УДК 332.1+330.15

С.М. Никоноров
доктор экономических наук, профессор,
экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
Д.А. Сергеев
студент 2-го курса магистратуры,
экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
И.С. Мокрышев
аспирант кафедры экономики природопользования,
экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

S.M. Nikonorov
Doctor in Economic Sciences, Professor,
Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow
E-mail: nico.73@mail.ru
D.A. Sergeev
2nd year master's student,
Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow
E-mail: sergeev.denis.an@gmail.com
I.S. Mokryshev
postgraduate student of the Department of Environmental Economics,
Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow
E-mail: mokryshev@list.ru

ECONOMIC EFFICIENCY OF THE INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

Аннотация. В статье рассматривается экономическая эффективность внедрения возобновляемых источников энергии в АЗРФ, в том числе с использованием принципа распределенной генерации электроэнергии. Основой для оценки эффективности является показатель нормированной стоимости электроэнергии (LCOE), в качестве примера рассматривается Красноярский край. В ходе исследования был оценен потенциал внедрения солнечных, ветряных, геотермальных, приливных, биотопливных электростанций, а также малых гидроэлектростанций, выявлены барьеры их внедрения и рассчитан экономический эффект от их применения. Также были рассмотрены три сценария внедрения ВИЭ в Красноярском крае. По результатам исследования был обоснован оптимальный путь развития возобновляемой энергетики в данном регионе.

Ключевые слова: распределенная генерация, возобновляемые источники энергии, электроэнергетика, нормированная стоимость электроэнергии.

Abstract. The article discusses the economic feasibility of the introduction of renewable energy in the Russian Arctic using the principle of distributed electricity generation. The basis for evaluating efficiency was the levelized cost of electricity (LCOE) indicator, the Krasnoyarsk Krai was considered as an example. During the study, the potential for the introduction of solar, wind, geothermal, tidal, biofuel and small hydropower plants was assessed, barriers to their implementation were identified and the economic effect of introduction was calculated. Three scenarios of RE implementation in the Krasnoyarsk Krai were considered. The results of the study substantiated the most optimal path of RE implementation in the region under consideration.

Key words: distributed generation, renewable energy sources, electric power industry, levelized cost of electricity.

Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. подразумевает развитие направления возобновляемых и чистых источников энергии. Тем не менее, в нашей стране нормативно-правовая база по поддержанию направления технологий возобновляемых источников энергии любого вида появилась не так давно. Более того, после внесения в Энергетическую стратегию до 2030 года данного направления, долгое время не существовало никаких реальных программ или вспомогательных нормативных актов по регулированию и организации соответствующей деятельности. В настоящий момент в Российской Федерации уже несколько лет проводятся конкурсы по отбору проектов по возведению крупных объектов генерации электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии, и не так давно было объявлена вторая стадия и продление существующей программы — так называемый ДПМ ВИЭ 2.0. Тем не менее, вопрос перехода на более чистые источники энергии и развития технологий возобновляемых источников энергии касается не только централизованной генерации электроэнергии. Не менее важным аспектом данного вопроса является также и распределенная генерация, которая мало того, что значительно сокращает потери в сети при передаче энергии, так еще и в наибольшей степени подходит для возобновляемых источников энергии. Ведь в отличие от классической генерации, где эффект масштаба работает в рамках одного объекта, возобновляемые источники энергии обладают модульностью и низкой производительностью на единицу оборудования.

Существует много разных подходов к определению что такое распределенная генерация и каким конкретно характеристикам она должна соответствовать. Распределенная генерация это и «генерация в децентрализованной энергосистеме для покрытия потребления в электроэнергии изолированных потребителей», и «генерация на уровне распределенной сети или на стороне потребителя, включенного в сеть» или просто использование источников энергии малой мощности. Более того, даже сам термин имеет некоторые вариации. Так, в Австралии используется термин «встроенная генерация», а в странах Европы и Азии более часто можно встретить использование термина «децентрализованная генерация». Тем не менее, каждый из этих терминов и определений имеет общие черты, которые мы и будем использовать как основные критерии определения распределенной генерации. Распределенная генерация — это производство электрической энергии в местах ее потребления или в непосредственной близости от нее.

