

УДК 620.91

DOI 10.51691/2541-8327_2021_4_8

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ: КРИТИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Наумов И.И.

к.т.н., доцент,

*Институт Сферы Обслуживания и Предпринимательства (филиал) Донской
государственный технический университет в г. Шахты*

Россия, Шахты

Моторин Д. Е.

Студент

*Институт Сферы Обслуживания и Предпринимательства (филиал) Донской
государственный технический университет в г. Шахты*

Россия, Шахты

Тарасюк М. А.

Студент

*Институт Сферы Обслуживания и Предпринимательства (филиал) Донской
государственный технический университет в г. Шахты*

Россия, Шахты

Аннотация

Частично объясняя низкий уровень потребления энергии из возобновляемых источников энергии, Россия имеет доступ к огромным запасам нефти, природного газа, угля и урана и располагает развитой ядерной энергетикой, нефтяной и газовой промышленностями. Тем не менее, совокупный эффект чрезвычайно низкой стоимости производства электроэнергии с помощью современных фотоэлектрических модулей и ветряных турбин в сочетании с хранением энергии в литий-ионных батареях и водороде, полученном путем

электролиза воды, вскоре окажет глубокое влияние на экономику России и обрабатывающую промышленность. Развитие отрасли чистых энергетических технологий в России потребует надлежащего планирования, усилий по рационализации и разработки творческой и эффективной политики, которая будет включать новые образовательные инициативы в области современных новых энергетических технологий и управления энергопотреблением.

Ключевые слова: энергетика, источники энергии, возобновляемая энергетика, электроэнергия в России, солнечный водород

RENEWABLE ENERGY IN RUSSIA: A CRITICAL PERSPECTIVE

Naumov I.I.

Ph.D., associate professor,

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) Don State Technical University in Shakhty

Russia, Shakhty

Motorin D.E.

Student

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) Don State Technical University in Shakhty

Russia, Shakhty

Tarasyuk M.A.

Student

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) Don State Technical University in Shakhty

Russia, Shakhty

Abstract

Partly explaining the low level of energy consumption from renewable energy sources, Russia has access to huge reserves of oil, natural gas, coal and uranium, and

has a developed nuclear power, oil and gas industries. However, the cumulative effect of the extremely low cost of generating electricity from modern photovoltaic modules and wind turbines, combined with energy storage in lithium-ion batteries and hydrogen produced by electrolysis of water, will soon have a profound impact on the Russian economy and manufacturing industry. The development of the clean energy technology industry in Russia will require proper planning, rationalization efforts and the development of creative and effective policies that will include new educational initiatives in modern new energy technologies and energy management.

Keywords: energy, energy sources, renewable energy, electricity in Russia, solar hydrogen

Введение

Россия - второй по величине в мире природный газ,[1] третья по величине нефть,[2] и шестой по величине производитель урана-[3] и угля-[4]. Страна занимает второе место в мире по нефти, первое место по экспорту природного газа и третье место по экспорту угля. В крупнейшей стране мира в настоящее время находится 700 электростанций с общей установленной мощностью 243 ГВт (в том числе теплоэлектростанции мощностью 165 ГВт, в основном работающие на природном газе и угле; 29,13 ГВт ядерных реакторов и 48,5 ГВт гидроэлектростанций). В совокупности вышеупомянутые станции в 2018 году произвели 1091,7 ТВт/ч электроэнергии, направленной в виде переменного тока с единственной частотой тока 50 Гц по самым протяженным (3,018 миллиона км) линиям электропередачи в мире.[5]

В 2018 году тепловые электростанции России, включая электростанции крупных промышленных предприятий, произвели 693 ТВт/ч, плотины гидроэлектростанций - 194 ТВт/ч, а ядерные реакторы - более 204 ТВт/ч, при этом два новых атомных реактора введены в эксплуатацию на АЭС Ленинградской области и в Ростове.[5]

В России проживает всего 143,2 миллиона жителей, меньше, чем в Нигерии. Его запасы природного газа, нефти, угля и урана огромны. Почему же тогда Россия должна быть готова развивать производство электроэнергии за счет непостоянной ветровой и солнечной энергии или начать производство электромобилей?

