ДОГНАТЬ И ПЕРЕГНАТЬ:

ВИЭ

В РОССИИ ОТ ИСТОКОВ К СОВРЕМЕННОСТИ

АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

АРВЭ-2023

ВПЕРЕД, К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ



АЛЕКСЕЙ ЖИХАРЕВ,
директор Ассоциации развития возобновляемой энергетики

По доброй традиции Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) выпускает очередной тематический буклет. В этом году он посвящен истории становления и развития отрасли возобновляемой энергетики в нашей стране, которой без малого больше века.

К сожалению, нам часто приходится сталкиваться со скептическим мнением о том, что «зеленая» генерация в России – это пришлое, «не наше», навязанное извне. Так вот, история нам показывает, что это далеко не так. Не буду сейчас пересказывать содержание буклета, но отмечу, что отечественная возоб-

новляемая энергетика берет свои истоки еще с дореволюционных времен. При этом в 20–30-х годах прошлого века Советский Союз и вовсе стоял в авангарде развития ВИЭ-технологий.

От появления первых малых ГЭС в конце XIX века до реализации современной программы поддержки ДПМ ВИЭ прошло много времени, российские и советские инженеры вписали свои имена в страницы истории мировой энергетики. Поэтому при подготовке этого издания наша ключевая задача состояла в том, чтобы показать, что мы не погружаемся во что-то нам чуждое и совершенно незнакомое, следуя по треку развития низкоуглеродной энергетики. Наоборот, мы возвращаемся к истокам, в чем вы убедитесь, знакомясь с интересными фактами, изложенными на страницах этого буклета.

Работа проделана немалая. Мы изучили большой объем исследований и архивных документов, провели всесторонний анализ статистики с начала XX века, буквально по крохам собирая некоторые данные. Мы обсудили с ведущими учеными, экспертами и первыми лицами отрасли значимые вехи прошлого, равно как и поговорили о настоящем возобновляемой энергетики в нашей стране и планах по ее развитию.

В перспективе до 2035 года перед национальной отраслью стоит важнейшая задача – стать конкурентоспособной не только на внутреннем, но и на мировом рынке. Фактически необходимо наверстать все упущенное в XX веке. Благо у отечественной отрасли ВИЭ есть устойчивая точка опоры для рывка. Как известно, без прошлого нет настоящего, а без настоящего – будущего. Именно поэтому мы вынесли в заглавие буклета известный советский лозунг «Догнать и перегнать». Сегодня он актуален для возобновляемой энергетики в России как никогда прежде!

ЭКСПЕРТЫ



ПАВЕЛ БЕЗРУКИХ,
доктор технических наук, профессор



ИГОРЬ БРЫЗГУНОВ,
директор Российской ассоциации ветроиндустрии



АЛЕКСЕЙ ЖИХАРЕВ,
директор Ассоциации развития возобновляемой энергетики



ВАСИЛИЙ ЗУБАКИН,
руководитель дирекции по энергетике ПАО «ЛУКОЙЛ»



АНДРЕЙ КАТАЕВ,
директор по энергетическим рынкам и внешним связям АО «Системный оператор ЕЭС»



АЛЕКСЕЙ КУЛАПИН,
генеральный директор ФГБУ «Российское энергетическое агентство» (РЭА)



ОЛЕГ ЛУШНИКОВ,
исполнительный директор Ассоциации «Гидроэнергетика России»



СЕРГЕЙ МИРОНОСЕЦКИЙ,
генеральный директор ООО «Солар Системс»



ГРИГОРИЙ НАЗАРОВ,
генеральный директор АО «НоваВинд» (Госкорпорация «Росатом»)



ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВ,
д. т. н., член-корреспондент РИА, директор АНО «НИЦ «АТМОГРАФ»



ВАЛЕРИЙ СЕЛЕЗНЕВ,
первый заместитель руководителя комитета Государственной думы РФ по энергетике



ПАВЕЛ СНИККАРС,
заместитель министра энергетики Российской Федерации



АНТОН ФИРСОВ,
генеральный директор ООО «ЗН Геотерм» (дочернее предприятие АО «Зарубежнефть»)



ИГОРЬ ШАХРАЙ,
генеральный директор «Юнигрин Энерджи»

УПОЛНОМОЧЕН ЗАЯВИТЬ

ПАВЕЛ СНИККАРС,
заместитель министра энергетики Российской Федерации



Соревнования не очень применимы для данной сферы. Вы либо обладаете технологией, либо нет. Кроме того, Россия всегда видела понятие ВИЭ шире.

Для раскрытия национального потенциала возобновляемых источников энергии, основанных на технологии ветра и солнца, который был определен еще в советское время, не хватало системной комплексной поддержки, равно как и технологий, которые в тот период проходили этап первичного развития. К 2013 году другими странами был накоплен значительный опыт как в части проектирования, так и в части эксплуатации объектов ВИЭ-генерации.

В России за последние 10 лет благодаря поддержке было построено более 4 ГВт мощности на базе ВИЭ. Мы исходим из того, что энергетический комплекс страны должен быть рационально сбалансирован. Согласно целевым показателям, в структуре российской энергетики доля ВИЭ должна в следующие 25 лет вырасти примерно в 10 раз. И для нас, как для электроэнергетиков, это серьезный вызов, так как придется интегрировать такой объем негарантированной выработки в энергосистему страны.

В целом разработанная система поддержки больше касается промышленности, нежели электроэнергетики, поэтому принятые решения должны сформировать в России новый кластер в промышленности. Наше оборудование должно быть не только конкурентоспособно на внутреннем рынке, но и востребовано в зарубежных странах.

АЛЕКСЕЙ КУЛАПИН,
генеральный директор ФГБУ «Российское энергетическое агентство» (РЭА)



Самым быстрорастущим сектором глобального топливно-энергетического комплекса, безусловно, является возобновляемая энергетика. Еще 10 лет назад уровень инвестиций в солнечную энергетику был в пять раз меньше, чем в добычу нефти. Сегодня эти два сектора практически сравнялись, а по итогам 2023 года эксперты ожидают, что финансирование солнечной энергетики превысит объем инвестиций в нефтедобычу на 3%.

Россия также продолжит развивать потенциал «зеленой» энергетики. Действующие в настоящее время механизмы государственной поддержки ВИЭ дают ощутимые результаты: в эксплуатацию вводятся новые крупные генерирующие объекты, ведется развитие технологической базы, в том числе за счет формирования новых цепочек научно-технологической кооперации. Благодаря предпринимаемым усилиям производственная мощность секторов ВИЭ составила порядка 1,6 ГВт, а общая мощность функционирующих в стране объектов составляет 6 ГВт.

Вместе с тем существуют и масштабные задачи, прежде всего

по обеспечению долгосрочной стабилизации цепочек поставок, достижению технологической независимости секторов ВИЭ. Для дальнейшего развития отрасли возобновляемой энергетики государству, бизнесу, экспертному и научному сообществу важно скоординировать усилия, начиная от подготовки инженерных кадров до снятия административных барьеров и адресной поддержки проектов по созданию новых и расширению действующих производств.

Российское энергетическое агентство Минэнерго России обладает компетенциями в части аналитического сопровождения развития отрасли, активно способствует выстраиванию диалога между государством и отраслевыми компаниями, содействует развитию технологий для ТЭК, а также формированию профессиональных компетенций под потребности энергетики будущего.

Уверен, что у наших компаний есть все шансы успешно встроиться в глобальные производственные цепочки и занять свои ниши на новых мировых рынках!

АНДРЕЙ КАТАЕВ,
директор по энергетическим рынкам и внешним связям АО «Системный оператор ЕЭС»



Электроэнергетика нашей страны исторически имеет достаточно низкий углеродный баланс. В силу богатства гидроэнергетических ресурсов в России «зеленая» электроэнергетика начала развиваться задолго до появления самого такого понятия. Так, в царской России ГЭС начали строить с 90-х годов XIX века, а первой промышленной гидроэлектростанцией в России традиционно считается ГЭС «Белый уголь» в Ессентуках, построенная в 1903 году.

Сегодня в Единой энергосистеме почти 40% ежегодной выработки электроэнергии составляет безуглеродная выработка – прежде всего за счет ГЭС и АЭС, и Россия последовательно продвигается в развитии генерации на основе солнца и ветра. По состоянию на май 2023 года доля ветровых и солнечных электростанций в общем объеме выработки по ЕЭС России уже составляет 0,8%. При этом большая часть проектов по строительству СЭС и ВЭС реализована в ОЭС Юга. По итогам первых пяти месяцев 2023 года доля ВИЭ в энергообъединении составила более 6% от фактической выработки.

Программа ДПМ ВИЭ 1 показала, что в ЕЭС России могут быстро и в значимых объемах вводиться современные СЭС и ВЭС. После реализации программы ДПМ ВИЭ 2 солнечные и ветровые электростанции перестанут восприниматься как некая техническая диковинка, и как минимум в южных регионах они будут покрывать значимую часть энергобаланса и, соответственно, займут свое место в энергосистеме в качестве одного из значимых источников электроэнергии. И нам важно уже сегодня и нормативно, и технологически готовиться к следующему этапу развития ВИЭ, когда СЭС и ВЭС смогут появляться в энергосистеме без специальных мер поддержки наравне с другими видами генерации. Значит, уже сейчас необходимо начинать проработку механизмов реализации интеграционных мероприятий, обеспечивающих поддержание надежности работы энергосистемы в условиях роста доли «зеленой» погодозависимой генерации.

ВАЛЕРИЙ СЕЛЕЗНЕВ,
первый заместитель руководителя комитета Государственной думы РФ по энергетике



Все необходимые меры поддержки отрасли уже существуют: есть ДПМ ВИЭ, есть СПИК.

К сожалению, проблема в том, что мы никак не придем к однозначному пониманию, чего конкретно мы хотим и какого технологического суверенитета ожидаем. Более того, в отрасли нет единого понимания, что собой должен представлять технологический суверенитет и в чем он должен заключаться.

Чего стоит только обсуждение СПИК на производство «суверенных ВЭУ». Одни требуют только российских инвесторов, другие – НИОКР, третьи, наоборот, – максимальную локализацию.

Пока эта классическая история о лебеде, раке и щуке будет разыгрываться, никакого суверенитета не случится. Поэтому, на мой взгляд, государству, как арбитру, необходимо поставить четкие рамки того, каким оно видит технологический суверенитет и что желает получить в обмен на уже существующие меры поддержки.

Я бы сказал, что незамедлительно отрасли нужны ясность целеполагания и конкретные целевые показатели ВИЭ в энергобалансе на 2035 год и далее, к которым государство хотело бы прийти. О дополнительных мерах стоит думать только после постановки четкой, понятной цели.

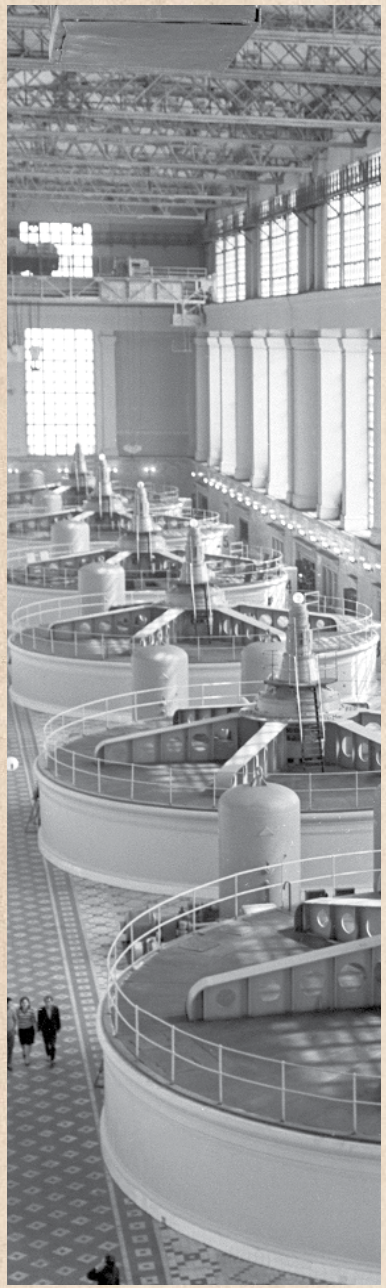
ИГОРЬ БРЫЗГУНОВ,
директор Российской ассоциации ветроиндустрии



Важно помнить, что наша страна неоднократно развивала свою техническую историю рывками. Касаясь ветроэнергетики, советская инженерная школа была на высоте в 30-х годах, но, к сожалению, дальнейшее развитие было во многом остановлено из-за начала Великой Отечественной войны. Вместе с тем наши отцы и деды смогли не только представить, научно обосновать, но и реализовать план уровня ГОЭЛРО! Это их колоссальная заслуга!

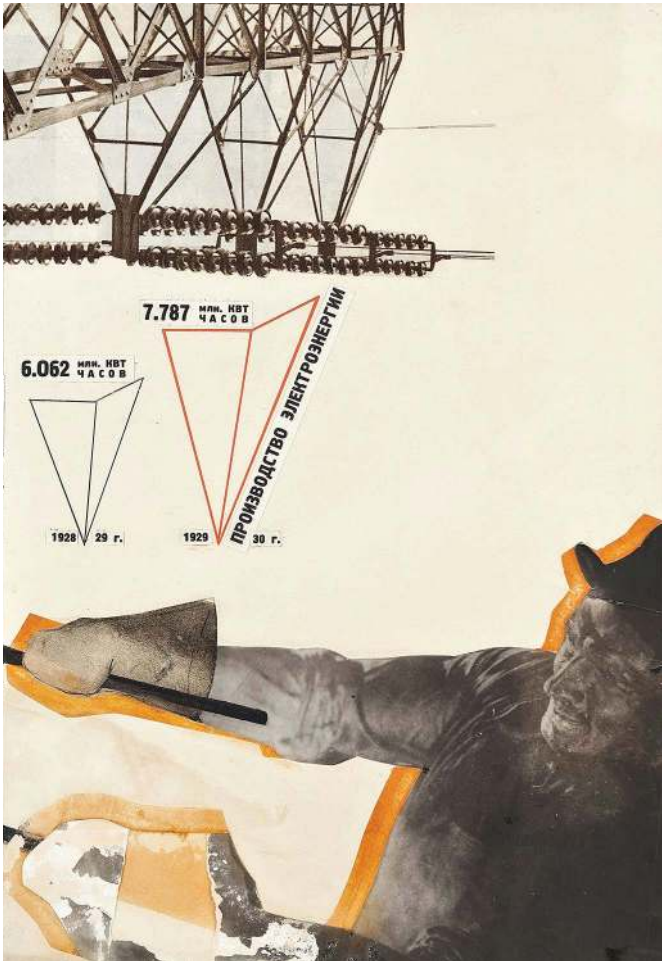
Считаю, что нам и сейчас нужен полномасштабный технологический рывок в части развития возобновляемой энергетики, нам нужна национальная программа развития ВИЭ-генерации в России. Однако если мы будем слепо копировать устаревшие западные образцы техники, то шансов догнать передовые ветроэнергетические державы, такие как КНР и Германия, у нас будет крайне мало. Нам надо помнить, что никто вместо нас не будет на энтузиазме создавать технические решения с учетом наших климатических условий (Крайний Север), с учетом нашей российской географии (удаленные территории).

