



Возобновляемая энергетика России в 2020 году. Обзор

Развитие возобновляемой энергетики (ВЭ) является одним из ведущих трендов мировой энергетики. В области электрогенерации итоги её развития в 2020 году, по данным Международного экспертного сообщества по возобновляемой энергетике REN21 (ren21.net) и Института экологических технологий AEE INTEC (aee-intec.at), представлены на рис. 1, где приведены значения установленной мощности и выработанной электрической энергии в гидроэнергетике, ветроэнергетике, фотоэнергетике, геотермальной энергетике и биоэнергетике. В электрогенерации наибольших результатов достигла гидроэнергетика: установленная мощность 1170 ГВт, годовая выработка — 4370 ТВт·ч/год. Для ветроэнергетики эти значения составляют 743 ГВт и 1743 ТВт·ч/год, для солнечной энергетики — 708 ГВт и 901 ТВт·ч/год, соответственно, для биоэнергетики выработка электроэнергии равна 602 ТВт·ч/год, для геотермальной энергетике при установленной мощности 14 ГВт годовая выработка достигла 94,7 ТВт·ч/год.

В области теплоснабжения, по данным тех же организаций, на рис. 2 представлены значения установленной мощности и выработанной тепловой энергии

в 2020 году с использованием энергии биомассы, солнечной и геотермальной энергии. Наибольшим количеством тепловой энергии отличается теплогенерация на основе энергии биомассы — 4323 ТВт·ч/год. Установленные мощности и выработки тепловой энергии солнечного теплоснабжения составили 501 ГВт и 407 ТВт·ч/год, геотермального теплоснабжения — 108 ГВт и 284 ТВт·ч.

При общей выработке всеми электростанциями России за 2020 год 1047 ТВт·ч (100 %) электроэнергии, возобновляемой энергетикой было произведено 210 ТВт·ч (20,1 %), в том числе ГЭС — 207,4 ТВт·ч (98,7 %), СЭС — 1,98 ТВт·ч (0,8 %) и ВЭС — 1,38 ТВт·ч (0,5 %)

Развитие возобновляемой энергетики в России осуществляется на основании Федерального закона «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 года №35-ФЗ, поправки в который регламентируют сооружение ветроэлектростанций (ВЭС), сол-

Рецензия эксперта на статью получена 19.01.2022 [The expert review of the article received on January 19, 2022].

УДК 620.92. Научная специальность: 05.14.08.

Возобновляемая энергетика России в 2020 году. Обзор

В.А. Бутузов, д.т.н., Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (КубГАУ, г. Краснодар)

Представлены мировые данные (2020 года) Международного экспертного сообщества по возобновляемой энергетике REN21 и Института экологических технологий AEE INTEC (Австрия). В России на 1 января 2021 года общая установленная мощность возобновляемой энергетики (ВЭ) с учётом всей гидроэнергетики составила 52,73 ГВт (21,47 %), выработка электрической энергии — 210 ТВт·ч/год (20,1 %). Описано состояние российского рынка возобновляемой энергетики, роль правительства в его формировании и регулировании. Представлены результаты деятельности в 2020 году СЭС (1700 МВт; 1980 ГВт·ч/год), ВЭС (1030 МВт; 1380 ГВт·ч/год), малой гидроэнергетики (1182 МВт), солнечного теплоснабжения (70 МВт), геотермальной энергетике (электрогенерация — 84 МВт, 427 ГВт·ч/год; теплоснабжение — 110 МВт, 280 ГВт·ч/год), БиоЭС — 65,2 ГВт·ч/год, биотеплогенерации — 29 836 ГВт·ч/год.

Ключевые слова: гидроэнергетика, солнечная энергетика, биоэнергетика, геотермальная энергетика, теплогенерация на биомассе, солнечное теплоснабжение, геотермальное теплоснабжение, возобновляемая энергетика (ВЭ), планы «ДПМ ВИЭ 1.0 и 2.0», сетевая ВЭ, розничный рынок ВЭ, ВЭ удалённых энергорайонов, «зелёные» сертификаты, рынок микрогенерации.

UDC 620.92. The number of scientific specialty: 05.14.08.

Renewable energy in Russia in 2020. An overview

V.A. Butuzov, Doctor of Technical Sciences, [Trubilin Kuban State Agrarian University](http://TrubilinKubanStateAgrarianUniversity) (Kuban SAU, Krasnodar city)

The world data of the 2020 of the International Agency for Renewable Energy REN21 and the Institute for Environmental Technology AEE INTEC (Austria) are presented. In Russia, as of January 1, 2021, the total installed capacity of renewable energy (RE), taking into account all hydropower, amounted to 52.73 GW (21.47 %), electricity generation — 210 TWh/year (20.1 %). The state of the Russian renewable energy market, the role of the government in its formation and regulation are described. The results of activities in 2020 of solar power plants (1700 MW; 1980 GWh/year), wind farms (1030 MW; 1380 GWh/year), small hydropower (1182 MW), solar thermal (70 MW), geothermal energy (electricity generation — 84 MW, 427 GWh/year; heat supply — 110 MW, 280 GWh/year), BioPP — 65.2 GWh/year, biothermal generation — 29 836 GWh/year are presented.

Key words: hydropower, solar energy, bioenergy, geothermal energy, biomass heat generation, solar heat supply, geothermal heat supply, renewable energy, Renewable Energy Capacity Supply Agreement 1.0 and 2.0, grid renewable energy, retail renewable energy market, renewable energy in remote energy districts, green certificates, microgeneration market.

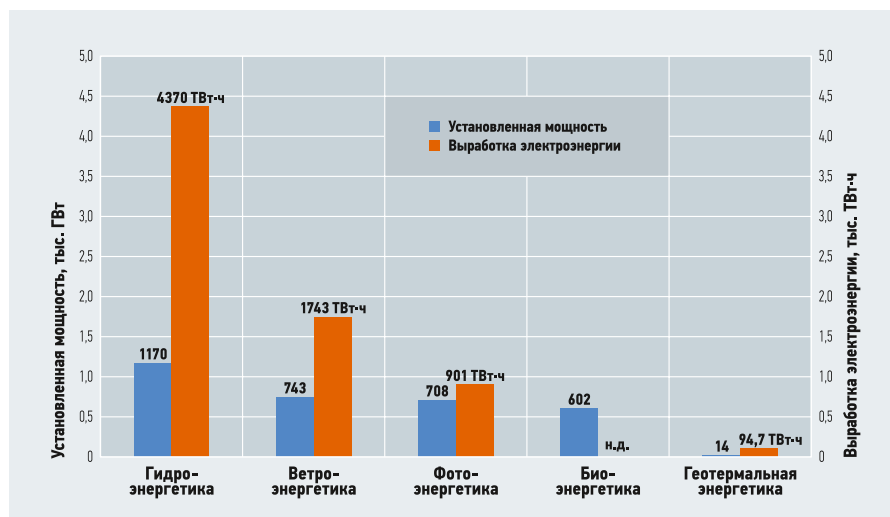


Рис. 1. Установленные мощности и выработка электроэнергии в мире на основе ВИЭ в 2020 году