Причины, как я утверждаю в этом исследовании, имеют экономический и промышленный характер. Продолжающееся быстрое и массовое внедрение новых энергетических технологий, позволяющих энергетическая самодостаточность посредством сочетания производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии, хранение энергии и цифровых технологий,[6] грозит резко снизить обильные доходы, полученные Россией от продажи за границей нефти, топливо, природный газ, уголь и даже уран. Эта картина еще более ухудшается из-за сопутствующего и неизбежного распространения аккумуляторных электромобилей (BEV)[7] далеко за пределами Китая, где BEV в настоящее время составляют значительную долю от более 20 миллионов автомобилей, продаваемых ежегодно в азиатской стране.

Высокоразвитая страна с крупной и передовой сталелитейной, военно-морской, химической, автомобильной и авиационной отраслями, Россия просто не может отставать в основном промышленном секторе энергетики, когда большинство стран мира достигают ключевых экономических преимуществ энергетической самодостаточности. благодаря почти бесшумному промышленному и техническому прогрессу в области возобновляемых источников энергии и технологий хранения энергии.[6]

Рассматривая аргументы в быстро меняющемся контексте мировой энергетики, в этом исследовании приводятся аргументы, оправдывающие этот прогноз.

Энергетика и возобновляемые источники в России

В царской России была развитая нефтяная промышленность с несколькими нефтеперерабатывающими заводами (экспорт сырой нефти был запрещен), но она отставала в электрификации.[8] К 1913 году в России было 327 МВт установленной мощности, из которых 177 МВт приходилось на три города: столицу Санкт-Петербург, Москву и Баку.[9] Первая мировая война и последовавшая за ней гражданская война ухудшили положение. В начале 1920-х годов общая мощность всех российских электростанций снизилась примерно до 70 МВт, производя около 500 миллионов кВтч электроэнергии.[10]

7 февраля 1920 г. была сформирована Государственная комиссия по электрификации (ГОЭЛРО), которой было поручено разработать план электрификации страны. К декабрю 2020 года комиссия представила делегатам восьмого Всероссийского съезда Советов, проходившего в Москве, документ объемом более пятисот страниц, призывающий к построению за 10 лет сети огромных («региональных» в стране, регионы которой являются размером с целые страны) тепловые, гидроэнергетические и комбинированные теплоэлектростанции.[8 , 9]

К 1935 году выработка электроэнергии в России достигла 13,5 миллиардов кВт/ч по сравнению с 2 миллиардами кВт/ч в 1913 году.[11] После Второй мировой войны Россия первой применила ядерную энергию с первой в мире атомной электростанцией (реактор мощностью 5 МВт), расположенной в Обнинске, примерно в 100 км к юго-западу от Москвы, подключена к электросети в июне 1954 года.[12]

В соответствии с законом 2003 г. «Об электроэнергетике» рынок электроэнергии в России открыт (с 2011 г.) для полной конкуренции в сфере генерации путем обеспечения доступа третьих лиц к сети. Регулятором энергетического рынка является НП «Совет рынка», основной задачей которого является обеспечение правильного функционирования национального оптового рынка электроэнергии и мощности. Все компании оптового рынка

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

электроэнергии должны стать членами НП «Совет рынка» (который на середину мая 2018 г. насчитывал 415 членов).[13]

С середины 2013 года развитие возобновляемой энергетики в России регулируется постановлением «О порядке стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электроэнергии».[14] Закон устанавливает систему, в рамках которой разработчики проектов возобновляемой энергии мощностью от (не менее) 5 МВт до 25 МВт могут участвовать в ежегодных тендерах по контрактам на поставку мощности с российским администратором торговой системы.