Сегодня значительный потенциал использования ВЭС, особенно в гибридных комплексах в удаленных и изолированных районах нашей страны, кажется, очевиден для всех. При этом геополитическая ситуация вынуждает нас активизировать использование Северного морского пути. У России впереди серьезные задачи по новому освоению северных территорий вдоль СМП, и надо быть готовыми дать новым предприятиям дешевую и доступную электроэнергию!



Исаак Дынин/ТАСС

СВЕТИТЬ ВСЕГДА, СВЕТИТЬ ВЕЗДЕ



Fine Art/FOTODOM

Существует мнение, что начало отечественной солнечной энергетике было положено советской космической программой. Но это далеко не так. Более того, один из фундаментальных физических законов, на котором основан принцип работы солнечных панелей, – первый закон фотоэффекта – был открыт в конце XIX века профессором А. Г. Столетовым. Другой великий российский ученый, ученик знаменитого В. К. Рентгена, А. Ф. Иоффе, в 1913 году защитил магистерскую диссертацию «Элементарный фотоэлектрический эффект. Магнитное поле катодных лучей. Опытные исследования»[1].

Дальнейшее развитие результатов этого исследования продолжилось в созданном академиком Иоффе Физико-техническом институте Академии наук (ФТИ), и в 1938 году два его аспиранта – Ю. П. Маслоковец и Б. Т. Коломиец – создали первый фотоэлектрический элемент в СССР. Несмотря на КПД всего лишь в 1%, А. Ф. Иоффе сразу же осознал значение полученных результатов и предложил разработать госпрограмму по установке солнечных панелей на крышах зданий. Увы, тогда это предложение выглядело как утопия и поддержки не получило[2].

1. Бутузов В. А. Российская солнечная электроэнергетика // Окружающая среда и энерговедение. — 2020. — № 2.

Тогда же шло развитие другого направления солнечной энергетики. Руководитель Главной геофизической лаборатории в Ленинграде Б. П. Вейнберг разработал теорию концентрации солнечного излучения. После его трагической гибели во время блокады дальнейшие работы возглавил переехавший в СССР испанский ученый Федерико Молеро. В результате в 1949 году по его чертежам в Ташкенте был построен параболоидный концентратор диаметром 10 метров[3, 4].

А вот послевоенная солнечная энергетика действительно обязана своим развитием отечественной космонавтике. С 1955 года работы по производству фотоэлектрических преобразователей в СССР получили интенсивное развитие в институте источников тока (ВНИИТ, Москва), который решал задачи по обеспечению электроэнергией всех космических объектов СССР. Огромную роль в развитии советской космической фотовольтаической энергетики сыграл член-корреспондент РАН Н. С. Лидоренко, работавший генеральным директором и главным конструктором ВНИИТ, затем НПО «Квант»[5]. Так, в 1958 году впервые в СССР фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) из монокристаллического кремния, разработанные НПО «Квант»[6] (в наст. время – АО «НПП «Квант», входит в госкорпорацию «Роскосмос»), были установлены на космическом аппарате «Спутник-3», а уже через шесть лет началось их наземное применение. В 1964–1967 годах советский ученый Б. В. Тарнижевский разработал и испытал в Туркмении первую в мире СЭС с концентраторами солнечного излучения мощностью 250 Вт для электропривода оросительных насосов в пустыне Каракумы[7].



Советский параболоидный концентратор (на изображении: концентратор (солнечная печь), построенный в 1986 году в г. Ереване)

В целом 1970-е годы ознаменовались научными изысканиями и глубокими исследованиями, которые дали свои плоды уже в следующую декаду XX века. Например, с 1971 года пред-

2. Стребков Д. С. История развития солнечной фотоэлектрической энергетики // Энергия. — 2018. — № 11.
3. Бутузов В. А. Российская солнечная электроэнергетика…
4. Технология солнечных концентраторов заключается в том, что преобразование солнечной энергии происходит в результате концентрации солнечного излучения с помощью оптических зеркал. Чаще всего таким образом нагревают жидкость, получают пар и направляют его на турбину с генератором, как на обычной ТЭС.
5. Бутузов В. А., Безруких П. П., Елистратов В. В. Возобновляемая энергетика в России. С первых шагов до наших дней.
6. Начиная с третьего искусственного спутника Земли, запущенного в 1958 году, все отечественные космические аппараты оснащались солнечными батареями, которые были спроектированы и произведены НПП «Квант».
7. Бутузов В. А. Российская солнечная электроэнергетика…

Юрий Заритовский/РИА Новости



Солнечная фотоэлектрическая станция в пустыне Каракумы (Туркмения). Фото: Ю. Заритовский, 1987 год

приятие НПО «Сатурн» (одна из структур НПО «Квант») начало заниматься разработкой и изготовлением солнечных элементов и батарей космического назначения. А в 1980-е годы НПО «Сатурн» реализовало проект «Солнечная деревня» в пос. Черноморском Краснодарского края: были построены пять коттеджей, на кровле каждого из которых были установлены фотоэлектрические модули общей мощностью 3,5 кВт.

Кроме того, в 1981 году в СССР принята программа по решению научно-технической проблемы 0.01.08 «Создать и внедрить солнечные, ветровые установки и устройства для производства тепла и электрической энергии». Затем в составе Академии наук (АН) СССР был создан Совет по нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии[8], координировавший работу уже имевшихся в СССР научных центров по ВИЭ: ЭНИН, Института высоких температур (ИВТАН) АН СССР, Физико-технического института Узбекской АН, НПО «Квант» и др. Также в Махачкале был построен опытный полигон ИВТАН «Солнце»[9]. В результате реализации мероприятий было развернуто производство солнечных коллекторов на пяти заводах, а общая площадь гелиоустановок в стране увеличилась до 100 тыс. м^2.

В 1985 году матричный многопереходный фотоэлемент из монокристаллического кремния, созданный во Всесоюзном научно-исследовательском институте источников тока, дал электрическую мощность 3,6 кВт/см^2 при КПД 36%. До сих пор никто в нашей стране не смог повторить этот результат![10]

В последнюю советскую пятилетку развернулась масса исследований возможностей получения энергии солнца в различных природно-климатических условиях. Экспериментальные СЭС создавались как в союзных республиках (в Армении, Туркмении, Узбекистане), так и в разных уголках РСФСР (например, в Бурятии и Северной Осетии). А в Крыму в 1985 году появилась термодинамическая СЭС, то есть солнечная электростанция, в которой энергия излучения солнца используется как источник тепла в термодинамическом цикле преобразования

8. После 1993 года этот Совет был преобразован в научный совет РАН по возобновляемой энергетике.
9. Бутузов В. А., Безруких П. П., Елистратов В. В. Возобновляемая энергетика в России. С первых шагов до наших дней.
10. Стребков Д. С. История развития солнечной фотоэлектрической энергетики // Энергия. — 2018. — № 11.

тепловой энергии в механическую, а затем в электрическую[11]. За пять лет опытной эксплуатации Крымской СЭС ее максимальная мощность достигла 5,7 МВт, а годовая выработка – 726 тыс. кВт·ч. В 1990 году Крымская солнечная электростанция была выведена из эксплуатации, и в дальнейшем в нашей стране термодинамические СЭС не строились. Помимо этого, в конце 1980-х в Научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) были созданы



Макет Крымской СЭС

и первые в стране гибридные ветрофотоэлектрические установки мощностью 300–1000 Вт для пастбищ.

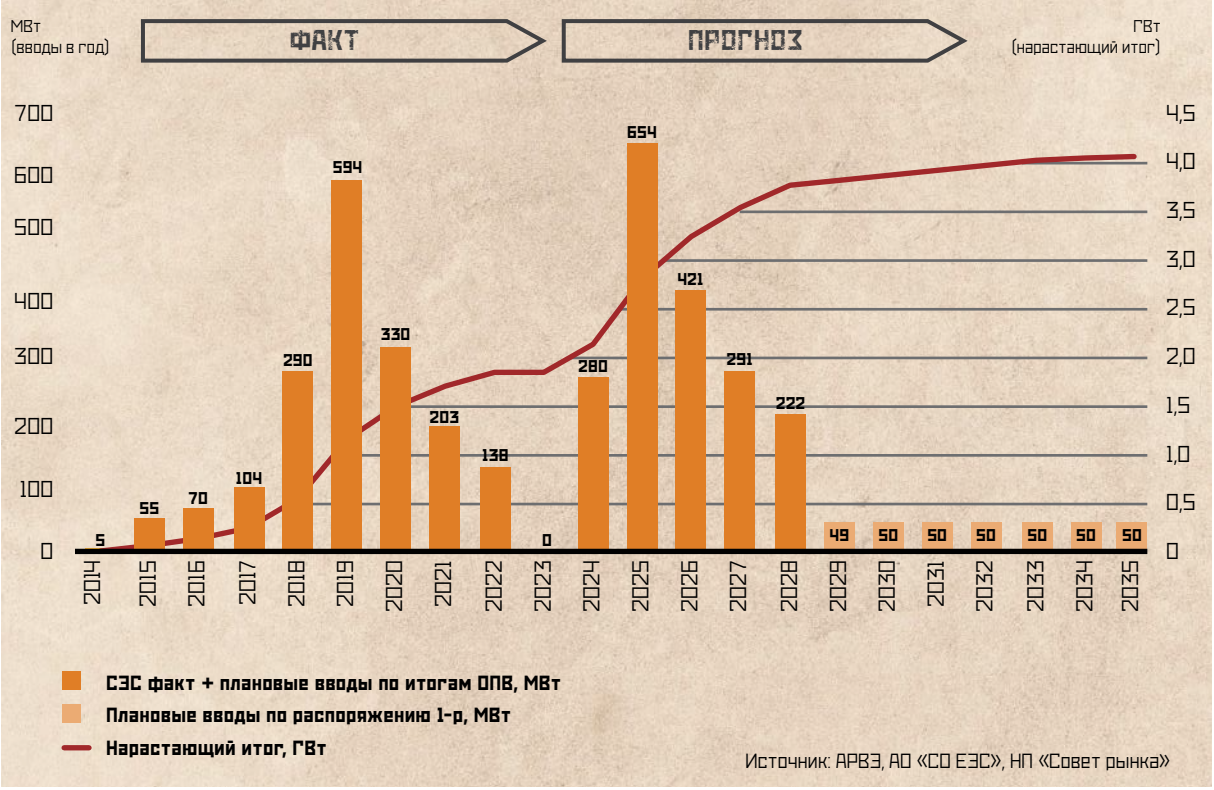
Распад СССР и формирование рыночной экономики в России негативно отразились на развитии сегмента солнечной энергетики. Государственное финансирование научных разработок было сокращено до минимума. В 1990-е годы на российском гелиоэнергетическом рынке появился ряд участников: Рязанский завод металлокерамических приборов, НПО «Машиностроение», ООО «Совлакс», НПО «Квант», ОАО «Сатурн», ВИЭСХ, ЗАО «Телеком-СТВ», ОАО «Правдинский ОПЗ источников тока «Позит», НПЦ завода «Красное знамя» и др.[12] Многие из них изготавливали небольшими партиями фотоэлементы и модули, которые в основном шли на экспорт. Настоящий же бум солнечной энергетики в России произошел уже в десятых годах XXI века.

Отправной точкой для развития современного российского сектора солнечной энергетики стал 2013 год, когда на оптовом рынке электрической энергии и мощности была принята программа стимулирования инвестиций в строительство генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), посредством оплаты мощности таких объектов с использованием договоров о предоставлении мощности – ДПМ ВИЭ[13]. Согласно данной программе, поддержка предоставляется на конкурсной основе инвестиционным проектам солнечной, ветровой генерации и малой гидрогенерации с наименьшими показателями удельных капитальных вложений (в рамках ДПМ ВИЭ 1.0) или стоимости производства электроэнергии (в рамках ДПМ ВИЭ 2.0) посредством платежей за мощность в течение 15 лет[14].

Благодаря действующему механизму установленная мощность

11. ГОСТ Р 51594-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения.
12. Чубайс А. Б., Зубакин В. А., Копылов А. Е. Развитие возобновляемой энергетики в России: технологии и экономика. — М., 2020.
13. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (вместе с «Правилами определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии»).
14. С 2013 по 2020 год ежегодные конкурсные отборы проходили по правилам первой программы поддержки ВИЭ-генерации ДПМ ВИЭ 1.0 с плановым началом поставки мощности в 2014–2024 годах. В 2021 году Правительством РФ принято решение о продлении программы поддержки ВИЭ-генерации до 2035 года. Второй этап программы ДПМ ВИЭ 2.0 распространяется на инвестпроекты с плановой датой начала поставки мощности с 2025 года (для солнечных электростанций – с 2023 года).

Рис. 1. ДИНАМИКА ВВОДОВ И ПРОГНОЗ СОВОКУПНОГО ОБЪЕМА УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РАМКАХ ДПМ ВИЭ ДО 2035 ГОДА



Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»

СЭС в Единой энергетической системе России на сентябрь 2023 года составляет 1788 МВт, действуют 70 солнечных электростанций в 14 российских регионах. При этом с учетом всех прошедших на сегодняшний день конкурсных отборов ДПМ ВИЭ к 2029 году объем энергомощностей СЭС превысит 3650 МВт. А к 2035 году в соответствии с прогнозом дальнейших отборов по предельным показателям эффективности[15] совокупная установленная мощность СЭС может преодолеть планку в 4 ГВт **(Рис. 1)**.

Политика стимулирования локализации производства и импортозамещения помогла сформировать в России полноценный кластер энергетического машиностроения в отрасли ВИЭ. В секторе солнечной энергетики производственные проекты, а именно

15. Предельные показатели эффективности установлены распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р.

завод ООО «Хевел» и завод ООО «ХЕЛИОС-Ресурс», были запущены к моменту первых вводов объектов СЭС в рамках ДПМ ВИЭ.

В 2010 году была основана компания ООО «ХЕЛИОС-Ресурс», которая начала выпускать мультикристаллические кремниевые пластины на производственной площадке в г. Мытищи Московской области. Позже производство было расширено за счет завода в г. Саранске (Республика Мордовия).