нечных электростанций (СЭС), малых гидроэлектростанций (МГЭС) и других видов ВЭ. Статистика установленных мощностей и выработанной электрической энергии электростанциями РФ в 2020 году представлена в отчётах функционирования компании «Системный оператор Единой энергетической системы России» (АО «СО ЕЭС», so-ops.ru). На 1 января 2021 года суммарная установленная мощность всех электростанций РФ составляла 245,3 ГВт (100%), в том числе гидроэлектростанций (ГЭС) — 50 ГВт (20,38%), солнечных электростанций — 1,7 ГВт (0,7%); ветроэлектростанций — 1,03 ГВт (0,42%). Возобновляемая энергетика России, включая большую и малую гидроэнергетику, имела общую установленную мощность 52,73 ГВт или 21,45% от суммарной мощности всех электростанций страны. При общей выработке всеми электростанциями РФ за 2020 год 1047 ТВт·ч (100%) электрической энергии, возобновляемой энергетикой было произведено 210 ТВт·ч (20,1%), в том числе ГЭС — 207,4 ТВт·ч (98,7%), СЭС — 1,98 ТВт·ч (0,8%) и ВЭС — 1,38 ТВт·ч (0,5%). На рис. 3 представлены указанные значения установленных мощностей

и выработанной в 2020 году электрической энергии ГЭС, СЭС и ВЭС. Официальная статистика по установленной мощности теплоснабжения с использованием ВИЭ и выработанной ими тепловой энергии в 2020 году в России отсутствует. В 2021 году изменился критерий значения мощности ГЭС — Распоряжением Правительства РФ от 1 июня 2021 года №1446 максимальное значение установленной мощности было увеличено до 50 МВт.

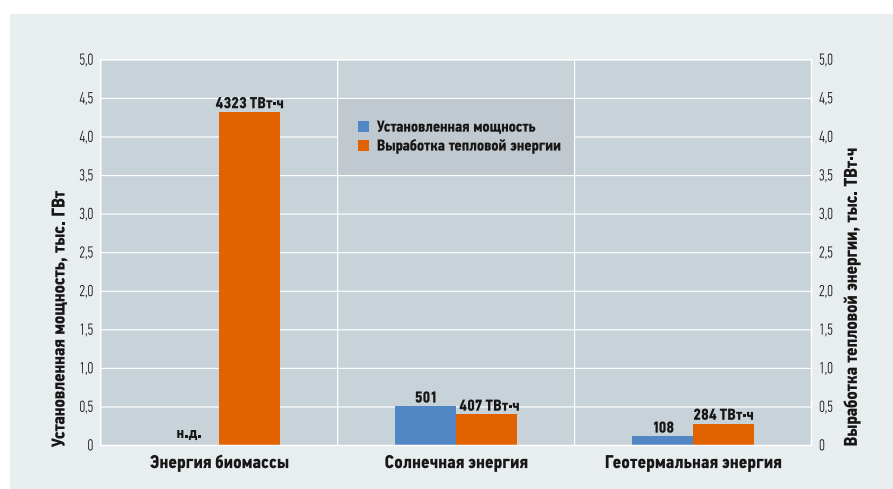


Рис. 2. Установленные мощности и выработка тепловой энергии в мире на основе ВИЭ в 2020 году

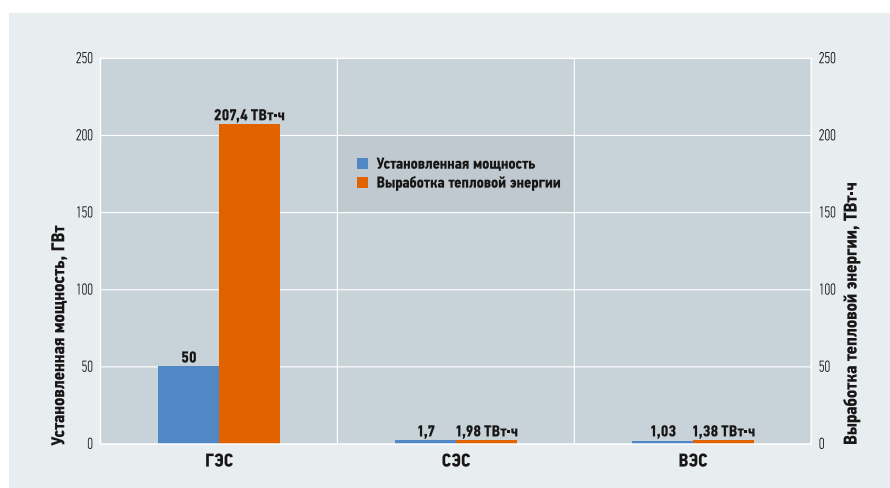


Рис. 3. Установленные мощности и выработка электрической энергии в 2020 году возобновляемой энергетикой Российской Федерации (по данным АО «СО ЕЭС»)

Рынок возобновляемой энергетики

Современный российский рынок ВЭ создавался с 2007 года посредством внесения изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» №35-ФЗ. Постановлением Правительства РФ от 23 января 2015 года №47 был определён действовавший до 2021 года порядок поддержки ВЭ на оптовом и розничном рынках электроэнергии, а также в территориально изолированных энергорайонах (план «ДПМ ВИЭ 1.0»). Инвесторы на оптовом рынке определялись Администратором торговой системы (АТС) на конкурсной основе по следующим критериям: капитальным затратам на 1 кВт установленной мощности и проценту локализации производства оборудования, а также коэффициенту использования установленной мощности (КИУМ). Правительство обязало региональные сетевые компании закупать электроэнергию ВЭ для компенсации до 5% прогнозируемых потерь в электрических сетях. С победителями конкурса заключались договоры с гарантией рентабельности 12% и с выгодными тарифами на вырабатываемую энергию.