Поставщикам-победителям платят как за мощность, которую они добавляют к энергосистеме, так и за энергию, которую они поставляют, на основании долгосрочных 15-летних контрактов с фиксированными тарифами. Льготы подчиняются закупке 55%, 50% и 20% проектного оборудования для ветроэнергетики, солнечной энергии и гидроэнергетики внутри России (в 2016 году эти цифры были дополнительно увеличены до 65%, 70% и 45%).

Чтобы избежать роста цен на электроэнергию, годовые лимиты контролируют увеличение вновь добавленных мощностей возобновляемой генерации. Согласно постановлению от мая 2013 года, выставленная на аукционе мощность в период с 2014 по 2020 год не может превышать пороговое значение в 5871 МВт (3600 МВт ветровая, 1520 фотоэлектрических и 751 МВт малая гидроэлектростанция).

В период с 2013 по 2016 год на ежегодных тендерах было присуждено чуть более 2 ГВт возобновляемых мощностей. На аукционе 2017 года в рамках одного тендера было выделено 2,2 ГВт энергии ветра, солнечной энергии и малых гидроэлектростанций. На аукционе 2018 года было распределено 1,08 ГВт мощности по 39 проектам.[15]

Наконец, в 2019 году конкурсный тендер на новые мощности возобновляемых источников энергии с 2019 по 2024 годы был установлен на уровне чуть более 313 МВт, большая часть из которых состоит из новых

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

гидроэнергетических мощностей (около 230 МВт), за которыми следуют ветровые мощности (78 МВт) и только 5,6. Новая фотоэлектрическая мощность МВт (рис. 1) будет подключена к сети в 2022 году.[15]



Рис. 1 – Солнечная ферма

Ельшанский фотоэлектрический парк мощностью 25 МВт в Оренбургской области поставляет электроэнергию в сеть с 1 июля 2019 года. Ожидается, что станция будет производить 30,5 млн кВтч ежегодно, используя только компоненты российского производства.[Изображение любезно предоставлено Nevel Energy Group, воспроизведено с сайта hevelsolar.com]

Влияние вновь установленных мощностей ветровой, солнечной и гидроэлектростанции на производство электроэнергии стало заметным в 2018 году, когда производство энергии ветра в России выросло на 69,2%, а производство солнечной энергии - на 35,7%. Комбинированная мощность солнечной и ветровой энергии превысила порог в 1 ТВт-ч.[5]

Возможно, что еще более важно, количество часов в году, в течение которых ветряные и солнечные фотоэлектрические парки в России в 2018 году поставляли энергию с номинальной мощностью, составляло, соответственно, 1602 и 1283 часа.[5]

Практически неограниченные земли в России, доступные для застройки, длительный срок эксплуатации, а также низкая и снижающаяся стоимость как Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

фотоэлектрических, так и ветряных систем генерации энергии создают условия для значительного проникновения ветряных и солнечных фотоэлектрических систем в структуру энергетики России через фотоэлектрические и ветровые электростанции. парки в сочетании с хранилищами в больших литий-ионных батареях и солнечных водородных системах.

Другими словами, совокупный эффект сегодняшнего недорогого производства и хранения энергии с помощью, соответственно, фотоэлектрических, ветряных, литий-ионных аккумуляторов и солнечно-водородных технологий в скором времени окажет глубокое влияние на энергетику и мобильную промышленность России. Далее я анализирую сначала последствия массового внедрения BEV, вызванного недавно достигнутой низкой стоимостью литий-ионных аккумуляторов, а затем стационарного хранения в энергетических системах литий-ионных аккумуляторов и солнечном водороде, а именно водороде, полученном из воды посредством электролиза. движимый возобновляемой электроэнергией.

Стационарные системы хранения

Как показали первые системы накопления энергии (ESS) на 100-500 МВтч на базе контейнерных литий-ионных аккумуляторов, развернутые на данный момент в Австралии, Калифорнии, на Гавайях и во многих регионах Китая, прерывистая возобновляемая энергия, производимая по низкой цене с помощью фотоэлектрических систем коммунального масштаба. и ветряные электростанции, соединенные с ESS, становятся более качественными, чем энергия, производимая современными газовыми теплоэлектростанциями.[16] Более высокое качество означает здесь точную частоту переменного тока, надежность и немедленную доступность.