В настоящее время на территории России производится высокотехнологичное оборудование, в том числе фотоэлектрические модули на заводе ООО «Хевел» в г. Новочебоксарске. Это предприятие является одним из немногих производителей в мире, освоивших промышленное производство гетероструктурных фотоэлектрических модулей. При их производстве применяется уникальная технология создания солнечных элементов на кристаллическом кремнии, разработанная Научно-техническим центром тонкопленочных технологий[16] ГК «Хевел», созданным при ранее упомянутом ФТИ им. А. Ф. Иоффе в г. Санкт-Петербурге. За разработку и промышленное освоение данной технологии в 2018 году специалистам ГК «Хевел» присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

В 2016 году на заводе ООО «Солар Кремниевые технологии» в г. Подольске Московской области организовано производство кремниевых пластин моно- и мультикристаллической структуры. Производственная площадка ООО «Солар Кремниевые технологии» находится на территории бывшего Подольского химико-металлургического завода (ПХМЗ), имеющего богатую историю работы в сфере кремниевых технологий, начавшуюся еще с 50-х годов прошлого столетия. В начале 2000-х годов ПХМЗ входил в тройку мировых лидеров по производству слитков монокристаллического кремния. Однако к 2014 году производственный персонал завода был распущен. Новая история завода ПХМЗ началась в 2016 году с приобретения площадки завода компанией ООО «Солар Кремниевые технологии»[17].

В 2020 году на территории Калининградской области создано ООО «ЭнКОР Групп» для реализации инвестиционного проекта по созданию современного инновационного промышленного комплекса серийного производства высокотехнологичной продукции для солнечной генерации: кремниевых пластин и фотоэлектрических преобразователей. Это позволит сформировать в России новый высокотехнологичный, экспортно ориентированный промышленный сектор производства российской продукции для строительства солнечных электростанций.

Стоит отметить, что ранее упомянутые предприятия АО «НПП «Квант», НПО «Сатурн» с развитой научной базой и многолетней историей все так же занимаются разработкой, из-

16. Научно-технический центр тонкопленочных технологий в энергетике (НТЦ) был открыт в 2012 году в Санкт-Петербурге. Основной целью создания НТЦ было проведение научно-исследовательских работ, направленных на повышение качества тонкопленочных солнечных модулей на основе аморфного и микрокристаллического кремния.

17. В 1980-е годы на ПХМЗ запущено крупнейшее в СССР производство поликристаллического кремния (300 т/год), начал работать цех роста слитков кремния мощностью 50 МВт/год. В 1990-е годы спрос на продукцию завода упал, и ПХМЗ начал искать новые рынки и перешел к изготовлению ФЭП. В 2001–2005 годах ПХМЗ переключается на зарубежных потребителей в Германии и Японии и выходит на позицию в тройке лидеров в мире по производству слитков монокристаллического кремния для солнечной энергетики. Однако в связи с кризисом в отрасли изготовление поликремния остановили в 2000-х годах, а кремниевых слитков и пластин — в 2012-м.



СЭС «Светлая» и СЭС «Луч-1» (стадия строительства)

готовлением и испытаниями солнечных элементов, включая ФЭП для специальных применений. ПАО «Сатурн» владеет собственной технологией производства кремниевых ФЭП монокристаллической структуры. На предприятии АО «НПП «Квант» изготавливаются фотоэлектрические модули на основе монокристаллического кремния и многокаскадных фотоэлектрических преобразователей с использованием сложных полупроводниковых материалов, гибких тонкопленочных солнечных батарей из аморфного кремния.

Помимо стимулирования инвестиций в развитие солнечной генерации на оптовом рынке электроэнергии и мощности по ДПМ ВИЭ, в России функционируют и другие меры регуляторной поддержки, включая отборы инвестиционных проектов на розничных рынках электроэнергии

Рис. 2. Распределение объектов СЭС по субъектам РФ



Источник: АРВЭ

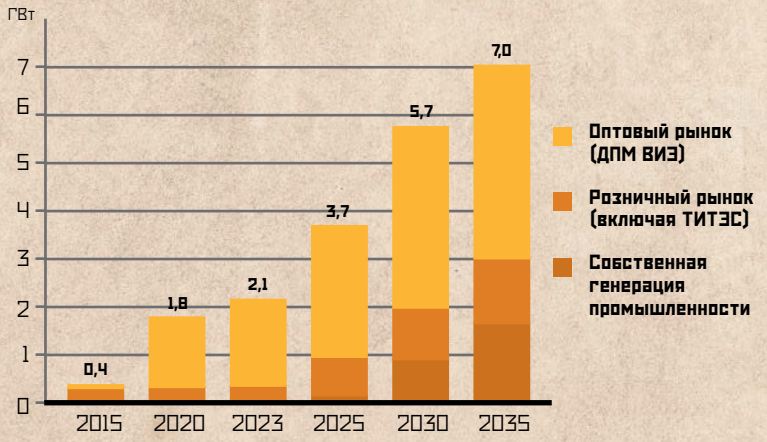
для дальнейшей приоритетной продажи возобновляемой энергии в целях компенсации потерь электросетевых компаний, а также механизм сальдирования выработки объектов микрогенерации и потребления энергии бытовыми и коммерческими потребителями в пределах 15 кВт. В технологически изолированных территориальных энергосистемах (ТИТЭС) действует механизм окупаемости инвестиций в случае замещения дорогостоящей топливной выработки в соответствии с энергосервисными контрактами.

Так, по итогам проведения ежегодных конкурсных отборов[18], организуемых органами власти субъектов Российской Федерации на розничных рынках, с 2017 по 2022 год отобрано около 490 МВт солнечной генерации, что составляет 80% от всех разыгранных энергомощностей ВИЭ в рамках розничных конкурсов.

Преимущества солнечных энергоустановок, связанные с отсутствием ограничений по объему минимальной мощности, размеще-

18. В рамках технологически нейтральных отборов конкурируют проекты на основе солнечной, ветровой генерации, малой гидрогенерации, биомассы, биогаза и свалочного газа.

РИС. 3. ПРОГНОЗНЫЙ ОБЪЕМ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ СЭС В РОССИИ ДО 2035 ГОДА, ГВТ



Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»

нию, обслуживанию, характерных для других объектов, также позволили занять солнечной генерации лидирующее положение и на рынке микрогенерации в России. В рамках действующего механизма сальдирования суммарная установленная мощность объектов микрогенерации с действующими договорами купли-продажи электроэнергии с гарантирующими поставщиками составляет около 2 МВт. При этом общие ежегодные объемы ввода солнечной микрогенерации (включая объекты, используемые потребителями для производства электроэнергии в целях удовлетворения собственных бытовых и производственных нужд без выдачи электроэнергии в сеть) в России составляли около 50 МВт в 2020–2021 годах и более 20 МВт в 2022 году.

В технологически удаленных и изолированных энергосистемах на сегодняшний день функционируют около 12 МВт объектов солнечной генерации, а также в 2023–2024 годах запланированы к реализации дополнительно 18 МВт СЭС.

Всего по состоянию на сентябрь 2023 года в России установленная мощность возобновляемой энергетики составляет 6,04 ГВт. На долю солнечных электростанций приходится 2,19 ГВт, или 36% от общей установленной мощности ВИЭ-генерации в стране. Текущее распределение солнечных энергомощностей по регионам России с дополнительным указанием выведенных из эксплуатации объектов СЭС в СССР, а также размещение действующих производственных объектов солнечной энергетики представлены на **Рис. 2**.

При выполнении всех запланированных целей совокупная мощность СЭС (с учетом проектов на оптовом и розничных рынках, а также в сегменте собственной генерации промышленности) к 2035 году составит ориентировочно 6–7 ГВт, что соответствует около 40% всех установленных мощностей ВИЭ-генерации к данному периоду **(Рис. 3)**.

Дальнейшему развитию сегмента солнечной энергетики в России также должны способствовать поставленные цели по декарбонизации экономики, согласно которым для достижения углеродной нейтральности к 2060 году[19] необходимо стремительное развитие ВИЭ-генерации, в котором солнечная генерация может также занять приоритетную роль.

19. Согласно Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года реализация целевого (интенсивного) сценария позволит Российской Федерации достичь баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением не позднее 2060 года.

КОММЕНТАРИИ ЭКСПЕРТОВ



СЕРГЕЙ МИРОНОСЕЦКИЙ,
генеральный директор ООО «Солар Системс»

Выбранная модель поддержки развития ВИЭ в Российской Федерации на ближайшие годы (ДПМ 2.0), а также на розничных рынках создает предпосылки для прихода инвесторов в регионы с максимальным уровнем инсоляции. Естественными ограничениями для размещения объектов солнечной энергетики в конкретном регионе являются отсутствие земельных участков или отсутствие возможности технологического присоединения к сетям. Это особенно актуально для регионов, в которых большие ресурсы не только по инсоляции, но и одновременно по ветру, тогда при избытке ВИЭ в регионе возникают предпосылки к ограничению выработки того или иного объекта. Преимущество за теми регионами, которые имеют большое количество ГЭС и локальный дефицит электроэнергии в районах, расположенных рядом с СЭС, – это позволяет оперативно регулировать энергосистему в моменты максимумов и минимумов выработки, а также способствует более качественному энергоснабжению, особенно в летние пики нагрузки.



ИГОРЬ ШАХРАЙ,
генеральный директор «Юнигрин Энерджи»

За 10 лет в России сформирована новая полноценная отрасль солнечной энергетики. Появились первые производственные комплексы, построено более 70 солнечных парков общей установленной мощностью около 1,8 ГВт, сформированы и обучены команды квалифицированных специалистов. Вместе с солнечной энергетикой развиваются наука, технологии, инжиниринг, сопутствующие отрасли. Мы постепенно углубляем локализацию и масштабируем производства. В настоящее время на территории России производятся фотоэлектрические преобразователи и солнечные модули, начался выпуск оборудования для фотовольтаики. В ближайшее время начнется выпуск кремниевых пластин, а также будет начато производство инверторов, трекерных систем и другого оборудования для солнечных электростанций. Мы не только наращиваем объемы производства, но и углубляем локализацию и осваиваем новые технологические переделы. Это путь непростой и не очень быстрый, но очень важный и необходимый в современных условиях.

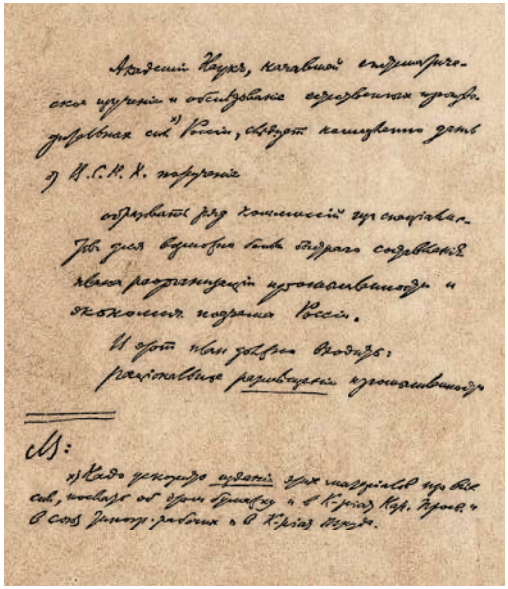
А НУ-КА, ПЕСНЮ НАМ ПРОПОЙ, ВЕСЕЛЫЙ ВЕТЕР!



Fine Art/FOTODOM

Энергия ветра приносит пользу человеку с древнейших времен. Первые ветряные мельницы появились на Руси еще в Раннем Средневековье. А к 1917 году в России насчитывалось порядка 250 тыс. ветряков. Их, конечно, применяли для производства муки, а не электричества, но идея использовать лопасти для генерации электроэнергии постепенно вызревала у отечественных инженеров. Академический подход к вопросам использования ВИЭ был реализован Императорской Академией наук в 1916 году с созданием Комиссии по развитию производительных сил (КЕСП)[20, 21]. Впрочем, о перспективах ветроэнергетики задумывались не только в научных кругах[22]. Еще в 1918 году В. И. Ленин призвал применять ветряные двигатели для экономического подъема молодой Советской России[23]. В известной работе «Набросок плана научно-технических работ» В. И. Ленин изложил перечень прорывных научных проектов, среди которых были «Электрификация промышленности и транспорта и применение

20. Бутузов В. А., Безруких П. П., Елистратов В. В. Возобновляемая энергетика в России. С первых шагов до наших дней.
21. КЕСП издавала сборники трудов, в том числе в 1919 году том I «Ветер как двигательная сила».
22. Безруких П. П., Безруких П. П. (мл.), Грибков С. В. Ветроэнергетика: Справочно-методическое издание. – М., 2014.
23. Дегтярев К. С., Залиханов А. М., Соловьев А. А. и др. План ГОЭЛРО и возобновляемые источники энергии // Энергетическая политика. – 2016. – № 3. – С. 55–65.



«Академии наук, начавшей систематическое изучение и обследование естественных производительных сил России, следует немедленно дать от Высшего совета народного хозяйства поручение образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России.

В этот план должно входить:

<…>

Обращение особого внимания на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию. Использование непервоклассных сортов топлива (торф, уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего.

Водные силы и ветряные двигатели вообще и в применении к земледелию».

(Ленин В. И. Полное собрание сочинений: в 55 т. – Т. 36. – С. 228)

электричества к земледелию», «Водные силы и ветряные двигатели вообще и в применении к земледелию» и др.

С 1914 года основоположник современной аэродинамики Н. Е. Жуковский разрабатывал аэродинамические принципы ветроэнергетики. В 1920 году им был организован Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), имевший в своем составе отдел ветряных двигателей. Тогда же началось создание первой отечественной ветроэнергетической установки (ВЭУ). Разработкой занималась группа учеников Н. Е. Жуковского[24]. Через 10 лет один из них, профессор В. П. Ветчинкин, совместно с изобретателем А. Г. Уфимцевым подготовил проект ветроэлектростанции (ВЭС) мощностью до 8 кВт. Трехлопастная ветроустановка высотой 42 м была построена в Курске в 1930 году и стала не только первой ласточкой для российской ветрогенерации, но и первой в мире ВЭС с накопителем энергии (инерционным аккумулятором)[25].

Приглашенный в город в 1928 году А. М. Горький[26] сказал курянам: «Дряхл стал Курск. Но над всей этой дряхлостью и над всеми колокольнями двух десятков церквей возвышается железная ажурная башня. Это Уфимцев строит ветродвигатель. Среди покрившихся особнячков, в которых люди прятались от жизни, растет ветроэлектростанция.

24. Безруких П. П., Безруких П. П. (мл.), Грибков С. В. Ветроэнергетика…

25. Шефтер Я. И. Ветроэлектрическая станция // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. – М., 1969–1978.

26. Степанов В. Дом изобретателя А. Г. Уфимцева // Путеводитель по исторической части г. Курска: Ч. 1. — Курск, 2002.





г. Курск, ВЭС во дворе дома А. Г. Уфимцева

Это то важное, новое, что входит в жизнь Курска и вонзившись железным каркасом в небо, обещает дать энергию – электричество...»