В 2021 году Распоряжением Правительства РФ от 1 июня 2021 года №1446 были внесены изменения в №35-ФЗ с утверждением нового плана «ДПМ ВИЭ 2.0». Его срок продлён до 2035 года, а мощность электрогенерации с использованием ветровой, солнечной и малой гидравлической энергии возросла до 12 ГВт. Новым критерием стал показатель эффективности электростанции (одноставочной цены) вместо ранее действовавших удельных капиталовложений на 1 кВт мощности. Требования плана «ДПМ ВИЭ 2.0» предусматривают также возможность изменения установленной мощности и ужесточение требований по изменению местонахождения [1].



На розничном рынке электроэнергии для регулирования возобновляемой энергетики Постановлением Правительства РФ от 29 августа 2020 года №1298 отбор проектов ВЭ для «Схем и программ развития электроэнергетики регионов» (СИПР) производится по плановой стоимости 1 МВт·ч (по одноставочному тарифу). Сетевые компании обязаны заключать договоры купли-продажи электроэнергии с инвестором ВЭ, включённым в СИПР до ввода электростанции в эксплуатацию.

Для 23 территориально удалённых энергорайонов в 2020 году Минэнерго России разработало план модернизации неэффективных электростанций с общей установленной мощностью 791 МВт, большая часть (70%) которых находится в Якутии, Камчатском и Красноярском краях, Ямало-Ненецком АО. АНО «Агентство Дальнего Востока по привлечению инвестиций и поддержке экспорта» разработало «Концепцию по привлечению частных инвестиций в развитие распределённой энергетики на изолированных и труднодоступных территориях».

ПАО «РусГидро» в 2020 году организовало конкурс по развитию распределённой энергетики в Якутии на основе энергосервисных контрактов. Его победителем стало ООО «Комплексные энергетические решения». Договор с ним предусматривает строительство шести солнечно-дизельных электростанций общей мощностью СЭС 2,3 МВт.

28 сентября 2021 года Наблюдательный совет Ассоциации «НП Совет рынка» одобрил разработку системы добровольного использования в России различных видов «зелёных» инструментов для подтверждения производимой электроэнергии на основе ВИЭ взамен двухсторонних договоров и сертификатов международ-

ной системы I-REC. С 2018 года в России уже заключались подобные свободные двухсторонние договоры — в 2021-м они были подписаны с компаниями Procter & Gamble и ООО «ОХК «Щёкиноазот» (обе располагаются в Тульской области). Потенциальный рынок таких сертификатов оценивается в 224 млн МВт·ч в год.

Перспективы рынка ВЭ в микроэлектротрогенерации в ближайшие пять лет оцениваются в 150–200 МВт·ч в год. Федеральным законом «О внесении изменений в Федеральный закон “Об электроэнергетике” в части развития микрогенерации» от 27 декабря 2019 года №471 предусмотрена установка микрогенерации, в том числе на основе ВЭ, у частных и юридических лиц с возможностью продажи излишек электроэнергии в электросети. Постановлением Правительства РФ от 2 марта 2021 года №299 регламентирован механизм реализации этого закона.



Солнечная электростанция (60 кВт) в селе Батамай (Кобяйский улус, Республика Якутия)

Солнечная энергетика

Солнечная энергетика в России развивается по двум основным направлениям: электроэнергетика с прямым преобразованием солнечного излучения в электрическую энергию (фотоэнергетика) и солнечное теплоснабжение. Фотоэнергетика в основном представлена сетевыми солнечными электростанциями (СЭС), автономными и солнечно-дизельными СЭС. Россия имеет также развитую космическую солнечную энергетику. В настоящее время лидером возобновляемой энергетики России является сетевая фотоэнергетика. В статье [2] представлен обзор её развития. На 1 января 2021 года установленная электрическая мощность сетевых СЭС составляла 1700 МВт, а за 2020 год

Фотоэнергетика в РФ в основном представлена сетевыми солнечными электростанциями (СЭС), автономными и солнечно-дизельными СЭС. Россия имеет также развитую космическую солнечную энергетику

ими было выработано 1,98 ТВт·ч [1]. Основными инвесторами сооружения сетевых СЭС являются ГК «Хевел» (743 МВт), ООО «Солар Системс» (365 МВт), а также ПАО «Т-Плюс» (190 МВт).

Основное производство фотоэлектрических модулей (ФЭМ) ГК «Хевел» организовала в городе Новочебоксарске в Чувашии. В 2020 году этот инвестор построил СЭС общей мощностью 189 МВт, в том числе в Калмыкии — Малодербетовскую СЭС (45 МВт) и третью очередь Яшкульской СЭС (25 МВт), в Саратовской обла-

сти — Дергачёвскую СЭС (25 МВт), в Бурятии — Торейскую СЭС (45 МВт), в Омской области — Нововаршавскую СЭС (30 МВт). В 2021 году введена в эксплуатацию вторая очередь СЭС «Лукойл — Волгоград нефтепереработка» (20 МВт).

Вторым по объёмам строительства СЭС инвестором в России является ООО «Солар Системс» — производство фотоэлектрических модулей расположено в городе Подольске Московской области. В 2020 году этой организацией были введены в эксплуатацию СЭС общей мощностью 105 МВт, в том числе в Волгоградской области СЭС «Светлая» (25 МВт), СЭС «Лучистая» (25 МВт), СЭС «Астерион» (15 МВт); в Башкирии — Стерлибашевская СЭС (25 МВт); в Ставропольском крае — шестая очередь Старомарьевской СЭС (15 МВт), СЭС «Медведица» (25 МВт).

На третьем месте среди инвесторов — ПАО «Т-Плюс». В 2020 году предприятие ввело в эксплуатацию в Оренбургской области СЭС «Сатурн» (30 МВт) с двухсторонними фотоэлектрическими модулями.

В России разработкой ФЭМ в основном занимается Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (ФТИ, г. Санкт-Петербург). В статье [3] выполнен обстоятельный обзор, в том числе отечественных научных школ и производств ФЭМ в России. Космическая фотоэнергетика имеет свою специфику. НПО «Квант» (г. Москва) и ПАО «Сатурн» (г. Краснодар) в сотрудничестве с ФТИ ведут разработки и изготовление ФЭМ для космической энергетики. Исследованием совместной работы СЭС и энергосистем занимается Институт системных энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН, г. Москва) [4].