Короче говоря, по мере того, как продолжающаяся революция солнечной энергии в фотоэлектрических элементах разворачивается во всем мире,[17] потенциал фотоэлектрической и ветровой энергетики в России будет

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

полностью неиспользован, когда страна получит доступ к ESS на основе литий-ионной батареи по доступной цене. К тому времени, например, вместо тепловых электростанций, работающих на дизельном топливе, которые в настоящее время используются для снабжения российских граждан в малонаселенных районах страны, подключенных к местным сетям, Россия будет использовать возобновляемые источники энергии и хранение в ESS.

Напомним вкратце, что Единая энергосистема России (ЕЭС) делится на семь интегрированных энергетических (или энергетических) систем (ОЭС Юга, Центра, Среднего Поволжья, Северо-Запада, Урала, Востока и Сибири) и одну огромную территорию географически изолированных энергосистем (Рисунок 2), [Изображение сгенерировано сервисом <https://pixelmap.amcharts.com/>] представляющая в общей сложности 71 региональную энергосистему и различные структуры собственников.[18]



Рис. 2 – Энергосистема России

Семь интегрированных энергосистем единой энергосистемы России. Географически изолированные энергосистемы - это Чукотский автономный округ, Камчатский край, Сахалин и Магаданская область, Норильский энергорайон Таймыра и Николаева, западные энергосистемы Саха (Якутия).[18]

Результаты недавнего исследования, направленного на определение оптимальной технологии использования возобновляемых источников энергии и

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

наивысшего регионального потенциала возобновляемых источников энергии, показали, что даже в Красноярском крае, который «кажется территорией с северным климатом, реальный потенциал солнечной энергетики в регионе, который в сочетании с другими возобновляемыми источниками энергии, актуальными для каждого муниципального образования, предлагает решение для малонаселенных, сельскохозяйственных и удаленных районов».[22]

Сегодня крупные производители солнечных модулей в Китае уже продают фотоэлектрические модули с номинальной мощностью 600 Вт, начиная с больших (например, 210 мм) кремниевых пластин. Поставляемые с линейной гарантией производительности, гарантирующей производительность в течение 25 лет, такие модули состоят из солнечных элементов с разрезом 1/3 из монокристаллического кремния с использованием нескольких шин для облегчения потока электроэнергии.

Солнечный водород

Солнечный водород, производимый путем электролиза воды с использованием большого количества солнечной и ветровой энергии[21], также является в России дополнительной технологией хранения энергии, которая будет быстро адаптирована для питания тяжелых электромобилей и обеспечения зданий электричеством и низкотемпературным теплом.

Например, используя технологию, разработанную французским производителем поездов, Германия в конце 2018 года стала первой страной в мире, которая запустила по коммерческому маршруту два электропоезда, работающие на электроэнергии, вырабатываемой на борту топливными элементами, преобразующими водород, хранящийся под давлением 350 бар.[22]

Показывая, как технологию водородных топливных элементов можно масштабировать и использовать для модернизации существующего парка, размеры поезда были аналогичны размерам поездов с обычным дизельным

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

двигателем (без значительных изменений веса / точки тяжести), без добавления оборудования в пассажирские зоны.

На сегодняшний день поезда уже более года курсируют по не электрифицированному маршруту в Нижней Саксонии, демонстрируя полную экономическую и техническую жизнеспособность этой технологии. Через несколько месяцев после дебюта железнодорожная компания Нижней Саксонии заказала 14 поездов на водородных топливных элементах тому же производителю, а затем еще 27 поездов у дочерней компании Rhine-Main Transport Authority, в каждом случае для замены дизельных поездов на региональных линиях.

