. Безруких. Заместителями председателя были избраны Д.С. Стребков и В.В. Елистратов. Ученым секретарем Комитета был назначен В.Н. Пузаков, которого в 2012 г. сменил канд. техн. наук С.В. Грибков. Эта общественная организация объединяет в своем составе ведущих ученых, инженеров и практиков.

Число членов комитета — более 120 человек. Основные направления возобновляемой энергетики возглавляют академик РАН, доктор техн. наук Дмитрий Семенович Стребков (солнечная электроэнергетика), доктор техн. наук Евгений Семенович Панцхава (биоэнергетика), доктор техн. наук Григорий Валентинович Томаров (геотермальная энергетика), канд. техн. наук Яков Иосифович Бляшко (малая гидроэнергетика), доктор техн. наук Виталий Анатольевич Бутузов (солнечное теплоснабжение), доктор техн. наук Виктор Васильевич Елистратов (подготовка кадров ВИЭ, комплексное использование ВИЭ), доктор техн. наук Павел Павлович Безруких и канд. техн. наук Сергей Владимирович Грибков (ветроэнергетика).

Ежегодно комитет проводит международные конференции, как правило, тематические и совмещенные с вы-

ставками оборудования и юбилейными мероприятиями. В 2020 г. совместно с юбилейными мероприятиями к 90-летию кафедры гидроэнергетики и возобновляемой энергетики МЭИ прошла уже XVII Международная конференция «Возобновляемая и малая энергетика — 2020. Энергосбережение. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов». В России в настоящее время зарегистрированы также несколько общественных организаций, объединяющих специалистов по отдельным видам ВИЭ, а также по их комплексному использованию.

По солнечной фотоэнергетике имеются некоммерческие партнерства (НП): «Ассоциация солнечной энергетики», директор Антон Усачев ([www.rvgussia.ru](http://www.rvgussia.ru)), директор Антон Усачев ([www.rvgussia.ru](http://www.rvgussia.ru)), «Евросолар России», председатель правления Георгий Кекилидзе ([www.guscabler.ru](http://www.guscabler.ru)). По ветроэнергетике работает НП Российская ассоциация ветроиндустрии «РАВИ», председатель правления Игорь Михайлович Брызгунов ([www.gawi.ru](http://www.gawi.ru)), председатель НТС доктор техн. наук П.П. Безруких, зам. председателя — доктор техн. наук В.В. Елистратов. Созданы национальная биотопливная ассоциация ([www.biotoplivo.ru](http://www.biotoplivo.ru)), Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) ([www.rreda.ru](http://www.rreda.ru)), директор Алексей Борисович Жихарев. Вопросами проведения конкурсных отборов проектов в рамках ДПМ ВИЭ на федеральном уровне занимается НП «Совет рынка» ([www.np-sr.ru](http://www.np-sr.ru)).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ российского опыта использования ВИЭ показал следующее:
  - в XIX — начале XX вв. для теплоснабжения массово использовались дрова, а для электроснабжения были построены несколько торфяных электростанций мощностью до 15 МВт. Имелись малые ГЭС суммарной

- установленной мощностью до 200 МВт; системный подход, в том числе к гидроэнергетике и к другим видам ВИЭ впервые был применен в двадцатых годах XX в. при реализации плана ГОЭЛРО;
- с 1930 по 1981 гг. в СССР активно развивались ветроэнергетика, фотоэнергетика и геотермальная энергетика. В 1932 г. в Крыму была построена самая мощная в те годы сетевая Балаклавская ВЭС мощностью 100 кВт. В семидесятые годы советские космические фотоэлектрические технологии (кремниевые и арсенид-галиевые) занимали передовые позиции в мире. В 1967 г. была построена первая в мире Паратунская бинарная геотермальная электростанция на Камчатке;
- с 1981 г. в СССР была разработана и реализована первая программа комплексного развития ВИЭ, в 1988 г. Постановлением Правительства была принята программа ускоренного развития ветроэнергетики СССР до 1995 г;
- в СССР имелись научно-технические школы ВЭ мирового уровня: по ветроэнергетике до 1935 г. — институт ЦАГИ; Центральный ветроэнергетический институт; по фотоэнергетике — физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (ФТИ) в Ленинграде, Институт источников тока, в дальнейшем НПО «Квант», в Москве, по солнечной тепловой энергетике — ЭНИН и ВИЭСХ; в 1999 г. был разработан и подготовлен к утвержде-

нию Президентом России первый проект Закона о ВИЭ, утверждена государственная концепция развития ВИЭ, широкое развитие получило освоение передовых технологий использования ВИЭ.