Солнечное теплоснабжение в современной России в отличие от советского периода практически не развивается [5]. Установленная мощность гелиоустановок в 2020 году оценивалась в 70 МВт [6]. Исследованиями занимаются Объединённый институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН, г. Москва), Лаборатория ВИЭ МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар). Проектирование гелиоустановок в основном ведут ООО «Новый Полюс» (г. Москва) и ООО «Энерготехнологии-Сервис» (г. Краснодар) [6]. Солнечные коллекторы (СК) по полному технологическому циклу, в том числе абсорберы, производит ООО «Новый Полюс». В номенклатуру этого производства входят жидкостные плоские и трубчатые вакуумные, воздушные и комбинированные СК. Второй



русский производитель — АО «ВПК «НПО Машиностроения» — в 2020–2021 годах производил сборку жидкостных плоских СК «Сокол-Эффект» из импортных комплектующих с медными и алюминевыми абсорберами. Монтажом гелиоустановок в основном занимается ООО «Новый Полюс».

В современной России солнечное теплоснабжение, в отличие от советского периода, практически не развивается. Установленная мощность гелиоустановок в 2020 году оценивалась в 70 МВт. Исследованиями занимаются Объединённый институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН, г. Москва), Лаборатория ВИЭ МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

Ветроэнергетика

В России в настоящее время развитие получили преимущественно сетевые ВЭС. В небольшом количестве сооружаются ветродизельные станции (ВДС) и малые ветроэлектрические установки (ВЭУ) единичной мощностью до 50 кВт. На 1 января 2021 года суммарная установленная мощность сетевых ВЭС составляла 1030 МВт (рис. 3), а выработка электрической энергии за 2020 год — 1,38 ТВт·ч. Тремя основными инвесторами на рынке ветроэнергетики являются: Фонд развития ветроэнергетики (ФРВ), АО «НовоВинд», партнёрство ПАО «Энел Рус» и компании Siemens Gamesa. Учреждённый УК «Роснано» и ПАО «Фортум» ФРВ взял за основу редукторную схему ВЭУ датской фирмы

Vestas и с 2019 года развернул производство гондол в городе Нижний Новгород, лопастей в городе Ульяновске и башен в городе Таганроге.

На 1 января 2021 года ФРВ построил ВЭС общей мощностью 599 МВт. В 2020 году в Ростовской области им были построены Каменская ВЭС (100 МВт), Сулинская ВЭС (100 МВт), Гуковская ВЭС (100 МВт), первая очередь Казачей ВЭС (50 МВт), в Калмыкии — Салынская (100 МВт) и Целинская ВЭС (100 МВт). В 2021 году велось строительство ВЭС в Волгоградской и Астраханской областях общей мощностью 445 МВт. До 2024 года ФРВ планирует строительство ВЭС суммарной мощностью 1800 МВт.

Вторая по объёмам сооружения ВЭС — компания АО «НовоВинд», учреждённая госкорпорацией «Росатом», имеет базовую безредукторную конструкцию датской компании Lageway. АО «НовоВинд» с 2020 года организовало производство генераторов, гондол, ступиц, обтекателей на заводе «Атоммаш» и башен на заводе «Ветростройдеталь» в городе Волгодонске. В 2020 году АО «НовоВинд» построило Адыгейскую ВЭС мощностью 150 МВт, а в 2021 году — самую мощную на 1 октября 2021 года российскую ВЭС — Кочубеевскую в Ставропольском крае мощностью 201 МВт. До 2024 года АО «НовоВинд» планирует сооружение ВЭС суммарной мощностью 1000 МВт.

Третье по объёмам строительства ВЭС — партнёрство ПАО «Энел Рус» и компании Siemens Gamesa — за основу приняло редукторную схему ВЭС Siemens Gamesa и в 2019 году организовало сборочное производство в городе Санкт-Петербурге. На 1 января 2021 года партнёрство построило ВЭС общей мощностью 90 МВт, а до 2024 года планирует сооружение ВЭС общей мощностью 300 МВт.

Фото: ПАО «РусГидро», rushydro.ru



■ Малая Зеленчукская ГЭС-ГАЭС на реке Большой Зеленчук (Республика Карачаево-Черкесия)

В северных и труднодоступных районах в составе изолированных энергосистем работают ветродизельные станции (ВДС) [7]. В Камчатском крае на острове Беринга с 1996 года эксплуатируется Никольская ВДС мощностью 550 кВт, на Камчатке работает Усть-Камчатская ВДС мощностью 1175 кВт и с 2013 года — Октябрьская ВДС мощностью 3,3 МВт. На Курильском острове Кунашир с 2015 года успешно эксплуатируется Новиковская ВДС мощностью 450 кВт. В Якутии в посёлке Тикси в 2018 году построена ВДС мощностью 900 кВт.

Всего в изолированных энергосистемах работают сотни малых ВЭУ единичной мощностью менее 50 кВт отечественного и зарубежного производства. В целом, в нашей стране единичные экземпляры ВЭУ разрабатывают и выпускают около десятка частных фирм.

В России выполнены исследования ветроэнергетического потенциала страны. Для сооружения сетевых ВЭС эту работу ведёт в том числе д.т.н. В.Н. Николаев [8]. Для ВДС в Арктике, в условиях ограниченных климатических данных, разработкой арктических ВЭУ занимается д.т.н. В.В. Елистратов [9]. Разработкой малых ВЭУ занимается к.т.н. С.В. Грибков [7]. Исследования работы ВЭС и ВДС в составе энергосистем выполняет д.т.н. П.В. Илюшин [4].

Малая гидроэнергетика

В 2021 году максимальная установленная мощность **малых гидроэлектростанций (МГЭС)** Распоряжением Правительства РФ увеличена до 50 МВт. В соответствии с данными справочника [10] и «Отчёта о функционировании ЕЭС России», с учётом указанного выше критерия суммарная установленная мощность МГЭС РФ



Фото: АО «Геотерм», ПАО «РусГидро», rushydro.ru

■ Мутновская ГеоЭС (Камчатский край) — крупнейшая геотермальная электростанция России

в 2020 году составляла 1182 МВт. В 2021-м велось строительство четырёх МГЭС общей мощностью 70 МВт: Красногорские № 1 и № 2 в Карачаево-Черкессии, Псыгансу в Кабардино-Балкарии, Башенная в Чеченской Республики.

Тройку лидеров-инвесторов в 2021 году составили ПАО «РусГидро» (100 МВт), АО «Норд Гидро» (49 МВт), ООО «Юж-энергострой» (24 МВт). Проектирование и строительство МГЭС в основном выполняют ПАО «РусГидро» (г. Москва) и ООО «ИНСЭТ» (МНТО ИНСЭТ было основано в 1988 году в г. Санкт-Петербург). С 1993 по 2020 годы эта организация изготовила оборудование и построила 92 МГЭС общей мощностью 23 МВт.