Выступая на V съезде Советов 23 мая 1929 года, Г. М. Кржижановский упомянул потенциал ветроэнергетики: «Пару слов еще об одном источнике энергии, который мы не должны упускать из виду и который в будущем будет играть колоссальнейшую роль, – это энергия ветра... Грубые прикидки наших ученых говорят, что мы можем с поверхности европейской части СССР получить в течение года 3000 млрд кВт·ч энергии, то есть мощность, превосходящую все мыслимые мировые потребности в ней. Предстоит вплотную подойти к этому великому источнику, и пятилетка ВСНХ правильно намечает поднять установленную мощность ветродвигателей до 500 тыс. л. с. Мы должны ветровыми двигателями более совершенной конструкции заменить старые ветряки в деревне, которые, как они ни были плохи, давали общую мощность до 800 тыс. л. с. Эти ветряки могут быть и пионерами сельской электрификации... А со временем мы их включим в сеть электропередач, и они заживут новой жизнью»[27].

К началу 1930-х годов энергию ветра в Советском Союзе уважительно называли голубым углем[28], и ее огромный потенциал стал очевиден всем. Так, в 1932 году Всесоюзная конференция по генплану электрификации подсчитала, что энергия ветра в 5,9 раза превосходит общее количество всех учтенных в СССР энергетических ресурсов. Неудивительно, что появлялись и грандиозные по меркам тех лет проекты. Например, в советской научно-популярной публицистике высказывались идеи о сооружении ВЭУ высотой 200 м, вокруг

27. Дегтярев К. С., Залиханов А. М., Соловьев А. А. и др. План ГОЭЛРО и возобновляемые источники энергии // Энергетическая политика. — 2016. — № 3. — С. 55–65.

28. Толковый словарь русского языка под редакцией Д. Н. Ушакова: в 4 т. Т. 4 — М.: Гос. изд-во иностр. и нац. слов, 1940.

башни которой по спирали будет проложена автодорога для обслуживания ветрогенератора[29]. И это были отнюдь не фантастические планы. Так, когда в 1932 году был объявлен конкурс на строительство мультимегаваттной ВЭС на Ай-Петринской Яйле в Крыму, предлагались проекты, где высота башен ВЭУ составляла свыше 150 м. Впрочем, к развитию ветрогенерации относились скептически, ведь, как писал один советский публицист в 1933 году, в случае сооружения крупных ВЭС «некуда было бы девать вырабатываемую энергию, так как старые паровые станции работают с недогрузкой»[30].

Тем не менее мощность советских ветроэлектростанций росла. В 1931 году в Балаклаве была построена первая в нашей стране сетевая ВЭС уже на 100 кВт, также в Крыму на Ай-Петринской Яйле (холме Бедене-Кыр) предполагали построить самую мощную ВЭС в мире – первый отечественный ветропарк мощностью 10 000 кВт. Строители заложили фундамент под вышку для строительства ВЭС, однако после смерти С. Орджоникидзе, одного из инициаторов ее сооружения, строительные работы были прекращены.

СССР, будучи одним из пионеров ветроэнергетики, по праву занимал место среди самых передовых держав по развитию этого сегмента возобновляемой энергетики. С учетом малых ВЭУ, использовавшихся прежде всего в сельском хозяйстве, совокупная мощность более 100 тыс. советских ветроустановок в 1930-е годы составляла порядка 515 МВт[31], в том числе десятки ВЭУ единичной мощностью 20–30 кВт, работавшие в Арктике. Однако дальнейшим планам развития сектора помешала Великая Отечественная война.

После войны ветрогенерация сыграла заметную роль в восстановлении промышленности и экономики нашей страны. В 1940–1980-е годы выпускались преимущественно малые ВЭУ мощностью от 0,7 до 11 кВт. Большинство ветродвигателей применялись для собственных нужд предприятий, в частности для механизации подъема воды в колхозах и совхозах по всему Советскому Союзу. Число эксплуатируемых ВЭУ (без учета самодельных) в СССР достигало 8–9 тыс.

С началом перестройки советское правительство предприняло попытку масштабировать ветроэнергетику на уровне союзной энергосистемы. В 1987 году было принято Постановление Совета Министров СССР № 1052 «Об ускоренном развитии ветроэнергетической техники в 1989–1995 годах», в рамках реализации которого была спроектирована ВЭУ мощностью 1 МВт, а также разработан проект Калмыцкой ВЭС мощностью 22 МВт. К сожалению, сначала недофинансирование, а затем и распад Советского Союза не позволили довести эти планы до конца[32].

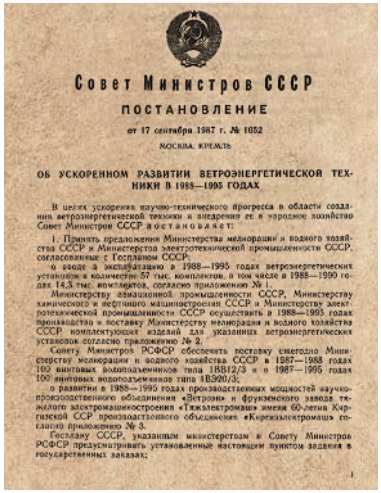
К началу XXI века в ветроэнергетической отрасли отсутствовали разработки, способные к масштабированию, не было серийного производства ветроустановок и компетенций по строительству и эксплуатации ветропарков. Отдельные предприятия в рамках НИОКР производили единичные ВЭУ класса 5–30 кВт. Крупнейшая ВЭУ мощностью 250 кВт производства Тюльганского завода (г. Оренбург) установлена в 2012 году

29. Дюшен Б. Ветер – вода – солнце // Техника молодежи. — 1933. — № 5. — С. 61–67.

30. Там же. — С. 62.

31. Бутузов В. А., Безруких П. П., Грибков С. В. Сто лет развития ветроэнергетики в России. Ч. 1 // Окружающая среда и энерговедение. – 2021. – №3. – С. 8–24.

32. Безруких П. П., Безруких П. П. (мл.), Грибков С. В. Ветроэнергетика...



Совет Министров СССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 17 сентября 1987 г. № 1052

МОСКВА, КРЕМЛЬ

ОБ УСКОРЕННОМ РАЗВИТИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ В 1988—1995 ГОДАХ

В целях ускорения научно-технического прогресса в области создания ветроэнергетической техники и внедрения ее в народное хозяйство Совет Министров СССР п о с т а н о в л я е т:

1. Принять предложения Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР и Министерства электротехнической промышленности СССР, согласованные с Госпланом СССР:

о вводе в эксплуатацию в 1988—1995 годах ветроэнергетических установок в количестве 57 тыс. комплектов, в том числе в 1988—1990 годах 14,5 тыс. комплектов, согласно приложению № 1;

Министерству электротехнической промышленности СССР, Министерству химического и нефтяного машиностроения СССР и Министерству электротехнической промышленности СССР осуществить в 1988—1995 годах производство и поставку Министерству мелиорации и водного хозяйства СССР комплектующих изделий для указанных ветроэнергетических установок согласно приложению № 2.

Совету Министров РСФСР обеспечить поставку сверх плана Министерству мелиорации и водного хозяйства СССР в 1987—1988 годах 100 винтовых водоподъемников типа 18В12/3 и в 1987—1995 годах 100 винтовых водоподъемников типа 1В300/3;

о развитии в 1988—1995 годах производственных мощностей научно-производственного объединения «Ветроэн» и фрунзенского завода тяжелого электромашиностроения «Тяжэлектромаш» имени 60-летия Киргизской ССР производственного объединения «Киргизэлектромаш» согласно приложению № 3.

Госплану СССР, указанным министерствам и Совету Министров РСФСР предусматривать установленные настоящим пунктом задания в государственных заказах;

Постановление Совета Министров СССР № 1052 «Об ускоренном развитии ветроэнергетической техники в 1989–1995 годах»

для энергообеспечения удаленных территорий в Лабытнанги (Ямало-Ненецкий автономный округ). Проект конструкторского бюро «Радуга» и Тушинского машиностроительного завода по разработке отечественной турбины мегаваттного класса (более 1 МВт) был приостановлен по причине невостребованности в отрасли. Впрочем, проект Калмыцкой ВЭС отчасти все же был реализован. В 2009 году по заказу ОАО РАО «ЕЭС России» организацией МКБ «Радуга» были спроектированы и изготовлены ветроэнергетические установки мощностью 1 МВт, одна из которых в дальнейшем стала частью Калмыцкой ВЭС, расположенной неподалеку от г. Элисты. Однако проработала она недолго и вскоре была демонтирована. Затяжная пауза в развитии отечественной ветроэнергетики длилась вплоть до 2017 года, когда уже в рамках принятой в 2013 году Правительством РФ программы поддержки ВИЭ был реализован первый проект строительства ветропарка в Ульяновской области мощностью 35 МВт, правда, основное генерирующее оборудование было использовано по большей части зарубежное.

В период 2001–2017 годов вне механизма поддержки ДПМ ВИЭ введены в эксплуатацию более 100 МВт ветровых энергомощностей. Более 80% данной мощности – 88,6 МВт – представлены семью ветроэлектростанциями в Крыму, введенными в 2006–2013 годах. Около 7 МВт – это небольшие ветроустановки в составе автономных гибридных комплексов, установленных в изолированных энергорайонах, в том числе 5,0 МВт в Камчатском крае (ветродизельный комплекс в с. Никольском, ВЭС-23 в п. Усть-Камчатск, ВЭС в п. Октябрьском), 0.9 МВт в Сахалинской области (ВДЭС «Новиковская» и «Головнино»), 0,04 МВт в Якутии (ВЭУ на ДЭС Быков Мыс) и др. В 2019 году в Якутии также была введена ВЭС «Тикси» 0,9 МВт. Среди остальных объектов можно отметить, например,



ВЭУ в г. Лабытнанги

33. В 2018 году вместо демонтированной Зеленоградской ВЭС в п. Куликово введена в эксплуатацию Ушаковская ВЭС в п. Ушаково аналогичной суммарной мощности.



ВЭУ в п. Никольском



ВЭС в Усть-Камчатске

Зеленоградскую ВЭС 5,1 МВт в Калининградской области[33], долгое время являвшуюся крупнейшей ВЭС в России, а также Анадырскую ВЭС 2,5 МВт в Чукотском АО, до сих пор находящуюся в эксплуатации и модернизированную в 2022 году. Оба объекта были построены в 2002 году.

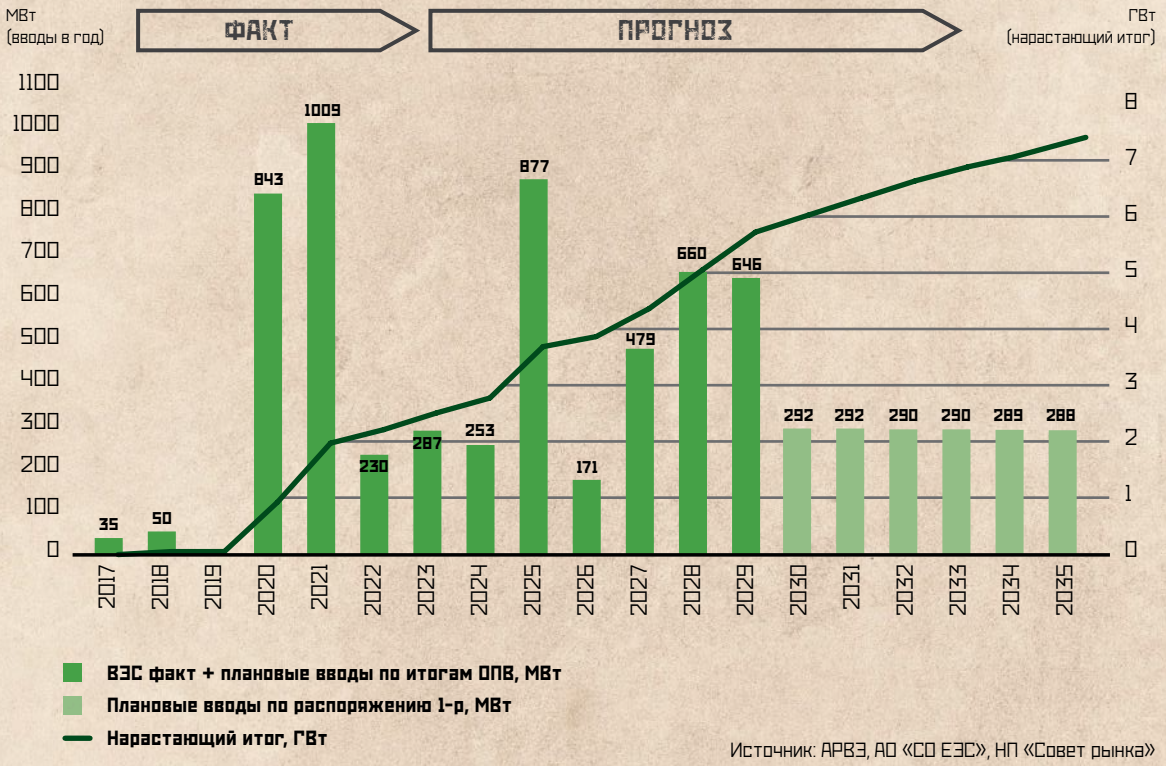
Все же основной вклад в развитие современной масштабной ветроэнергетики внесла программа поддержки ДПМ ВИЭ. После ввода первого объекта в 2017 году последовало значительное повышение темпов строительства ВЭС: в 2021 году сектор продемонстрировал самые высокие результаты, обеспечив 1009 МВт новых генерирующих мощностей. Всего по состоянию на сентябрь 2023 года в рамках механизма поддержки ДПМ ВИЭ введены в эксплуатацию 25 ветроэлектростанций в восьми регионах РФ совокупной установленной мощностью 2360 МВт. Мощность крупнейшей в России ветроэлектростанции – Кочубеевской ВЭС в Ставропольском крае – составляет 210 МВт.

По итогам прошедших конкурсных отборов ДПМ ВИЭ (с 2013 по 2023 год) к 2030 году объем установленной мощности ветрогенерации составит около 5540 МВт, а в 2035 году ожидается, что энергомощности ВЭС совокупно составят не менее 7,3 ГВт[34] **(Рис. 4)**.

Для того чтобы все проекты ВЭС в рамках ДПМ ВИЭ на оптовом рынке были реализованы и соответствовали установленным требованиям по локализации, понадобилось создать новый отечественный промышленный кластер в сегменте ветрогенерации РФ. Для реализации программы локализации оборудования российские инвесторы в проекты ВЭС выбрали иностранных технологических партнеров (вендоров) и переняли их производственные процессы. Благодаря этому

34. В случае дальнейших отборов по предельным показателям эффективности, установленных распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р.