2. Установленная мощность электростанций РФ с использованием ВИЭ, включая ГЭС, на 01.01.2020 г. составила 55 190 МВт, в том числе с использованием фотоэнергетики — 1 395 МВт, ВЭС — 670 МВт, малых ГЭС — 550 МВт, ГеоТЭС — 74 МВт. Геотермальное и солнечное теплоснабжение имели мощности соответственно 64 и 68 МВт.
3. В 2007–2013 гг. сформирована российская нормативная база в области ВИЭ, принята Программа «ДПМ ВИЭ 1.0», предусматривающая ввод к 2024 г. мощностей ВЭ около 5,8 ГВт, в том числе ВЭС — 3,4 ГВт, СЭС — 2,2 ГВт и МГЭС — 0,2 ГВт. Принято Постановление Правительства РФ (Программа «ДПМ ВИЭ 2.0») о финансировании отрасли в период 2024–2035 гг. в объеме 315 млрд руб.
4. На основе локализации оборудования ВИЭ, прежде всего для ветровой и солнечной энергетики, создана производственная индустрия ВЭ, обеспечивающая производство солнечных модулей около 650 МВт в год (ГК «Хевел», ООО «Солар Системс») и для ветроэнергетики — до 800 МВт в год (АО «НовоВинд», ГК «Росатом», Российское представительство компании «Vestas», Российское представительство компании «Siemens Gamesa Renewable Energy»).
5. Деятельность российских общественных, научных и инженерных объединений, работающих по отдельным направлениям ВИЭ, целесообразно интегрировать

с аналогичными российскими и зарубежными структурами (ассоциациями, фондами), с созданием общенациональной организации по использованию ВИЭ.

Авторы выражают благодарность председателю научного совета РАН по возобновляемой энергетике, доктору техн. наук Олегу Сергеевичу Попелю и руководителю рабочей группы Электротехнического совета стран СНГ, канд. техн. наук Михаилу Исаевичу Сапарову за предоставленные материалы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Юбилейное издание сводного отчета по ключевым вопросам экологии, энергоэффективности и возобновляемым источникам энергии в электроэнергетике государств — участников СНГ. — М.: Энергетический совет СНГ, ЭНИН, 2020. — 131 с.
2. Бутузов В. А. Российская солнечная электроэнергетика//Окружающая среда и энерговедение. 2020. № 2. С. 10–15.
3. Бутузов В.А. Томаров В.Г. Геотермальная энергетика Камчатки//Теплоэнергетика. 2020. № 11. С. 50–63.
4. Бутузов В.А. Амерханов Р.А., Григораш О.В. Геотермальное теплоснабжение в России//Теплоэнергетика. 2020. № 3. С. 3–14.
5. Бутузов В.А. Амерханов Р.А., Григораш О.В. Солнечное теплоснабжение: статистика мирового рынка и особенности российского опыта//Теплоэнергетика. 018. № 10. С. 78–88.
6. Симонов Н. С. Развитие электроэнергетики Российской империи: предистория ГОЭЛРО. — М.: Университет Дмитрия Пожарского, 2016. — 320 с.
7. Попель О.С., Фортвов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире. — М.: Изд. дом МЭИ, 2015. — 450 с.
8. Фрид С.Е., Лисицкая Н.В. Фотоэлектрические генераторы для ГВС//Интеллектуальная электротехника. 2018. № 4. С. 52–62.
9. Андреевко Т.И. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России/Т. И. Андреевко, Т.С. Габдрахманова, О.В. Данилова и др. — М.: Росс. хим.-технолог. ун-т им. Д. И. Менделеева, 2015. — 160 с.
10. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика. 2-е доп. и пер. изд. Под ред. В. Е. Фортвова. — М.: Физматлит, 2012. — 258 с.

11. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е изд., доп. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. — 424 с.
12. Елистратов В.В., Панфилов А.А. Проектирование и эксплуатация установок нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ветроэлектрические установки. Учеб. пособие. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 114 с.
13. Федоров М. П. Водно-энергетические режимы гидроэлектростанций в условиях климатических изменений/М. П. Федоров, Е.М. Актенбаева, В.В. Елистратов и др. Под ред. Ю.С. Васильева. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. — 274 с.
14. Безруких П.П. Исторические этапы и перспективы развития ВИЭ//Энергетическая политика. 2005. № 5. С. 44–63.
15. Концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России. — М.: Министерство топлива и энергетики Российской Федерации, 1994. — 121 с.
16. Безруких П.П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местных видов топлива (показатели по территориям)/П.П. Безруких, В.В. Дегтярев, В.В. Елистратов и др. Под ред. П.П. Безруких. — М.: ИАЦ «Энергия». 2007. — 272 с.
17. Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. Справочно-метод. изд. Под общ. ред. П.П. Безруких. — М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2015. — 304 с.
18. Томаров В.Г., Никольский А.Н., Семенов В.Н. Геотермальная энергетика. Справочно-метод. изд./Под общ. ред. П.П. Безруких. — М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2015. — 304 с.
19. Безруких П.П., Безруких П.П. (мл.), Грибков С.В. Ветроэнергетика. Справочно-методическое издание. Под общ. ред. П.П. Безруких. — М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2014. — 304 с.
20. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технология. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. — 264 с.
21. Андреев А.Е. Гидростанции малой мощности: учеб. пособие/А.Е. Андреев, Я.И. Бляшко, В.В. Елистратов и др. Под ред. В.В. Елистратова. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. — 432 с.
22. Стребков Д.С. Основы солнечной энергетики. Под ред. П.П. Безруких. — М.: САМ Полиграфист, 2019. — 326 с.
23. Панцхава Е.С. БИОЭНЕРГЕТИКА. МИР И РОССИЯ. Биогаз: теория и практика: монография. — М.: Изд-во «Русайнс», 2014. — 912 с.
24. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании геолоэлектрических систем: монография. — М.: Энергоатомиздат, 2009. — 504 с.