В 2021 году ООО «ИНСЭТ» были разработаны технико-экономическое обоснование (ТЭО) МГЭС мощностью 2 МВт на острове Парамушир (Курилы), три проекта МГЭС, введены в эксплуатацию восемь МГЭС.

Геотермальная энергетика

В современной России геотермальная энергетика представлена электрогенерацией, теплоснабжением на основе глубоких (более 400 м) скважин и теплоснабжением с использованием поверхностных геотермальных ресурсов. Петрогеотермальная энергетика с использованием тепла «сухих» горных пород в России не получила распространения.

Для геотермальной энергетики необходимы высокотемпературные пароводяные месторождения, которые в РФ на доступных для эксплуатации глубинах имеются только на Камчатке и на Курильских островах. Там в настоящее время разведаны четыре пароводяных месторождения с утверждёнными запасами 40,7 тыс. м³/сут. Исследованием геотермальных месторо-

ждений этого региона занимается в основном Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН (ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский). В статье [11] этого института дана оценка геотермальных ресурсов, в том числе пароводяных месторождений Камчатки. Исследованием пароводяных геотермальных месторождений и скважин занимается д.т.н. А.Н. Шулюпин из Института горного дела ДВО РАН (г. Хабаровск). Добычу геотермального пароводяного теплоносителя в основном производит на Паужетском месторождении — АО «Тепло Земли» (пос. Елизово, Камчатский край) и на Мутновском — филиал «Возобновляемая энергетика» ПАО «Камчатскэнерго» (г. Петропавловск-Камчатский). В 2020 году в России было добыто 13 млн тонн геотермального пара.

В 2021 году в России эксплуатировалось четыре геотермальных электростанции (ГеоЭС) общей установленной мощ-

ностью 84 МВт, самой мощной (50 МВт) из которых является Мутновская ГеоЭС на Камчатке. На российских ГеоЭС в основном применяется прямой энергоцикл с непосредственной подачей геотермального пара в турбины. По итогам 2020 году суммарная выработка электрической энергии всеми российскими ГеоЭС составила 427 ГВт·ч/год. На Паужетской ГеоЭС построен, но не введён в эксплуатацию бинарный энергоблок мощностью 2,5 МВт. Исследованием геотермальной энергетики в основном занимается ООО «Геотерм-М» (г. Москва) — разработчик технологии и проектов Мутновской и Верхне-Мутновской ГеоЭС, Паужетского бинарного энергоблока [12] — и Институт вулканологии и сейсмологии. Сопровождение эксплуатации оборудования ГеоЭС ведёт его изготовитель — Калужский турбинный завод (КТЗ).

Высокотемпературное геотермальное теплоснабжение в системах теплоснабжения, как правило, подразумевает применение теплоносителя с температурами более 70°C. В России разведано 62 высокотемпературных геотермальных месторождений с запасами 268 тыс. м³/сут. на Камчатке, в Дагестане, Адыгее, в Краснодарском, Ставропольском краях. Эти месторождения были разведаны и разбурены в советское время. В наши дни разведку новых месторождений продолжает АО «Тепло Земли» на Камчатке. Исследования водяных геотермальных месторождений выполняют АО «Тепло Земли» (Камчатка, Курилы), Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики (ИПГ и ВЭ) — филиал ОИВТ РАН (г. Махачкала). Владеют лицензиями на разработку и эксплуатацию месторождений на Камчатке — АО «Тепло Земли», в Дагестане — ООО «Геоэкопром» (г. Махачкала), в Краснодарском, Ставропольском краях и в Адыгее — АО «Нефтегазгеотерм» (пос. Мостовской, Краснодарский край). В 2020 году из 161 скважины этих месторождений было добыто 35 млн м³. Способ добычи — фонтанный.

В 2020 году в России эксплуатировались геотермальные системы теплоснабжения с общей установленной тепловой мощностью 110 МВт, с реализацией тепловой энергии 280 МВт·ч/год. В этих системах работали 20 термораспределительных станции (ТРС), а общая протяжённость тепловых сетей составила 280 км. ТРС выполнены в основном по одноконтурной схеме. Исследованиями, разработкой и сопровождением эксплуатации геотермальных систем теплоснабжения занимается ООО «Геотерм-М» и ООО «Энерготехнологии-Сервис» (г. Краснодар).



Геотермальное теплоснабжение с тепловыми насосами (ТН). Поверхностные геотермальные ресурсы нашей страны с глубиной скважин до 400 м и с температурами до 50°C во второй половине XX века были исследованы д.г.-м.н. Ю.Д. Дядькиным и д.т.н. Э.И. Богуславским. В книге [13] приведены обзорные карты территории страны и распределение температур на глубинах от 40 до 200 м. Там же представлена методика определения количества тепловой энергии, поступающей к скважинам поверхностной геотермии. В работе [14] д.т.н. Г.П. Васильевым изложен метод математического моделирования тепловых режимов неглубоких скважин.

Высокотемпературное геотермальное теплоснабжение подразумевает применение теплоносителя с температурами более 70°C. В России разведано 62 высокотемпературных геотермальных месторождений с запасами 268 тыс. м³/сут.

В статье [15] представлен анализ технологий геотермального теплоснабжения в России. Относительно низкие температуры грунтов на глубинах до 400 м обуславливают необходимость применения ТН. Однако в условиях отсутствия государственной поддержки в настоящее время в России нет полноценного рынка геотермальных тепловых насосов. Их установкой и сооружением скважин занимается около 50 частных предприятий, а статистика их эксплуатации отсутствует.

Ассоциация «Зелёный киловатт» в работе [16] представила перечень объектов с успешно работающими геотермальными теплонасосными системами. В 2021

году компания «Термекс» (г. Тосно, Ленинградская область) приступила к производству геотермальных тепловых насосов мощностью до 56 кВт.

Биоэнергетика

Федеральный закон «Об электроэнергетике» №35-ФЗ (в редакции от 29 декабря 2017 года) предусматривает использование ВИЭ, в том числе: биомассы, включающей 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 шахтах.

В Минэнерго РФ с 2001 по 2010 годы д.т.н. П.П. Безруких на основе статотчётности по форме №6-ТП Росстата велась работа по обобщению опыта, в том числе электро- и теплогенерации на основе сжигания биомассы. В 2002 году в России работали 24 электростанции с совместным использованием биомассы и ископаемого топлива суммарной установленной мощностью 1367 МВт, при этом 607 МВт из них работали на биомассе с выработкой 2426 млн кВт·ч/год электрической и 12,4 млн МВт·ч/год тепловой энергии.