Неудивительно, что осенью 2019 года РЖД достигли соглашения с крупнейшим производителем поездов в стране и государственной ядерной энергетической компанией о производстве первых в России поездов на водородных топливных элементах (которые будут впервые развернуты в Сахалинская область).

В современных водородных топливных элементах платина в очень небольшом количестве является благородным металлом, который в настоящее время используется в качестве катализатора на обоих электродах. Ежегодно добывая более 25 тонн платины, Россия является вторым по величине производителем платины в мире после ЮАР.

Технология водородных топливных элементов, и в частности технология протонообменных мембран (PEM), в настоящее время является зрелой промышленной технологией в нескольких странах, включая Канаду и Китай. В течение первых семи месяцев 2019 года, Китай в одиночку увеличил установленную мощность топливных элементов на 643% до почти 46 МВт,[23] с 1176 водородными топливными элементами электрических шин, произведенных в Китае практически с нуля между 2018 и 2019.

Большое количество научно-исследовательских институтов занимаются в России исследованиями и разработками в области топливных элементов H₂[26]

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

и их роль, в том числе роль ООО «Национальная инновационная компания «Новые энергетические проекты» (2006-2010 гг.), Недавно была описана.[25]

Советский Союз был лидером в области щелочных топливных элементов. В настоящее время в России есть несколько производителей электролизеров. Крупнейший, ПАО «Уралхиммаш», производит в Екатеринбурге электролизеры производительностью 300-400 кубометров чистого H_2 в час. [26]

Наряду с электричеством топливные элементы с H_2 вырабатывают низкотемпературное тепло в виде воды с температурой 70-80° С, которая идеально подходит для обеспечения зданий горячей водой для бытовых нужд.

Плотность энергии водорода настолько высока (120 МДж/кг для H_2 против 43 МДж/кг для дизельного топлива), что ее достаточно для хранения избыточной фотоэлектрической энергии, генерируемой летом, в виде электролитического H_2 под давлением в сегодняшних безопасных и простых в обращении резервуарах из композитного материала для обеспечения автономных зданий электроэнергией и горячей водой в течение всего года даже в Швеции. В последней североевропейской стране, где ежегодно идет 220 дней дождя, в настоящее время завершается строительство первых автономных домов государственной жилищной компании, работающих только на солнечном водороде, производимом с помощью фотоэлектрической энергии.[6]

Выводы

В этом исследовании я утверждаю, что причина, по которой Россия вскоре станет ведущей страной в новых энергетических технологиях, основанных на выработке энергии из возобновляемых источников и хранении энергии в литий-ионных батареях и солнечном водороде, имеет экономический и промышленный характер.

По мере того как страны все чаще заменяют термоэлектрическую энергию на солнечную и ветровую, спрос на газовые турбины вырос с более 71,6 ГВт до менее 30 ГВт в 2018 году [25] и это несмотря на *рост* потребления

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

энергии. В этих условиях и с учетом того, что сейчас автомобили с двигателем внутреннего сгорания заменяют автомобили с ДВС быстрыми темпами, становление ведущей страной в области экологически чистых энергетических технологий для экономики России становится неизбежным вариантом.

Осознавая, что производство фотоэлектрических солнечных батарей является самым дешевым способом производства электроэнергии, правительства во всем мире в 2018 году выставили на аукционе 81 ГВт фотоэлектрической энергии из примерно 100 ГВт, установленных во всем мире. В 2019 году количество контрактов на поставку электроэнергии на конкурсной основе выросло до 90 ГВт из 114 ГВт, установленных. В 2018 году только семь стран установили от 1 до 5 ГВт фотоэлектрической энергии, но к 2022 году ожидается, что количество таких стран почти утроится до 19.[28]

В настоящее время страна отстает в производстве солнечных элементов, литий-ионных аккумуляторов, ветряных турбин и водородных топливных элементов, но она превосходит практически все области науки, имея многочисленные важные достижения в области физики, химии, математики, авиакосмической промышленности, медицины, и инженерия. По словам Харгиттая, «нет другого города в мире, где есть столько памятников ученым, как в Москве».[28]

По мнению российских ученых, пишущих о производстве литий-ионных аккумуляторов в России, «нынешний уровень компетенций, технологий и объемов производства в Российской Федерации не отвечает потребностям современных и будущих рынков».[29] Тем не менее, ни «компетенции», ни «технологии» не могут быть проблемой для расширения производства литий-ионных аккумуляторов в стране, которая преуспевает практически во всех областях современной науки и передовых технологий в областях, гораздо более сложных, чем аккумуляторные технологии, такие как авионика, аэрокосмическая и ядерная энергетика.