Рис. 4. ДИНАМИКА ВВОДОВ И ПРОГНОЗ СОВОКУПНОГО ОБЪЕМА УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РАМКАХ ДПМ ВИЭ ДО 2035 ГОДА



Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»

в 2018 году появилась первая линия по производству гондол ВЭУ в г. Дзержинске Нижегородской области, были открыты заводы по производству композитных лопастей в г. Ульяновске[35] и по производству башен в г. Таганроге[36]. К настоящему моменту в России работает ряд производств по выпуску важнейших компонентов для проектов ВЭС: на предприятиях в периметре АО «НоваВинд» (ветроэнергетический дивизион ГК «Росатом») производят гене-

35. На заводе ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» (Vestas) было создано и освоено производство не имеющих аналогов в Российской Федерации лопастей ветроэнергетической установки в г. Ульяновске. В 2022 году компания Vestas покинула российский рынок, и производство лопастей остановлено.

36. С 2018 года на заводе в г. Таганроге компанией ООО «Башни ВРС» (в наст. время – «Виндар Северсталь») ведется производство башен для ветроустановок (производственная мощность – до 150 башен в год).

Рис. 5. Распределение объектов ВЭС по субъектам РФ



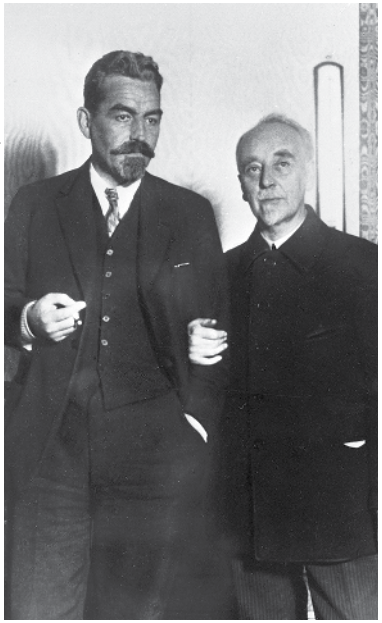
Источник: АРВЭ

раторы, гондолы, ступицы, башни, системы управления ВЭУ.

На территории Ростовской области расположен комплексный кластер по производству оборудования для ветроэлектростанций (г. Волгодонск) компании АО «НоваВинд»: в 2020 году создано серийное производство гондол и генераторов безредукторной ВЭУ 2,5 МВт. Мощность производственного предприятия составляет 300–400 МВт в год (120 комплектов в год). В цепочке поставок участвует более 70 отечественных поставщиков. В этом же городе на заводе ООО «ВетроСтройДеталь» (технологический партнер АО «НоваВинд»), введенном в эксплуатацию в 2019 году, ведется производство модульных стальных башен для ВЭУ (120 башен в год).

В 2023 году ГК «Росатом» объявила о намерении наладить производство лопастей для собственных ВЭС. Завод разместят в Ульяновске, что позволит восстановить утраченные с уходом датской Vestas промышленные компетенции по производству композитных лопастей. Кроме того, на базе АО «НоваВинд» ведется разработка программно-аппаратного комплекса

Макс Альперт/РИА Новости



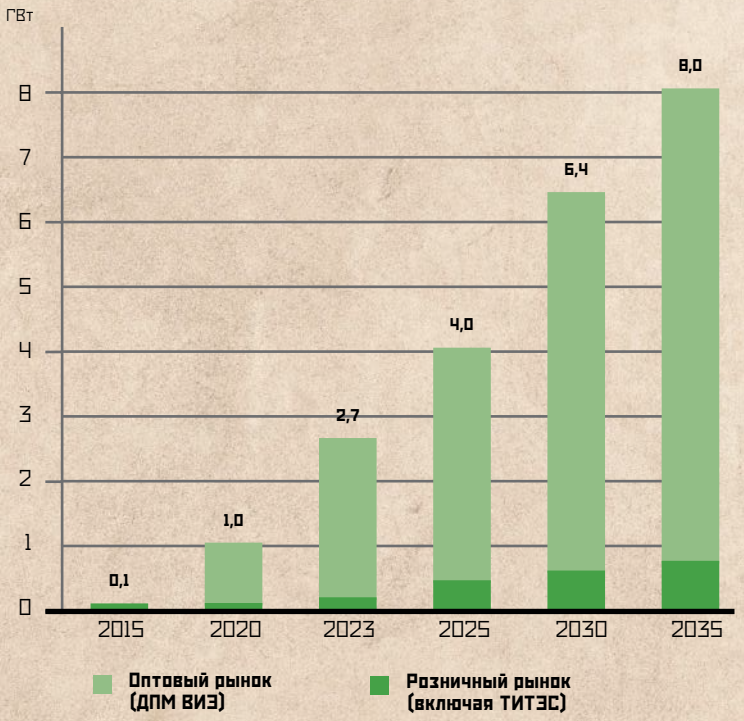
Ученые-энергетики Глеб Кржижановский и Александр Винтер, 1927 год

по управлению ветроэнергетической установкой (АСУ ТП ВЭУ).

К 2025 году в секторе российского энергомашиностроения для ветроэнергетики будут освоены все основные компоненты ветроэнергетической установки. Дальнейшей задачей станет последовательное углубление локализации с освоением производства субэлементов и материалов.

Всего по состоянию на сентябрь 2023 года в России совокупная установленная мощность ветроэлектростанций составляет 2,47 ГВт, что соответствует 41% в общем объеме установленной мощности ВИЭ-генерации в стране. Распределение установленных ветровых энергомощностей по субъектам РФ, а также размещение действующих производственных объектов ветроэнергетики представлены на **Рис. 5**.

Рис. 6. ПРОГНОЗНЫЙ ОБЪЕМ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ВЭС В РОССИИ ДО 2035 ГОДА, ГВТ



Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»

При дальнейшем развитии проектов ветрогенерации не только на оптовом рынке в рамках ДПМ ВИЭ, но и на розничных рынках (включая размещение ветроустановок в изолированных энергорайонах) суммарная установленная мощность проектов ВЭС в 2035 году может достигнуть 8,0 ГВт **(Рис. 6)**.



ГРИГОРИЙ НАЗАРОВ,
генеральный директор АО «НоваВинд» (Госкорпорация «Росатом»)

Ветроэнергетика – одна из перспективных отраслей в нашей стране, и для «Росатома» – технологического лидера в области безуглеродной генерации – развитие ветроэнергетики является важным элементом «зеленого» портфеля.

Программы поддержки ВИЭ в России всегда были ориентированы на локализацию промышленных технологий. На сегодняшний день в России уже создан технологический задел для развития ВИЭ. Далее необходимо запустить новый инвестиционный цикл для формирования полных технологических цепочек по производству генерирующего оборудования и для углубления промышленных компетенций в секторе ВИЭ в России.

Уверен, что благодаря этому к 2035 году в России будет сформирована инновационная наукоемкая отрасль возобновляемой энергетики, обладающая значительными мультипликативными эффектами для экономики страны и высоким экспортным потенциалом оборудования и услуг.



ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВ,
д. т. н., член-корреспондент РИА, директор АНО «НИЦ «АТМОГРАФ»

Оценивая современное состояние ветроэнергетики в России, отмечу, что малые автономные ВЭС с аккумуляторами их энергии – то, что надо для страны в первую очередь!

Если говорить о сетевых ВЭС, считаю перспективным их установку вдоль Западно-Сибирской магистрали для снабжения Нового шелкового пути в Южной Сибири и в Северном Казахстане, на территории Сахалинской, Магаданской и Камчатской областей. ВЭС в изолированных системах в высшей степени эффективны при условиях их северного исполнения, комплектования системами аккумулирования энергии большой (в ГВт·ч) емкости и установки в регионах с высоким ветропотенциалом.

А вот строительство офшорных ВЭС (дорогой класс ветроэнергетики) в нынешних экономических условиях в ближайший десяток лет считаю непозволительной роскошью. При этом российские ветроресурсы хороши для строительства офшорных ВЭС на шельфах Балтийского, Каспийского, Азовского морей, а также Сахалина и Южных Курил с учетом перспектив экспорта выработанной ими энергии в Китай, Японию, Корею.

МОГУЧУЮ ЭНЕРГИЮ РЕК — НАРОДНОМУ ХОЗЯЙСТВУ!



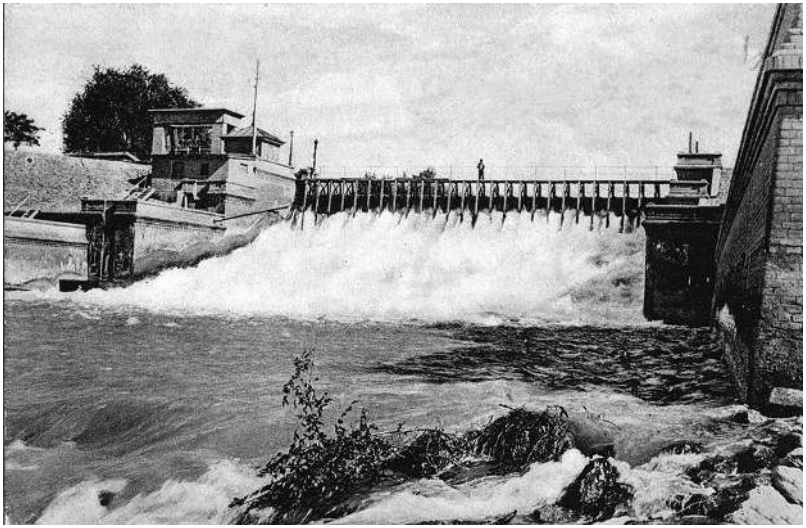
Fine Art/FOTODOM

Первые попытки приручить механическую энергию рек и озер известны с библейских времен. Так, почти 5 тыс. лет назад на территории современного Ближнего Востока уже строили плотины и дамбы[37]. Что же касается получения электрической энергии из водного потока, то первые шаги в этом направлении были сделаны в конце XIX века. Именно тогда в мире появляются гидроэлектростанции (ГЭС), которые по современной классификации можно смело отнести к малым гидроэлектростанциям (МГЭС). Россия не отставала от глобального тренда: еще в 1892 году была введена в эксплуатацию первая отечественная ГЭС мощностью всего 200 кВт (Зыряновская ГЭС на реке Березовке на территории Алтая). Она представляла собой обычную избу, в которой располагался полноценный машинный зал с четырьмя деревянными колесами, соединенными с генераторами, и деревянную плотину. В 1896 году также заработали ГЭС на р. Ныгри в Иркутской области мощностью 98 кВт и на р. Охте в Санкт-Петербурге мощностью 295 кВт для электроснабжения Охтенского порохового завода[38, 39]. Первой промышленной

37. Учебно-производственный информационный центр Гидроэнергетики. Первые гидротехнические сооружения. Плотины.

гидроэлектростанцией России стала ГЭС «Белый уголь» установленной мощностью около 700 кВт, построенная в 1903 году в г. Ессентуки Ставропольской губернии и снабжавшая электроэнергией четыре города. Впервые осуществленный принцип параллельной работы этой ГЭС с дизельной электростанцией впоследствии был использован при подготовке плана ГОЭЛРО и формировании Единой энергетической системы СССР. Также уже в 1907 году в Санкт-Петербургском электротехническом институте началась подготовка инженеров по специальности «строительство ГЭС»[40].

К 1917 году в Ленском золотопромышленном районе был создан первый в стране каскад из шести ГЭС общей мощностью 2,6 МВт. Всего в дореволюционной России совокупная мощность ГЭС составляла около 16 МВт, при этом только две гидроэлектростанции были мощнее мегаватта – Алавердинская на реке Дебед



Гиндукушская ГЭС (открытка начала XX века)

(1,1 МВт) и Гиндукушская на реке Мургаб (1,3 МВт).

Дальнейшие потрясения не остановили развитие гидроэнергетики. Наоборот, для восстановления экономики Советской России потребовался «белый уголь», как тогда уважительно называли энергию воды. За 1919 год было введено 1,6 МВт гидроэнергетических мощностей, а утвержденный в следующем году план ГОЭЛРО предусматривал, помимо гигантской ДнепроГЭС, строительство малых гидроэлектростанций в их современном понимании[41, 42]. Среди них, например, были «первенец ГОЭЛРО» – Волховская ГЭС (56 МВт), Гизельдонская ГЭС (22 МВт) в Осетии и Иваньковская ГЭС (28,8 МВт) на Волге. Как отмечал В. И. Ленин на IX съезде Советов, благодаря малым ГЭС «были созданы в деревне цен-

38. Учебно-производственный информационный центр Гидроэнергетики. Первые гидроэлектростанции.
39. Симонов Н. С. Развитие электроэнергетики Российской империи: предыстория ГОЭЛРО. — М., 2016.
40. Бутузов В. А., Безруких П. П., Елистратов В. В. Возобновляемая энергетика в России. С первых шагов до наших дней.
41. Михайлов Л. П. Малая гидроэнергетика. — М., 1989.
42. На сегодняшний день под малыми ГЭС понимаются гидроэлектростанции, установленная мощность которых находится в диапазоне от 100 до 50 000 кВт (или до 50 МВт). В СССР малыми считались ГЭС мощностью от 0,1 до 30 МВт, при этом было введено ограничение по диаметру рабочего колеса гидротурбины до 3 м и по мощности одного гидроагрегата до 10 МВт.



Машинный зал Гиндукушской ГЭС



Fine Art/FOTODOM



Церемония торжественного открытия Волховской ГЭС, 1926 год
Источник: ПАО «ТГК-1»

тры современной, новой крупной промышленности», и уже к началу первой пятилетки малая гидроэнергетика обеспечивала свыше четверти (26%) выработки электроэнергии всех сельских электростанций[43].

В следующем десятилетии строительство малых ГЭС обрело поистине массовый размах. За восемь лет (с 1932 по 1940 год) их количество увеличилось в 4,5 раза (!) – с 207 до 943 энергообъектов, а годовая выработка возросла более чем вдвое – с 20 до 49 млн кВт·ч[44, 45]. Живым памятником гидроэнергетического бума тех лет стал введенный в 1937 году каскад из семи МГЭС на Канале им. Москвы, которые

43. Михайлов Л. П. Малая гидроэнергетика. — М., 1989.
44. Там же.
45. Чубайс А. Б., Зубакин В. А., Копылов А. Е. Развитие возобновляемой энергетики в России: технологии и экономика. — М., 2020.

до сих пор снабжают электроэнергией многие подмосковные предприятия. В годы Великой Отечественной войны, и особенно в тяжелейшие месяцы битвы за Москву, сотрудники этих МГЭС являли пример подлинного героизма, снабжая столицу столь драгоценной энергией, а порой и непосредственно останавливая немецкие войска. Так, в конце ноября 1941 года, когда противник начал форсировать замерзшее Иваньковское водохранилище, работники гидроэлектростанции в сложных зимних условиях произвели интенсивный сброс воды. Лед стал оседать и ломаться, что заставило немцев отказаться от переправы и замедлило их наступление[46].