В новом «Плане развития возобновляемой энергетики до 2035 года» («ДПМ ВИЭ 2.0»), утверждённом Постановлением Правительства РФ от 1 июня 2021 года №1446, не установлены задания по генерации электроэнергии на основе биомассы. По результатам 2020 года Ассоциация «НП Совет рынка» (np-sp.ru) привела данные выработки электроэнергии на БиоЭС — 65,2 ГВт·ч/год, в том числе на основе биомассы и её отходов — 39,03 ГВт·ч/год; биогаза — 25,06 ГВт·ч/год; свалочно-го газа — 1,15 ГВт·ч/год.

По установленной мощности БиоЭС обобщённые данные в настоящее время отсутствуют. На 1 октября 2021 года в перечне квалифицированных объектов Минэнерго России, работающих на основе биомассы и отходов, была указана только мини-ТЭЦ «Белый Ручей» в Вологодской области установленной электрической мощностью 6 МВт и тепловой — 49 МВт (отходы древесины). С 2009 года в городах Морозовск и Миллерово Ростовской области работают две мини-ТЭЦ мощностью по 6 МВт с сжиганием лузги подсолнечника. В указанном перечне Минэнерго приведены данные только двух БиоЭС с сжиганием биогаза. Работавшая с 2012 года биогазовая станция (БГС) «Байцуры» мощностью 1 МВт построена в селе Грузкое Белгородской области. В той же области в Лучковском сельском поселении работают две БГС мощностью 3,6 МВт. В числе квалифицированных объектов также БиоЭС на свалочном газе полигона ТБО в посёлке Новый Свет Ленинградской области.

Для теплоснабжения в России используются в основном следующие виды биомассы: дрова, отходы древесины и сельскохозяйственного производства. Согласно «Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ от 1 февраля 2021 года №312), в 2019 году в стране было заготовлено 14 млн плотных кубометров дров, что эквивалентно количеству тепловой энергии 29 тыс. кВт-ч/год. По данным О. Ракитовой [17], из общего количества отходов лесозаготовки (23 млн тонн) и деревопереработки (20 млн тонн) для использования в теплоснабжении актуальны топливная щепа, топливные брикеты и пеллеты (топливные гранулы). Топливная щепа в России пока не получила широкого применения. Производством топливных брикетов в 2019 году в России занимались 280 предприятий с годовым объёмом производства 450 тыс. тонн (при внутреннем потреблении 230 тыс. тонн), что эквивалентно 748 ГВт-ч/год.

Пеллеты (топливные гранулы) в 2019 году в России производились на 300 заводах в объёме 1,9 млн тонн (в 2020 году — 2,2 млн тонн) при внутреннем потреблении не более 5%. Общее годовое количество тепловой энергии пеллет оценивается в 88 ГВт-ч/год. Таким образом, суммарное количество тепловой энергии при сжигании дров, топливных брикетов и пеллет в 2019 году составило 29836 ГВт-ч/год, при этом доля дров — 97%.

Крупнейшие котельные на древесных отходах работают на заводах швейцарской фирмы Swiss Kropo в посёлке Ветлужный

Согласно «Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ от 1 февраля 2021 года №312), в 2019 году в стране было заготовлено 14 млн плотных кубометров дров, что эквивалентно количеству тепловой энергии 29 тыс. кВт-ч/год

Шарьинского района Костромской области мощностью 96 МВт и шведской фирмы IKEA в деревне Подберёзье Новгородской области мощностью 85,5 МВт [18].

Наибольшее количество котельных на дровах и отходах работают в Архангельской области. В 2019 году, по данным интернет-ресурса infobio.ru, там эксплуатировались 650 котельных установленной мощностью 3000 МВт (100%), в том числе 420 на дровах общей мощностью 1110 МВт (37%), в которых ежегодно сжигалось 260 тыс. тонн топлива. В этом регионе работает самая мощная в России пеллетная котельная в посёлке Катунино Приморского района мощностью 20 МВт. Древесное топливо активно используется в соседних с Архангельской областью Карелии, в Вологодской, Ярославской и Костромской областях. В посёлке Импилахти в Карелии ООО «Сетлес» с 2007 года эксплуатирует котельную со сжиганием древесной коры мощностью 10 МВт с котлами финской компании «Вяртелла». В Хабаровском крае из 400 муниципальных котельных на древесине работают 60 котельных (15%) общей мощностью 107 МВт.

В России технологии сжигания дров и древесных отходов развивались с 1930-х годов в основном двумя научными центрами: Всероссийский теплотехнический институт (ныне ОАО «ВТИ», г. Москва) и Центральный научно-исследователь-

ский и проектно-конструкторский котлотурбинный институт им. И.И. Ползунова (ныне НПО «ЦКТИ», г. Санкт-Петербург). Там были разработаны конструкции котлов с неподвижными и механическими колосниковыми шахтными топками и с факельным сжиганием измельчённого топлива. В этих котлах в основном применяются две технологии: прямого сжигания и пиролиза.

В 2021 году в стране котлы на дровах, пеллетах, брикетах, древесных отходах производились десятком заводов. Например, компания «Автоматик-Лес» (г. Ковров, Владимирская область) выпускает котлы на опилках, щепе, коре и древесных отходах тепловой мощностью от 200 кВт до 10 МВт; пеллетные автоматизированные котлы мощностью от 15 до 250 кВт, самоочищающиеся пеллетные горелки. На рис. 4 и 5 представлены значения мощностей и выработанной годовой энергии электро- и теплогенерацией России в 2020 году.