Чтобы раскрыть свой потенциал в производстве экологически чистых энергетических технологий, России необходимо развивать собственное производство солнечных батарей, литий-ионных аккумуляторов и водородных топливных элементов, реинвестируя часть огромных доходов от продажи нефти и природного газа за границу в развитие национальной экологически чистой продукции. энергетическая промышленность.

Один единственный пример передает указанный потенциал. Единственный в России производитель солнечных элементов и фотоэлектрических модулей был основан в 2009 году государственной технологической группой Роснано в Новочебоксарске. В 2018 году компания (Хевел) начала поставки своих новых солнечных модулей с гетеропереходом, заменяющих тонкопленочные модули, не только клиентам в России, но и в Швеции, Таиланде, Казахстане и других странах. [31] К середине 2019 года компания завершила расширение производственных мощностей солнечных модулей с гетеропереходом со 160 до 260 МВт в год.

Хотя объемы производства незначительны по сравнению с годовым объемом производства только одного из десяти ведущих производителей фотоэлектрических систем (все из которых находятся в Китае, причем только первый из них поставил более 11 ГВт солнечных модулей только в 2018 году)[44] новая производственная линия дает также двусторонние модули мощностью 460 Вт, состоящие из 144 полурезанных двусторонних ячеек.

1 июля 2019 года компания “Хевел” подключила к сети солнечную электростанцию мощностью 25 МВт на Елшанской (Рисунок 1). Все компоненты силовой установки, включая инверторы и опорные конструкции, были произведены в России. Только завод производит более 30 миллионов кВт/ч ежегодно, экономя эквивалент 4 миллионов м³ природного газа.

Конкурирующая динамика цен на нефть, экономического роста и затрат на добычу нефти требует, чтобы к 2025 г., даже при сохранении доли нефти в мировом энергетическом балансе на низком уровне 2015г., составляющем Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

примерно 33%, потребовалось бы дополнительно более 11 миллионов баррелей в день. быть добавленным к текущим уровням добычи нефти. Кроме того, это исключительное количество дополнительного масла должно быть доступно при низких затратах на добычу. Короче говоря, движимые социально-экономическими и энергетическими глобальными факторами, человечество перешло на производство энергии из возобновляемых источников энергии - единственную альтернативу энергетическому кризису, который вызовет социальные и экономические беспорядки.[33]

В этом контексте повсеместное внедрение децентрализованных систем солнечной энергии в застроенной среде в действительно глобальном масштабе в настоящее время является реальной целью для всех стран мира. [34] Даже в огромном (962 га) городском парке Кузьминки - Люблино в Москве, например, 228 из 505 существующих ламп готовы к замене на солнечные уличные светодиодные фонари, оснащенные литий-ионными батареями. [35]

Развитие отрасли экологически чистых энергетических технологий в России потребует надлежащего планирования, усилий по рационализации и разработки творческой и эффективной политики, которая будет включать новые образовательные инициативы в современной науке и технологиях в области солнечной энергетики[36] а также в управлении энергопотреблением.[37]

Обращаясь к делегатам Всероссийского съезда Советов 1920 года, Ульянов (Ленин) сказал: *«Коммунизм - это советская власть плюс электрификация всей страны»*. [38] Спустя столетие, когда Россия была полностью электрифицирована на протяжении десятилетий, а технологии возобновляемой энергии вскоре стали приводить в движение автомобили, здания и промышленность, взгляд Ленина в будущее можно переформулировать следующим образом: *«Российская экономика - это ее экологически чистая энергетическая отрасль в масштабах, требуемых для самой большой страны в мире»*.