После войны на малую гидроэнергетику вновь легла задача по восстановлению советской экономики. Развитию сектора в послевоенные годы содействовали научно-исследовательские, проектно-конструкторские и учебные институты. Так, в целях удовлетворения потребности в инженерных кадрах в 1945 году в Московском энергетическом институте кафедра «Гидроэлектростанции», основанная в 1935 году, была преобразована в первый в СССР гидроэнергетический факультет. В этом же году Всесоюзным институтом гидромашин (ВИГМ) проведены исследования и разработана номенклатура гидротурбин для малых ГЭС. Заводы «Уралгидромаш» (Свердловская область) и Щелковский (в Подмосковье) начали освоение производства оборудования для МГЭС, в том числе с использованием вывезенных из Германии трофейных гидроагрегатов. Только за 1945 год в СССР было построено более



Аэрофотосъемка Иваньковской ГЭС, сделанная отделом фоторазведки люфтваффе (1941 год)

46. Дворецкая М. И., Жданова А. П., Лушников О. Г. и др. Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России. Справочник. — СПб., 2018.

600 объектов малой гидрогенерации. К 1952 году в эксплуатации находились до 7 тыс. малых ГЭС суммарной мощностью 243 МВт, а темпы их строительства достигали 1500 в год. На селе удельный вес малых гидроэлектростанций в структуре мощности составлял почти 40%. В 1953 году две трети электроэнергии, отпускаемой сельскому хозяйству, давали собственные электростанции небольшой мощности. После 1953 года сельских потребителей стали присоединять к государственным энергосистемам, и многие колхозы и совхозы стали отказываться от использования МГЭС, в том числе из-за высоких эксплуатационных расходов. По данным ЦСУ СССР, за период 1952–1982 годов число малых гидроэлектростанций сократилось с 6614 до всего 70! (по иным оценкам – до 350)[47, 48].

В конце XX века отношение к малой гидроэнергетике несколько изменилось. Перестройка экономики, перебои в энергоснабжении, рост цен на топливо и электричество простимулировали новый виток развития малой гидроэнергетики в России. В период 1980–2010 годов в стране было построено 60 малых и микроГЭС (250 МВт). После 2010-го и до 2020 года были построены и введены в эксплуатацию еще 16 малых ГЭС общей мощностью 85 МВт.



Shutterstock/FOTODOM

Угличская ГЭС

В настоящее время малая гидроэнергетика как один из значимых сегментов ВИЭ-генерации продолжает быть неотъемлемой частью энергетической системы России. Современное развитие данного направления в нашей стране связано с механизмом поддержки ВИЭ-генерации на оптовом рынке с использованием договоров о предоставлении мощности (ДПМ ВИЭ). При этом, несмотря на принятые Правительством РФ решения по мерам поддержки ВИЭ, в том числе поддержки строительства МГЭС, темпы развития малой гидроэнергетики отстают от солнечной и ветровой генерации. В рамках указанной программы поддержки в 2020–2023 годах введены в эксплуатацию и начали поставку мощности пять малых гидроэлектростанций совокупной установленной мощностью 70,7 МВт в трех регионах Северо-Кавказского федерального округа, где существуют потребности в надежном энергоснабжении и значительный неиспользуемый гидропотенциал[49].

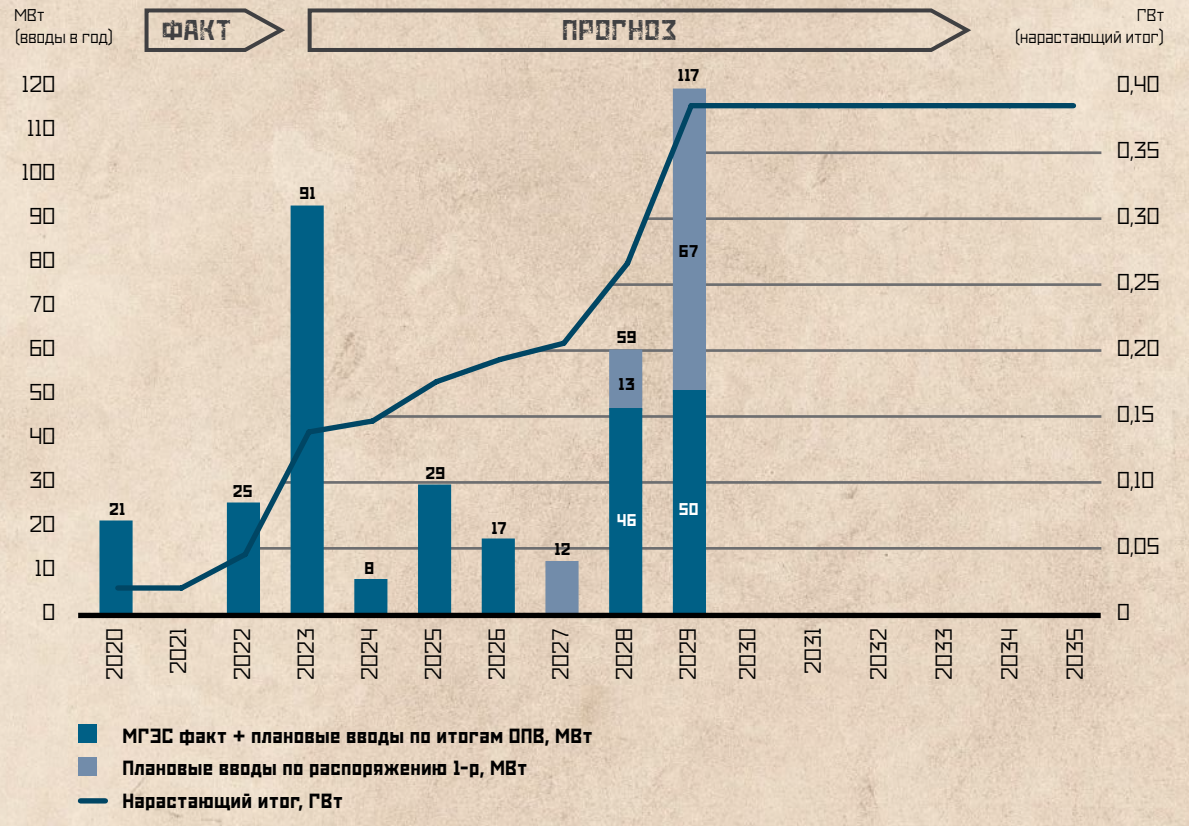
По итогам прошедших конкурсных отборов объем со-

47. Михайлов Л. П. Малая гидроэнергетика. — М., 1989.

48. Алхасов А. Б. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие. — М., 2016.

49. Ввод первых трех малых гидроэлектростанций, функционирующих в рамках механизма ДПМ ВИЭ, состоялся в 2020 году. Следующий запуск объектов пришелся уже на декабрь 2022 года, когда на реке Кубани в Карачаево-Черкесской Республике состоялся ввод первой станции комплекса Красногорских малых ГЭС – Правокубанской ГЭС (Красногорской МГЭС-2), после чего в апреле 2023 года запуск комплекса был завершен вводом Красногорской МГЭС-1.

Рис. 7. ДИНАМИКА ВВОДОВ И ПРОГНОЗ СОВОКУПНОГО ОБЪЕМА УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РАМКАХ ДПМ ВИЭ ДО 2035 ГОДА

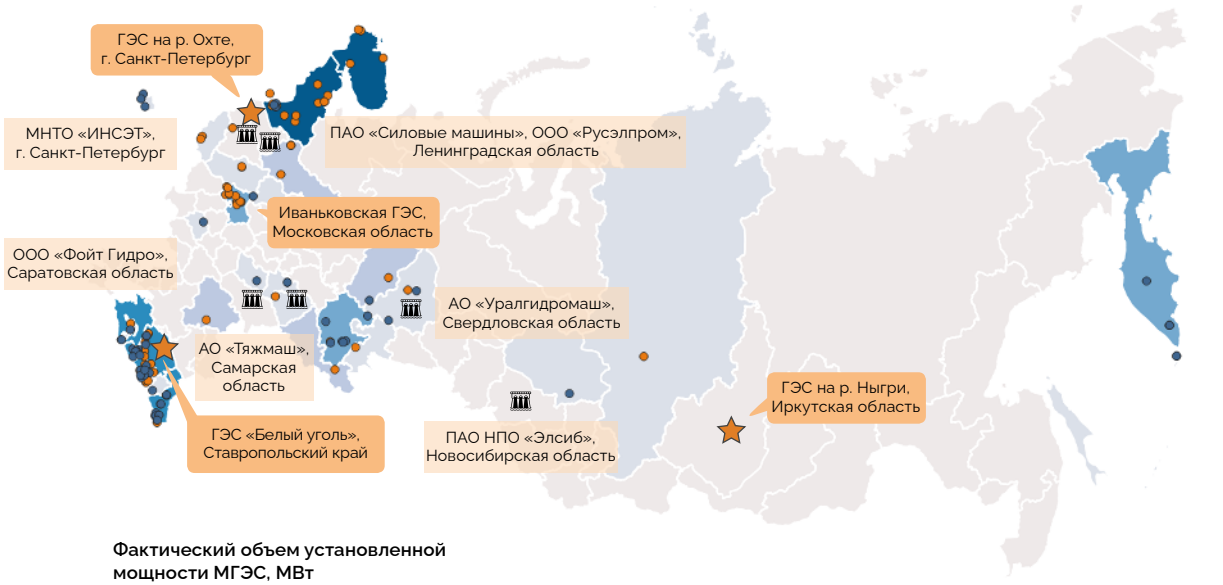


Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»

вокупной установленной мощности МГЭС, построенных по программе ДПМ ВИЭ, к 2030 году должен составить 286 МВт. Новые малые гидроэлектростанции построят в Мурманской области, Республике Карелии, Ставропольском крае, Республике Дагестан, Кабардино-Балкарской и Чеченской республиках. К 2035 году в случае отборов дополнительных проектов в рамках ДПМ ВИЭ мощность малых ГЭС может достичь уровня примерно 380 МВт **(Рис. 7)**.

На территории России производство оборудования для объектов малых гидроэлектростанций осуществляется прежде всего на предприятиях традиционных производителей гидроагрегатов и тяжелой промышленности, где выпускают гидросиловое обору-

Рис. 8. Распределение объектов малых ГЭС по субъектам РФ

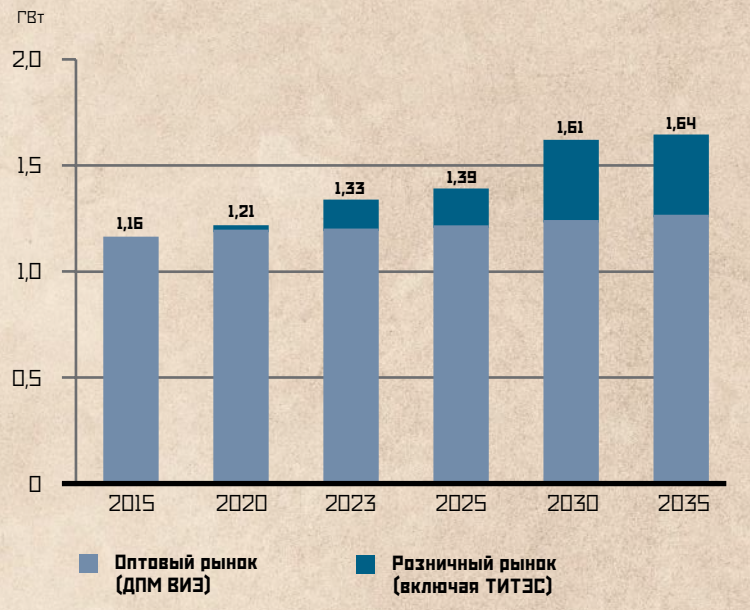


Источник: АРВЭ

дование, гидрогенераторы, микрогидроэлектростанции и пр. Основное оборудование производится в АО «Силовые машины», ГК «ТЯЖМАШ», ПАО НПО «ЭЛСИБ», ООО «Электротяжмаш-Привод», ООО «Русэлпром», АО «Уралгидромаш», а также на заводе ООО «Фойт Гидро», открытом в 2019 году в Саратовской области. Несмотря на тяжелый для отечественной гидроэнергетики период конца прошлого века, сектору удалось сохранить отечественную школу гидротехников, проектировщиков и гидростроителей, а также потенциал энергомашиностроительного комплекса. Компаниями разработан широкий спектр современных гидроагрегатов с различными типами рабочих колес, обладающих повышенным КПД в широком диапазоне рабочих напоров и расходов воды.

При этом строительство новых малых ГЭС (установленной мощностью до 50 МВт) проводится не только в рамках ДПМ ВИЭ, на сегодняшний день также действуют 12 МВт МГЭС, функционирующих в соответствии с поддержкой на розничных рынках, и до конца 2025 года запланированы к реализации еще 14 МВт. Несмотря на то что по суммарной установленной мощности крупных ГЭС и ГАЭС (51 500 МВт) Российская Федерация продолжает сохра-

Рис. 9. ПРОГНОЗНЫЙ ОБЪЕМ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ МГЭС В РОССИИ ДО 2035 ГОДА, ГВТ



Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»

нять место в пятерке мировых лидеров, малые ГЭС в структуре установленной мощности российских объектов ВИЭ-генерации занимают лишь третье место, на них приходится пятая часть установленной мощности ВИЭ-генерации[50] (лидируют ветровые и солнечные электростанции).

По состоянию на сентябрь 2023 года в России насчитывается примерно 120 МГЭС общей мощностью 1,3 ГВт, из которых только 82 МВт – мощность новых объектов, реализованных в рамках программ поддержки на оптовом (70,7 МВт) и розничных (11,3 МВт) рынках. Остальные объекты малой гидрогенерации имеют средний возраст примерно 50 лет, около 0,9 ГВт малых ГЭС были введены в эксплуатацию еще во времена СССР и до сих пор играют важную роль в энергоснабжении ряда регионов России.

Текущее распределение энергомощностей малой гидрогенерации по регионам России, а также размещение современных производственных объектов малой гидроэнергетики представлены на **Рис. 8**.

При реализации всех запланированных проектов и дальнейшем развитии сектора совокупная мощность малых гидроэлектростанций на оптовом и розничных рынках к 2035 году составит около 1,6 ГВт **(Рис. 9)**.

Важно отметить, что у сектора малой гидроэнергетики в России есть все перспективы для более активного развития. Благодаря своему географическому положению и климатическим условиям Российская Федерация обладает вторым в мире гидропотенциалом речного стока. Однако по информации Ассоциации «Гидроэнергетика России» гидроэнергетический потенциал 2 млн малых рек страны (200 млрд кВт·ч/год) используется лишь на 4,5%. Наиболее перспектив-

50. В официальной статистике крупные ГЭС (мощностью более 50 МВт) в структуре ВИЭ-генерации, как правило, не учитываются, однако вносят весомый вклад в энергоснабжение страны и обеспечивают около 19% выработки.

ными для строительства малых ГЭС регионами России являются Северный Кавказ, северо-запад России, юг Сибири и большая часть территории Дальневосточного федерального округа.