Выводы

1. Российский рынок ВЭ в области электрогенерации создан в основном мерами государственного стимулирования по программе «ДПМ ВИЭ 1.0». В новом плане «ДПМ ВИЭ 2.0», как и в предыдущем, до 2035 года предусмотрено развитие только СЭС, ВЭС и МГЭС. В то же время в России успешно работают несколько ГеоЭС, стоимость электроэнергии которых вдвое ниже топливных ТЭС (Мутновская ГеоЭС на Камчатке). Там же разведаны перспективные геотермальные месторождения, выполнены проекты новых ГеоЭС. В настоящее время в стране отсутствует рынок теплоснабжения с использованием ВИЭ, меры господдержки не разработаны. При больших объёмах сжигания древесины и её отходов для

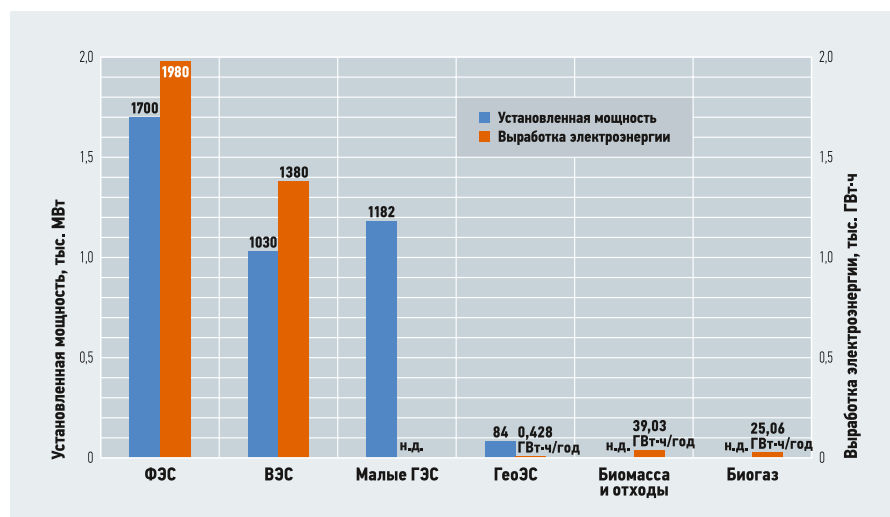


Рис. 4. Установленные мощности и выработка электроэнергии в 2020 году в РФ на основе ВИЭ

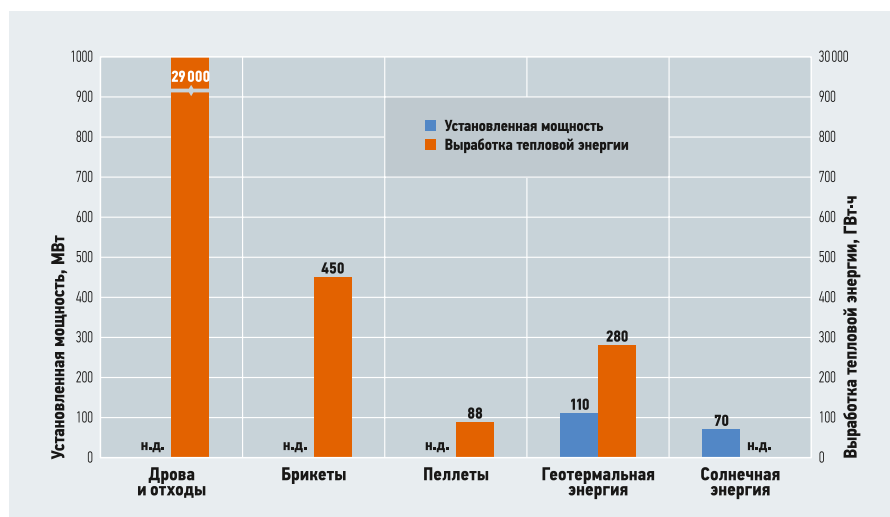


Рис. 5. Установленная мощность и выработка тепловой энергии в 2020 году в РФ на основе ВИЭ

теплоснабжения отсутствует программа развития этого направления. Созданное в России пеллетное производство ориентировано на импорт, а цены на его продукцию неконкурентны в большинстве регионов страны. В России исследования по проблемам комплексного использования ВИЭ в народно-хозяйственном комплексе практически не ведутся.

2. Солнечная энергетика в России представлена в основном сетевыми СЭС. Их установленная мощность в 2020 году составила 1,7 ГВт, а выработка 1,98 ТВт·ч/год. Россия сохранила свои компетенции в космической солнечной энергетике. Продолжается строительство ФЭС в изолированных северных и в дальневосточных энергорайонах. Основными инвесторами сооружения сетевых СЭС являются ГК «Хевел» (189 МВт в 2020 году) и ООО «Солар Системс» (105 МВт в 2020 году). Каждый из них имеет в России производство ФЭМ на основе кристаллического кремния. Солнечное теплоснабжение представлено небольшим количеством эксплуатируемых гелиоустановок. Отсутствует серийное производство солнечных коллекторов.

3. Ветроэнергетика в России уже два года является лидером по темпам развития ВЭ. Установленная мощность всех ВЭС на 1 июля 2021 года составила 1030 МВт, а выработка электрической энергии за 2020 год — 1380 ГВт·ч/год. Рынок ветроэнергетики освоен в основном тремя инвесторами: ФРВ, АО «НовоВинд», партнёрством ПАО «Энел Рус» и фирмы Siemens Gamesa. В основе конструкций ВЭУ — решения западноевропейских лидеров ветроэнергетики. Применяются как редукторные, так и безредукторные схемы ВЭУ. Каждый из указанных инвесторов построил в России заводы, а степень локализации производства в 2021 году

достигла 70%. В стране в изолированных энергосистемах ограниченное применение получили ветродизельные станции. При большой потребности северных районов в ВЭУ в 2021 году они не получили широкого применения. Российские разработчики и производители малых ВЭС разобщены, отсутствует серийное производство. Актуальны исследования результатов эксплуатации сетевых ВЭС.

4. Россия имеет многолетний опыт разработки, строительства и эксплуатации малых гидроэлектростанций (МГЭС) а также производства оборудования для них. Основным фактором, препятствующим их дальнейшему развитию, является преобладание в общей стоимости проектных и строительно-монтажных работ. Дополнительное стимулирование по программе «ДПМ ВИЭ 2.0» уже привело в 2021 году к увеличению инвестиций в сооружении МГЭС общей мощностью 214 МВт.

5. В основе развития геотермальной энергетике разведанные четыре пароводяных месторождения с запасами 40,7 тыс. м³/сут. и 62 геотермальных водных — с запасами 268,2 тыс. м³/сут. Из 161 скважины в 2020 году были добыты 13 млн тонн геотермального пара и 35 млн м³ воды. Установленная мощность четырёх ГеоЭС составила 84 МВт, а выработка ими электрической энергии в 2020 году — 427 ГВт·ч/год. Геотермальное теплоснабжение при установленной мощности 110 МВт в 2020 году обеспечило выработку 280 ГВт·ч/год тепловой энергии. В 2020–2021 годах геотермальная энергетика продолжала использовать советские научные и инженерные разработки. Разведка новых геотермальных месторождений не ведётся. В программе «ДПМ ВИЭ 2.0» до 2035 года не предусмотрено строительство новых ГеоЭС, отсутствуют меры по развитию геотермального теплоснабжения.