Библиографический список:

1. Фанатик С. Россия объявила тендер на строительство 313 МВт мощностей возобновляемой энергетики. Евразийская сеть, 22 апреля 2019 года. <https://eurasianetwork.eu/2019/04/22/russia-announced-a-tender-to-build-313-mw-of-renewable-energy/>. Дата обращения: 29 vfhnf 2021 года.
2. Бритиш Петролеум. BP Statistical Review of World Energy 2019, Лондон; 2019.
3. Всемирная ядерная ассоциация. Мировое производство урановой добычи. – Лондон, 2019.
4. Соколов Д., Санеев Б., Соколов А. Перспективы поставок угля в Россию. В: Семинар АТЭС по чистой ископаемой энергии, Сиань, Китай, 15 октября 2007г. https://web.archive.org/web/20120319183937/http://www.egcfe.ewg.apec.org/publications/proceedings/CFE/Xian_2007/6-4_Sokolov.pdf. (Дата обращения: 17 апреля 2021 года.)
5. Министерство энергетики Российской Федерации. Основные особенности электроэнергетики России, Москва, 2019. <https://minenergo.gov.ru/node/532...> Дата обращения: 17 августа 2020 года.
6. Пальяро М, Менегуццо Ф. Цифровое управление солнечной энергией на пути к энергетической самодостаточности. Глоб Чалл. 2019; 3: 1800105. Wiley Online Library PubMed Web of Science®
7. Пальяро М, Менегуццо Ф. Движущая сила электрона. J Phys Energy. 2019; 1:011001. Crossref CAS
8. Куперсмит Дж. Электрификация России, 1880-1926. Ithaca, NY: Cornell University Press; 1992:42-98 .
9. Куперсмит Дж. Советская электрификация: дороги не взяты. IEEE Technol Soc Mag. 1993; 12: 13 -20.
10. Лапин Г.Г. 70 лет гидропроектору и гидроэлектростанции в России. Гидротех 2000; 34: 374 -379.

11. Патель С. Русская революция власти. Журнал "Власть", 1 января 2013 года. www.powermag.com/the-russian-power-revolution. (Дата обращения: 29.04.2021)
12. Семенов Б.А. Атомная энергетика в Советском Союзе. Бюк МАГАТЭ. 1983; 25: 47 -59.
13. НП "Совет рынка". Оптовый рынок; 2020. www.en.np-sr.ru/en/srnen/abouttheelectricityindustry/electricityandcapacitymarkets/wholesalemarket/index.htm. (Дата обращения: 29.04.2021)
14. Международное энергетическое агентство. Декрет № 449 о механизме продвижения возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электроэнергии и электроэнергии, Париж; 2015. <https://www.iea.org/policies/5510-decree-no-449-on-the-mechanism-for-the-promotion-of-renewable-energy-on-the-wholesale-electricity-and-market>(Дата обращения: 29.04.2021)
15. Пальяро М. Возобновляемые источники энергии: повышенная устойчивость, более низкие затраты. Энергетическая технология. 2019; 7: 1900791.
16. Менегуццо Ф, Чиримина Р, Альбанезе Л, Пальяро М. Великий солнечный бум: глобальная перспектива в далеко идущем влиянии неожиданной энергетической революции. Energy Sci Eng. 2015; 3: 499 -509.
17. экларон. Включение PV в России, Берлин; 2019. www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/Enabling_PV_Russia_EN.pdf. (Дата обращения: 29.04.2021)
18. Гаврикова Е., Бурда Ю., Гавриков В.И др. Чистые источники энергии: опыт России. Ресурсы. 2019; 8: 84.
19. Солнечных Т. Trina Solar представляет серию модулей следующего поколения Vertex 600W20 июля 2020 года. www.trinasolar.com/en/resources/newsroom/eu-trina-solar-unveils-vertex-600w-next-generation-module-series. (Дата обращения: 29.04.2021)