Помимо значительного гидропотенциала, наработанные технологические компетенции России в области гидротехнического строительства также предоставляют большие возможности для возрождения малой гидроэнергетики.

В целом для России строительство малых ГЭС имеет комплексное значение. Развитие малой гидроэнергетики не только соответствует целям декарбонизации, но и способствует решению задач по обеспечению надежности энергоснабжения в энергосистеме за счет участия в выравнивании неравномерности графиков нагрузки и регулировании частоты энергосистемы. Малые ГЭС также позволяют решать противопаводковые задачи, перераспределяя речной сток по времени, обеспечивают экономию органического топлива, развитие хозяйственного и бытового водоснабжения, а также развитие иных отраслей: водного транспорта, дорожно-транспортной инфраструктуры, сельского хозяйства, рыбохозяйственной деятельности, туризма и др.



А. Горячев/РИА Новости

Рыбинская ГЭС, 1966 год

КОММЕНТАРИИ ЭКСПЕРТОВ



ОЛЕГ ЛУШНИКОВ,
исполнительный директор Ассоциации «Гидроэнергетика России»

Строительство ГЭС, в том числе в рамках плана ГОЭЛРО, позволило СССР создать основу для развития целых отраслей (металлургия, обрабатывающая промышленность и др.). Большую часть из почти 6200 ГЭС (948 МВт), построенных в первой половине прошлого века, можно отнести к категории малых. В 1950 году средняя мощность сельских (колхозных) ГЭС и малых ГЭС, работающих в системе Минэнерго, была соответственно 40 кВт и 8,5 МВт, но именно эти станции в условиях слабо развитого сетевого хозяйства создали возможность для развития сельского хозяйства и промышленности. Без этих малых ГЭС электрификация всей страны была бы невозможна.

И сегодня малая гидроэнергетика развивается в нашей стране, но темпы этого развития не соответствуют ни имеющемуся в стране гидроэнергопотенциалу малых рек, ни мировым трендам, определяемым ростом мощности малых ГЭС за последние 10 лет на 20 ГВт. 1300 МВт малых ГЭС – это, безусловно, мало для России. Это почти в два раза меньше, чем во Франции, и в три раза меньше, чем в Италии.

Основные проблемы реализации проектов малых ГЭС в рамках программы ДПМ ВИЭ – недостаточность средств, выделенных на малую гидроэнергетику. Небольшое число реализованных проектов не позволяет решить актуальные вопросы типизации оборудования и проектных решений, в том числе касающихся стоимости строительства и эксплуатации малых ГЭС. Необходимо увеличить общий объем финансирования, чтобы заводы-производители сориентировались на будущие заказы, а также изменить базовые предельные величины показателя эффективности для объектов гидроэнергетики, чтобы они были привлекательны для инвесторов. На розничном рынке для стимулирования строительства малых ГЭС необходимо формирование комплексной методики отбора проектов в субъектах Российской Федерации с учетом неценовых критериев, так как только ГЭС создают дополнительные неэнергетические эффекты, которые значимы для развития регионов, такие как защита от паводков, водоснабжение, развитие сельского хозяйства, транспорта и др. В изолированных районах, на наш взгляд, целесообразно предусматривать выделение субсидий регионам для строительства малых ГЭС в целях снижения тарифной нагрузки отдельных категорий потребителей.



ВАСИЛИЙ ЗУБАКИН, руководитель дирекции по энергетике ПАО «ЛУКОЙЛ»

Проблема развития МГЭС в первую очередь лежит в регуляторной плоскости. Федеральный закон о безопасности гидротехнических сооружений № 117-ФЗ, СНиПы, технические регламенты не делают исключений для МГЭС, отсюда – большие, чем у ВЭС и СЭС, сроки проектирования и строительства и большая стоимость кВт мощности и кВт·ч энергии. Надежды на возможность использования существующих гидротехнических сооружений для строительства МГЭС не оправдались. В то же время на Северном Кавказе получилось совпадение большого гидропотенциала и роста потребления энергии при относительно высоких ценах на розничном рынке, где работают МГЭС.

В других регионах устойчивого роста потребления и высоких розничных цен нет, хотя гидропотенциал для МГЭС есть и в Сибири, и на Дальнем Востоке.

ТЕПЛО НЕДР — НА БЛАГО НАРОДА!



Fine Art/FOTODOM

Хотя история изучения горячих недр в России уходит своими корнями в XVIII век, к камчатской экспедиции профессора Императорской Академии наук С. П. Крашенинникова, геотермальная энергетика является более молодым сегментом отечественной отрасли ВИЭ, нежели солнечная или ветровая генерация. Лишь в 1948 году инженер «Главсахалинрыбпрома» А. А. Гавронский подготовил труд «Использование подземных энергоносителей» с предложениями строительства на Курильских островах и Камчатке «вулканических государственных электрических станций», а также направил заявление о выдаче авторского свидетельства на предполагаемое изобретение «Использование подземных теплоносителей» в Управление по изобретениям и открытиям СССР при Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике.

Вместе со строительством первых геотермальных электростанций советские ученые и исследователи активно изучали энергетические потенциалы геотермальных источников Советского Союза для создания эффективных систем геотермального теплоснабжения. Первым ученым, комплексно исследовавшим проблемы геотермальной энергетики в СССР,

был Л. А. Ячевский. Он опубликовал ряд статей по геотермии и принял участие в организации Геотермической комиссии при Русском географическом обществе. После Великой Отечественной войны в Министерстве геологии СССР был организован отдел геотермии, а в 1949 году в Махачкале была пробурена первая в СССР геотермальная скважина, давшая промышленный дебит горячей воды[51].

Примечательно, что до того момента в Советском Союзе не было ни одного научного подразделения, занимавшегося вопросами геотермальной энергетики. Они начали появляться только в 1950-х годах параллельно с опытно-промышленной разработкой горячих источников. Так, в 1954 году при Академии наук создана лаборатория по исследованию геотермальных ресурсов. Кроме того, исследования развернулись в МЭИ, Институте физики Земли, Энергетическом институте АН СССР и ряде других организаций. В рамках научных изысканий на участке Паужетских термальных источников, находящихся на Камчатке, пробурили две разведочные скважины глубиной 500 м. Помогали же создавать новый сектор возобновляемой энергетики нефтяники. Именно на Министерство нефтяной промышленности СССР было возложено проведение буровых работ. В результате в 1957 году на скважинах была организована контрольно-наблюдательная геотермическая станция, с которой начинается история Паужетской геотермальной электростанции (ГеоЭС)[52, 53].

Впрочем, до появления первого в нашей стране геотермального энергообъекта оставалось еще почти 10 лет. Знаковой вехой стало принятое в 1963 году Советом Министров СССР постановление «О развитии работ по использованию в народном хозяйстве глубинного тепла Земли». Именно с этого документа берет свое начало отечественная геотермальная энергетика как отдельная отрасль. Постановление предписывало разработать технико-экономические обоснования возведения геотермальных установок для теплоснабжения в Омске, Тюмени, Феодосии, Евпатории и ряде других советских городов, разработать проект типовой электростанции мощностью 500 кВт, развернуть широкие геологоразведочные работы[54].

Уже в марте 1966 года первая в СССР геотермальная электростанция – Паужетская ГеоЭС – была введена в эксплуатацию[55]. На момент ввода станция была оснащена двумя турбогенераторами мощностью по 2,5 МВт каждый. Сейчас ее мощность достигает 12 МВт. Паужетская ГеоЭС входит в состав холдинга ПАО «РусГидро». На сегодняшний день площадь территории, на которой располагаются скважины Паужетской ГеоЭС, составляет 1,9 га, пробурено более

51. Бутузов В. А. Российская геотермальная энергетика: анализ столетнего развития научных и инженерных концепций // Окружающая среда и энерговедение. – 2019. – № 3. С. 4–21.
52. Рычагов С. Н. Начало освоения геотермальной энергии на Камчатке и перспективы ее использования // История естествознания и техники. – 2017. – № 7. – С. 45–50.
53. Чубайс А. Б., Зубакин В. А., Копылов А. Е. Развитие возобновляемой энергетики в России: технологии и экономика. – М., 2020.
54. Постановление Совета Министров СССР 19 апреля 1963 г. О развитии работ по использованию в народном хозяйстве глубинного тепла Земли // Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам: Сб. док. за 50 лет. — М., 1968. — Т. 5. — С. 319–322.
55. Научная Россия (2022). Паужетская геотермальная электростанция – первая в России.



Александр Грибовский/ТАСС

Члены комиссии ГОЭЛРО, 1920 год

70 скважин[56]. Электростанция обеспечивает снабжение четырех населенных пунктов Камчатского края.

Через год после ввода в эксплуатацию Паужетской ГеоЭС, в 1967 году, в СССР была построена первая в мире геотермальная электростанция с бинарным циклом – Паратунская ГеоЭС установленной мощностью 670 кВт. Изобретателями бинарной электростанции являются академик СССР С. С. Кутателадзе в соавторстве с д. т. н. Л. М. Розенфельдом и Б. М. Выморковым. По задумке авторов, легкокипящий газ фреон при температуре геотермальной воды 85°С испарялся, затем фреоновый пар направлялся на турбину мощностью 670 кВт и вращал ее. В настоящее время оборудование Паратунской ГеоЭС демонтировано, так как после ликвидации участка Новосибирского института технической теплофизики Академии наук СССР станция прекратила свою работу.

К началу 1970-х годов энергией Земли (для тепло- и энергоснабжения) обеспечивалось 50 тыс. человек в семи городах Советского Союза, 100 промышленных предприятий, 15 га теплиц. Продолжались и геотермальные исследования, которыми в этот период занимались уже 64 организации[57].

В Советском Союзе сформировались четыре крупные научные школы по исследованию геологических, гидрогеологических и теплофизических вопросов геотермии – московская, ленинградская, киевская и дагестанская. Каждая из школ внесла особый вклад в развитие геотермальной энергетики СССР. На основе накопленного этими школами опыта в конце 1970-х годов была опубликована Карта геотермического режима земной коры СССР **(Рис. 10)**. Также была начата разработка Генеральной схемы освоения геотермальных ресурсов СССР, которая так и не была завершена.

На Камчатке, ставшей родными пенатами и одновременно

56. Pandia (2009). Результаты многолетней эксплуатации Паужетского геотермального месторождения.

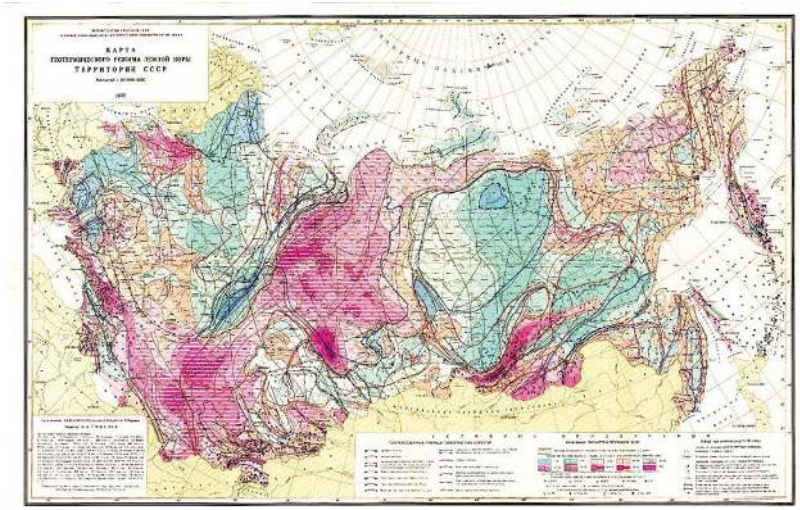
57. Бутузов В. А. Российская геотермальная энергетика...

полигоном для отечественной геотермальной энергетики, в 1978 году началось освоение перспективного Мутновского месторождения, где в будущем появится крупнейшая ГеоЭС в России. Решение о ее строительстве было принято Госпланом СССР годом раньше, причем совокупная установленная мощность станции должна была составить 200 МВт. Однако сложная экономическая ситуация во второй половине 1980-х годов вынудила заморозить проект. Поэтому самым мощным и едва ли не единственным в Советском Союзе объектом генерации на основе использования источников энергии Земли на тот момент оставалась Паужетская ГеоЭС (второй 6-мегаваттный энергоблок, пущенный в 1982 году, довел общую мощность электростанции до 11 МВт).

Дальнейшее развитие геотермальных станций реализовывалось в конце XX – начале XXI века уже в Российской Федерации. На сегодняшний день в России функционируют четыре геотермальные электростанции – Мутновская, Верхне-Мутновская, Паужетская и Менделеевская ГеоЭС. Их совокупная установленная мощность составляет 81,4 МВт. Современные отечественные геотермальные электростанции отличаются от станций-пионеров большей установленной мощностью. В настоящее время крупнейшей ГеоЭС является Мутновская ГеоЭС, установленная мощность – 50 МВт, начало работы датируется 2002 годом. Мутновская и Верхне-Мутновская ГеоЭС (введена в эксплуатацию в 1999 году, установленная мощность – 12 МВт) работают на базе Мутновского геотермального месторождения. Вместе с Паужетской ГеоЭС они обеспечивают порядка трети электропотребления Камчатского края.

Также на территории России функционирует Менделевская ГеоТЭС установленной мощностью 7,4 МВт – единственная с бинарным циклом. Она располагается на острове Кунашир в Сахалинской области. Менделеевская ГеоТЭС была введена в эксплуатацию в 2001 году, в 2011 году принято решение о модернизации электростанции. На Курилах, кроме Менделеевской, существовала еще одна геотермальная станция – Океанская ГеоТЭС. Она была построена в 2007 году на острове Итуруп Сахалинской области, у подножия вулкана Баранского. По причине накопившегося износа оборудования станция была остановлена в 2013 году, в настоящее время находится в законсервированном состоя-

Рис. 10. Карта геотермического режима земной коры территории СССР



Источник: Геологический институт Российской академии наук



Паужетская ГеоЭС

нии[58]. Стоит отметить, что неудачный опыт реализации Океанской ГеоТЭС не снизил интереса инвесторов к геотермальной энергии Сахалинской области. В 2021 году была достигнута договоренность о строительстве новой геотермальной электростанции «Океанская-2» на острове Итуруп. Проект планируют реализовывать с использованием механизма государственно-частного партнерства, участие в нем подтвердили Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики, Министерство энергетики Сахалинской области, «УК Компьюлинк Групп» и Газпромбанк. Мощность электростанции будет составлять 5 МВт, предусмотрена возможность дальнейшего увеличения до 15 МВт[59].