6. При отсутствии господдержки биоэнергетики в планах «ДПМ ВИЭ 1.0/2.0» выработка электрической энергии БиоЭС в 2020 году составила 65,2 ГВт·ч/год, в том числе на основе биомассы и её отходов — 39,03 ГВт·ч/год, биогаза — 25,06 ГВт·ч/год, свалочного газа — 1,15 ГВт·ч/год. Выработка тепловой энергии на основе биомассы в объёме 29 836 ГВт·ч/год в 2019 году в основном производилась при сжигании дров (29 тыс. ГВт·ч/год), топливных брикетов 450 ГВт·ч/год, пеллет — 88 ГВт·ч/год. В России имеется многолетний опыт исследования топочных процессов при сжигании дров и древесных отходов. Десятки заводов производят такие котлы и вспомогательное оборудование, в том числе пеллетные котлы и пеллетные горелки.

1. Рынок возобновляемой энергетики в России: текущий статус и перспективы развития. Инф. бюллетень АРВЭ (июль 2021). — М., 2021.
2. Бутузов В.А. Фотоэнергетика в России // Журнал СОК, 2020. №7. С. 46–54.
3. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Современные тенденции развития фотоэлектрической энергетики (обзор) // Теплоэнергетика, 2021. №10. С. 5–25.
4. Илюшин П.В. Перспективы применения и проблемные вопросы интеграции распределительных источников энергии в электрические сети: монография. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2020. 116 с.
5. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение. Опыт столетнего развития // Промышленная энергетика, 2020. №4. С. 52–63.
6. Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. — М.: Интехэнерго-Издатель, 2015. 314 с.
7. Бутузов В.А., Безруких П.П., Грибков С.В. Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, этапы развития, перспективы // Журнал СОК, 2021. №5. С. 62–76.
8. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты проекта TACIS Europe Aid/116951/C/SV/RU. — М.: Атмосфера, 2009. 456 с.
9. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. Изд. 3-е. — СПб.: Изд-во СПбПУ, 2016. 424 с.
10. Возобновляемая энергетика. Гидроэлектростанции России: справ. / М.И. Дворецкая, А.П. Жданова, О.Г. Лушников, И.В. Слива; Под общ. ред. В.В. Берлина. — СПб.: Изд-во СПбПУ, 2018. 224 с.
11. Кирюхин А.В., Сутров В.М. Геотермальные ресурсы Камчатки и ближайшие перспективы их освоения // Вулканология и сейсмология, 2019. №6. С. 50–65.
12. Геотермальная энергетика: справ.-метод. издание / Г.В. Томаров, А.И. Никольский, В.Н. Семёнов, А.А. Шипков. — М.: Интехэнерго-Издатель. 2015. 315 с.
13. Богуславский Э.И. Освоение тепловой энергии недр: монография. — М.: Спутник, 2018. 434 с.
14. Васильев Г.П. Теплоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв Земли: Дисс. докт. техн. наук по спец. 05.23.03. — М.: МГСУ, 2006.
15. Бутузов В.А., Америкханов Р.А., Григораш О.В. Геотермальное теплоснабжение в России // Теплоэнергетика, 2020. №3. С. 3–12.
16. Возобновляемая энергетика: примеры и практики реального использования / Под ред. Е.Г. Гашо и Р.Н. Разорёнова. — М.: ИИА; Ассоциация «Зелёный киловатт», 2019. 80 с.
17. Ракитова О. Каким быть топливу будущего? Конгресс и выставка «Биомасса: топливо и энергия» // Леспроект-Информ, 2020. №3. С. 116–121.
18. Карасевич В.А. Перспективы использования ВИЭ для нужд теплоснабжения в регионах РФ // Журнал СОК, 2021. №5. С. 56–58.

References — see page 78.

Renewable energy in Russia in 2020. An overview. Pp. 56–63.

Vitaly A. Butuzov, Doctor of Technical Sciences, [Trubilin Kuban State Agrarian University \(Kuban SAU\)](#), Krasnodar city)

1. Rynok возобновляемой энергетики в России: текущий статус и перспективы развития. Inf. bjulleten' ARVJe (ijul' 2021) [Renewable energy market in Russia: current status and development prospects. Newsletter of the Renewable Energy Development Association (July 2021)]. Moscow. 2021. [In Russian]
2. [V.A. Butuzov. Fotojenergetika v Rossii \[Photovoltaics in Russia\]. Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie \(SOK\) \[Journal of Plumbing, Heating, Ventilation\]. 2020. No. 7. Pp. 46–54. \[In Russian\]](#)
3. O.S. Popel', A.B. Tarasenko. Sovremennye tendencii razvitiya fotoelektricheskoy jenergetiki (obzor) [Current trends in the development of photovoltaic energy (review)]. *Teplojenergetika* ["Thermal power engineering" Magazine]. 2021. No. 10. Pp. 5–25. [In Russian]
4. P.V. Iljushin. *Perspektivy primeneniya i problemnye voprosy integracii raspredelitel'nyh istochnikov jenergii v jelektricheskie seti: monografija* [Prospects for application and problematic issues of integration of distribution energy sources in electric networks: A monograph]. Moscow. NTF "Jenergoprogress" ["Energyprogress" Scientific and technical company]. 2020. 116 p. [In Russian]
5. V.A. Butuzov. *Solnechnoe teplosnabzhenie. Opyt stoletnego razvitiya* [Solar heating. Experience of a century of development]. *Promyshlennaja jenergetika* ["Industrial energy" Magazine]. 2020. No. 4. Pp. 52–63. [In Russian]
6. V.A. Butuzov, V.V. Butuzov. *Ispol'zovanie solnechnoj jenergii dlja proizvodstva teplovoj jenergii* [Use of solar energy for the production of thermal energy]. Moscow. *Intekhenego-Izdat* ["Intekhenego-Izdat" Publishers]. 2015. 314 p. [In Russian]
7. [V.A. Butuzov, P.P. Bezrukih, S.V. Gribkov. Rossijskaja vetrojenergetika: nauchno-konstruktorskie shkoly, jetapy razvitiya, perspektivy \[Russian wind energy: scientific and design schools, stages of development, prospects\]. Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie \(SOK\) \[Journal of Plumbing, Heating, Ventilation\]. 2021. No. 5. Pp. 62–76. \[In Russian\]](#)