20. Pagliaro M, Konstandopoulos AG. Солнечный водород. Cambridge, UK: RSC Publishing; 2012.
21. Варни Дж. Coradia iLint - поезд на водородных топливных элементах. In: Rail Conference 2019, Toronto, 23-26 июня 2019 года.
22. Россия разработает свой первый водородный поезд Railway Pro , 19 сентября 2019 года.
23. Ся Л. Установленная мощность водородных топливных элементов в Китае выросла в шесть раз за первые семь месяцев. Новости Синьхуа, 1 сентября 2019 года.
24. Попель О.С., Тарасенко А. Б., Филиппов С. П. Энергетические установки на основе топливных элементов: современное состояние и перспективы развития . Терм-англ. 2018; 65: 859 -874.
25. Энергетический центр "Сколково". Водородная экономика - путь к низкоуглеродному развитию, Московская школа менеджмента, Москва; 2019. https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Hydrogen (Дата обращения: 29.04.2021)
26. Крукс Э. Конкуренция за газовые турбины разгорается, Financial Times, 16 августа 2018 года. www.ft.com/content/bc315606-a0da-11e8-85dae7a9ce36e4... (Дата обращения: 29.04.2021)
27. Маккензи У. Обновление прогноза мирового рынка солнечных фотоэлектрических систем: 2 квартал 2019 года, Эдинбург; 2019год .
28. Харгиттай I, Харгиттай М. Наука в Москве. Сингапур: World Scientific; 2019.
29. Антипов Е.В. , Абакумова А. М. , Дрожжин О.А. , Погожев Д. В. Литий - ионный электрохимический накопитель энергии: современное состояние, проблемы и тенденции развития в России. Терм-англ. 2019; 66: 219 - 224.
30. Энергетическая группа "Хевел". Nevel Group отгружает гетеропереходные солнечные модули в Швецию, 3 октября 2019года .
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

www.hevelsolar.com/en/about/news/hevel-group-ships-heterojunction-solar-modules-to-sweden. (Дата обращения: 29.04.2021)

31. Бхамбхани А. Китайская Компания JinkoSolar С Более Чем 11 Модулями GW, Поставленными В 2018 Году, Возглавляет Чарты PV InfoLink В Качестве Ведущего Поставщика Модулей; Tongwei Занимает Первое Место Среди Ведущих Производителей Ячеек. Taiyang News, 25 января 2019 года. <http://taiyangnews.info/business/jinkosolar-top-module-supplier-in-2018> (Дата обращения: 29.04.2021)

32. Менегуццо F, Цириминна R, Альбанезе L, Пальяро М. Загадка "энергия ~~и население~~ и население"ное решение. arXiv. 2016, 1610.07298.

33. Ciriminna R, Pecoraino M, Meneguzzo FM. Пальяро интеграция солнечной энергии в застроенную среду Рима: перспектива распределенной генерации в глобальном масштабе. Adv Sust Syst. 2018; 2: 1800022.

34. Кошкин С. Монтаж солнечных систем уличного освещения в московских парках: пример парка Кузьминки- Люблино. In: International Conference on Energy and Cities 2019, Саутгемптон, 10-12 июля 2019 года.

35. Цириминна Р, Менегуццо Ф, Пекорайно М, Пальяро М. Переосмысление образования в области солнечной энергетики на заре солнечной экономики. Обновите Sust Energ Rev. 2016; 63: 13 -18.

36. Ciriminna R, Pecoraino M, Meneguzzo F, Pagliaro M. Перестройка образования энергетических менеджеров. Energy Res Soc Sci. 2016; 21: 44 -48.

37. Ульянов (Ленин) VI. Собрание сочинений, том 31, апрель - декабрь 1920г. In: J Katzer, ed. Moscow, Russia: Progress Publishers; 1966: 496 -518.

Оригинальность 96%