Исследования советских ученых в области геотермии послужили отправной точкой для становления современной отрасли геотермального теплоснабжения. В 11 регионах России (Дагестан, Чеченская Республика, Краснодарский, Ставропольский край, Адыгея, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Камчатка, Сахалин, Чукотка, Магаданская область) разведано свыше 65 геотермальных месторождений **(Рис. 11)**. Еще во времена СССР было пробурено свыше 3 тыс. геотермальных скважин[60]. В настоящее время установленная мощность российских систем геотермального теплоснабжения превышает 300 МВт с отпуском тепловой энергии свыше 170 ГВт·ч/год.

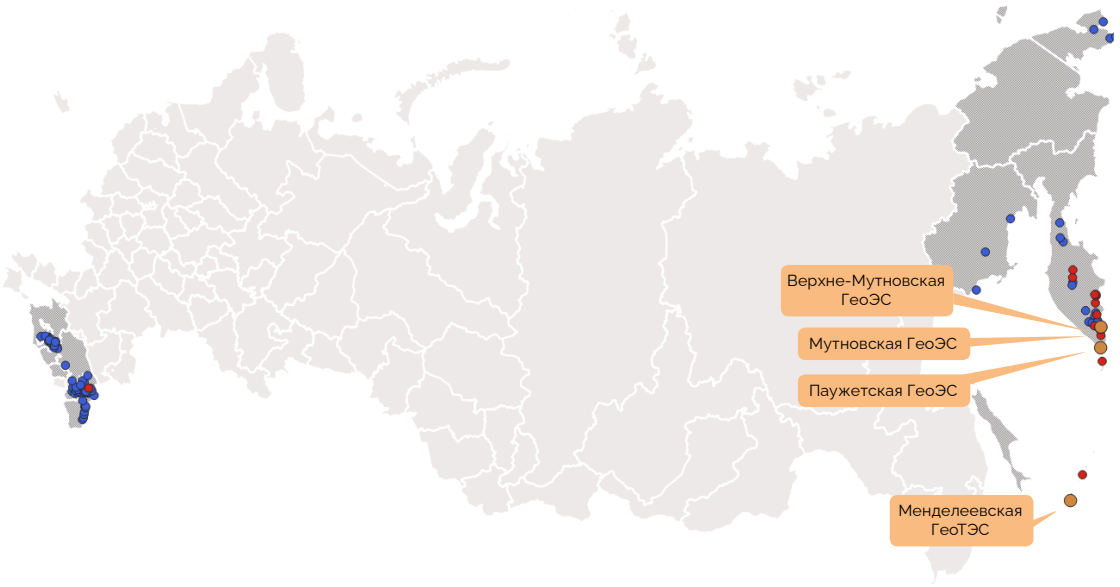
В России лидером по разведанным запасам и добыче геотермальной воды является Дагестан. В регионе разведано свыше 10 геотермальных месторождений, пробурено свыше 140 скважин глубиной до 5,5 км с дебитами до 7 тыс. м^3/сут. Следующим за Дагестаном по потенциалу использования геотермальной воды идет Краснодарский край. В этом регионе разведано свыше 15 геотермальных месторождений, на которых пробурено порядка 75 скважин глубиной 1,7–2,9 км и дебитом 500–4000 м^3/сут.

58. Почему на курильском острове закрыли ГеоТЭС // Российская газета. – 2016.

59. Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики (2021). На условиях ГЧП на острове Итуруп построят геотермальную электростанцию.

60. Бутузов В. А. История и проблемы развития геотермальной энергетики в России. – 2019.

Рис. 11. Расположение гидрогеотермальных месторождений и геотермальных электростанций на карте России



Источник: АРВЭ

Расчетная тепловая мощность данных месторождений превышает 200 МВт с возможной выработкой тепловой энергии свыше 800 МВт·ч/год.

В 2023 году представители Сибирского отделения Российской академии наук заявили о разработке проекта геотермальных станций и созданию сети таких энергообъектов на Камчатке и в других регионах России. А в целях исполнения Стратегии научно-технического развития России предложено реализовать научно-технический проект «Технологии геотермальной энергетики», который предусматривает размещение геотермальных тепловых станций на Камчатке и Курильских островах, в частности на острове Кунашир. Также планируется установка небольших модульных станций в Томской области, изготовлением пилотных образцов могут заняться компании «Газпромнефть» и «Зарубежнефть»[61].

61. В России разработают сеть геотермальных станций на горячих источниках // ТАСС. – 2023.

КОММЕНТАРИИ ЭКСПЕРТОВ



ПАВЕЛ БЕЗРУКИХ,
доктор технических наук, профессор

Проектирование и строительство Верхне-Мутновской и Мутновской геотермальных электростанций происходило в сложнейших условиях переходной экономики России. Было изготовлено инновационное оборудование с учетом экстремальных природных условий его работы, разработаны методы и средства доставки оборудования на место монтажа, технология подготовки пара и обратной закачки в пласт сепарата и многое другое. Следует отметить, что турбины Мутновской ГеоЭС отличаются высокой экономичностью проточной части при работе на влажном пару. Многолетний опыт успешной эксплуатации Мутновской ГеоЭС подтвердил правильность принятых проектных решений.

Необходимо подчеркнуть определяющую роль в успехе реализации проекта Мутновской ГеоЭС генерального директора АО «Геотерм» д. т. н., профессора Поварова Олега Алексеевича, к великому сожалению, безвременно ушедшего из жизни. Его высокий профессионализм и энергия помогли успешно преодолеть многочисленные преграды в реализации проекта.



АНТОН ФИРСОВ,
генеральный директор
ООО «ЗН Геотерм»
(дочернее предприятие
АО «Зарубежнефть»)

На территории нашей страны огромный потенциал геотермальной энергетики. В 1950–60-х годах был хороший старт – открыты месторождения на Кавказе, Камчатке и Курилах. К сожалению, фокус внимания был смещен, и спустя 60 лет мы вынуждены снова встраиваться в колею. За это время в других странах значительно шагнули вперед и нарастили энергетические мощности, измеряемые в гигаваттах. Мы тоже можем и уже делаем.

АО «Зарубежнефть» приняло стратегическое решение о развитии геотермальной энергетики как нового направления бизнеса не только для компании, но и для нашего государства. В этих целях в конце 2022 года получены три лицензии на поиск, изучение и добычу высокоэнергетических геотермальных вод в Камчатском крае. В 2023 году разработаны и утверждены Росгеолэкспертизой проекты геологоразведки по указанным лицензионным участкам и начаты работы

по геологическим исследованиям совместно с Сибирским и Дальневосточным отделениями РАН. В частности, компанией выделены средства на закупку необходимого оборудования для выполнения работ по строительству скважин, мобилизуется техника.

Параллельно заключено Соглашение о стратегическом партнерстве с компанией ПАО «Русгидро» в части освоения геотермального потенциала и вхождения в инвестиционные проекты, в том числе по строительству Мутновской ГеоЭС-2.

Третий наш большой вопрос – механизация добычи и увеличение продуктивности каждой скважины. На геотермальных месторождениях в зарубежных странах хорошо зарекомендовали себя погружные насосы. Насосы для геотермальных скважин, кстати, производятся в России и работают более чем в 20 странах мира.

Все вышесказанное – подготовка к расширению и тиражированию подходов. Мы сформировали и постоянно актуализируем базу геотермальных знаний нашей страны и мира. Сейчас оцениваем перспективные участки Сибири и Кавказа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития** (2022 год – 1-я пол. 2023 года), отраслевой обзор, коллектив авторов, АРВЭ.
2. **Российская солнечная электроэнергетика,** В. А. Бутузов, журнал «Окружающая среда и энерговедение», вып. 2, 2020.
3. **История развития солнечной фотоэлектрической энергетики,** Д. С. Стребков, журнал «Энергия», вып. 11, 2018.
4. **Возобновляемая энергетика в России. С первых шагов до наших дней,** В. А. Бутузов, П. П. Безруких, В. В. Елистратов, журнал «Энергосбережение», вып. 4, 2021.
5. **Развитие возобновляемой энергетики в России: технологии и экономика,** А. Б. Чубайс, В. А. Зубакин, А. Е. Копылов, уч. пособие, 2020.
6. **Ветроэнергетика**, П. П. Безруких, П. П. Безруких (мл.), С. В. Грибков, справочно-методическое издание, 2014.
7. **План ГОЭЛРО и возобновляемые источники энергии,** К. С. Дегтярев, А. М. Залиханов, А. А. Соловьев, Д. А. Соловьев, журнал «ТЭК XXI века: тенденции и прогнозы», вып. 3, 2016.
8. **Ветер – вода – солнце,** Б. В. Дюшен, журнал «Техника молодежи», 1933.
9. **Сто лет развития ветроэнергетики в России. Часть 1,** В. А. Бутузов, П. П. Безруких, С. В. Грибков, журнал «Окружающая среда и энерговедение», вып. 3, 2021.
10. **Развитие электроэнергетики в Российской империи: предыстория ГОЭЛРО,** Н. С. Симонов, уч. пособие, 2016.
11. **Малая гидроэнергетика,** под ред. Л. П. Михайлова, уч. пособие, 1989.
12. **Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России,** М. И. Дворецкая, А. П. Жданова, О. Г. Лушников, И. В. Слива, ПАО «РусГидро», справочник, 2018.
13. **Возобновляемые источники энергии,** А. Б. Алхасов, уч. пособие, 2016.
14. **Российская геотермальная энергетика: анализ столетнего развития научных и инженерных концепций,** В. А. Бутузов, журнал «Окружающая среда и энерговедение», вып. 3, 2019.
15. **Начало освоения геотермальной энергии на Камчатке и перспективы ее использования,** С. Н. Рычагов, журнал «История естествознания и техники», вып. 7, 2017.
16. **История и проблемы развития геотермальной энергетики в России,** В. А. Бутузов, журнал «Окружающая среда и энерговедение», вып. 4, 2019.

АРВЭ

АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) представляет интересы крупнейших и наиболее активных участников российского сектора возобновляемой и низкоуглеродной водородной энергетики.

АРВЭ – ведущая экспертная площадка в сфере технологий и процессов энергоперехода в России.

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:



АНАЛИТИКА И ЭКСПЕРТИЗА: комплексная аналитика тенденций развития возобновляемой энергетики, обзоры рынка, инвестиционные рейтинги, прогнозы, базы данных.



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОРГАНАМИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ: выработка нормотворческих инициатив, реализация регуляторных инициатив, участие в ключевых отраслевых рабочих группах.



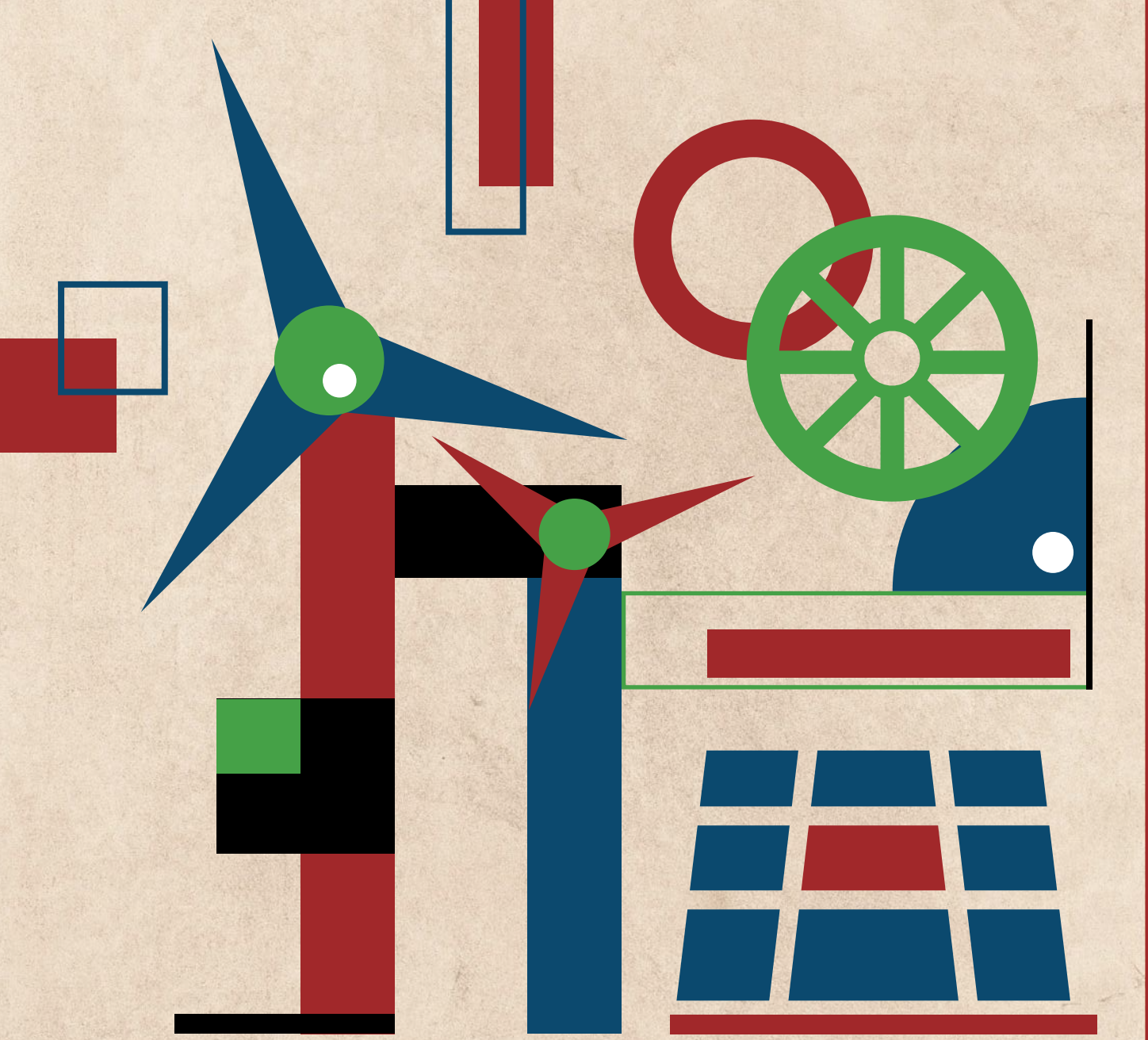
СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ: популяризация технологий и процессов энергоперехода, медиакоммуникации, организация мероприятий.



МЕЖДУНАРОДНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ: технологическое партнерство, выработка совместных межгосударственных инициатив, сотрудничество в сфере регуляторных инициатив.



ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА: содействие формированию системы профессиональной подготовки кадров, содействие в поддержке российской промышленности и реализация НИОКР.



РУКОВОДИТЕЛИ ПРОЕКТА:
Жихарев А. Б., Малинина С. А., Франке Е. А.

РЕДАКЦИОННАЯ ГРУППА:
Бабичева Л. К., Мишин И. О., Мартынушкин А. Ю.

АРВЭ

АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

123610, Россия, Москва, Краснопресненская наб., д. 12,
6-й подъезд, офис 1002

тел.: +7 495 115 1034

e-mail: info@rreda.org
web-сайт: https://rreda.ru/