Распределенная генерация может быть реализована с почти любым видом топлива, кроме ядерного, а технологический прогресс скоро приведет к тому, что мы будем иметь возможность строительства малых атомных электростанций. Исторически, распределенную генерацию использовали в основном для удаленных объектов, находящихся в труднодоступных местах или не имеющих проложенных до места потребления линий электропередач ввиду потенциально низкой экономической эффективности. Примерами могут служить территории Крайнего Севера или временные объекты пребывания, такие как буровые скважины и т.п. Однако в настоящее время все чаще можно встретить объекты распределенной генерации, установленные в местах наличия централизованного электроснабжения, а то и непосредственно в центре города. Причинами растущей популярности объектов собственной генерации среди промышленных предприятий и даже частных домохозяйств может быть множество факторов, таких как желание повышения энергетической безопасности или снижения затрат на электроэнергию. Более того, централизованное электроснабжение далеко не везде отличается стабильностью и безопасностью, а некоторым предприятиям жизненно необходимо постоянное и бесперебойное электроснабжение.

Тем не менее, и у распределенной генерации имеются свои недостатки. Главные недостатки данного вида генерации для потребителя заключаются в том, что он не всегда экономически выгоден, и далеко не везде есть техническая возможность установки объектов распределенной генерации, поскольку для них требует-

ся доступность определенного источника энергии и соответствующим образом развитая инфраструктура. К тому же, ни одно устройство не может работать без остановок и иметь бесконечный срок службы. Риски, которые за собой несет распределенная генерация, ложатся не только на потребителя электроэнергии, но, учитывая стохастичность выработки генерации энергии из ВИЭ, также и на всю энергетическую систему в том случае, если распределенная генерация является не вынужденной мерой, а оптимизационным решением. Основная опасность для всей энергосистемы заключается в том, что в случае приостановки работы объекта распределенной генерации и переходу предприятия или домохозяйства на потребление электроэнергии из сети, система может оказаться не готова покрыть весь объем спроса на электроэнергию, что может повлечь за собой значительный ущерб всей системе. В рамках данного исследования мы не будем вдаваться в энергофизические аспекты работы единой энергетической системы, но, тем не менее, должны учитывать такой риск в нашем экономическом анализе, и в случае рассмотрения проектов по использованию распределенной генерации учитывать необходимые затраты и мероприятия для нивелирования данного риска.

Россия имеет высокий потенциал развития многих направлений возобновляемой генерации. К тому же некоторые регионы страны не входят в общую Единую энергетическую систему страны и находятся в изолированной системе. Учитывая тот факт, что тарификация электроэнергетики в нашей стране имеет тенденцию кчпостоянному повышению стоимости, и в последние годы стоимость электроэнергии заметно выросла не только для промышленных потребителей, но и для частных домохозяйств, то достаточно очевидно, что в ближайшее время ВИЭ получат существенный толчок к развитию. Реальные возможности применения микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии в нашей стране не реализованы. Согласно данным Росстата, в России насчитывается около 40 миллионов частных домов. Общее количество установленной мощности объектов генерации в Российской Федерации находится на уровне 246 ГВт, согласно данным Министерства энергетики Российской Федерации. Таким образом, если каждый частный дом установит хотя бы по 5 кВт собственной генерации, то это снизит нагрузку на всю энергосистему России больше чем в два раза. Более того, по данным Росстата, на население приходится 14,3% общего потребления электроэнергии в Российской Федерации, а доля потерь в сетях электропередачи составляет до 10% всей произведенной электроэнергии. Таким образом, внедрение систем микрогенерации и самообеспечения электроэнергии может почти на четверть сократить необходимый объем выработки электроэнергии. Учитывая тот факт, что более 70% производства электроэнергии на территории России приходится на теплоэлектростанции, которые и являются основными источниками эмиссии вредных газов в атмосферу, то это окажет значительное влияние на экологическую ситуацию во всем мире [8].

Однако, как мы прекрасно знаем, возобновляемые источники отличаются стохастичностью выработки и требованиям к наличию энергоресурсов. Ветер с достаточной силой присутствует не всегда. Солнце светит не целые сутки, а гидроэнергетика имеет свои недостатки. Тем не менее, даже такие стохастичные источники электроэнергии, а в особенности солнечная энергетика, имеют особые преимущества для нашей Единой Энергетической системы, которая продиктована особенностью российского рынка электроэнергетики.

Развитие генерации электроэнергии с помощью возобновляемых источников является новым направлением развития всего мира. Россия постепенно тоже вступает на путь развития возобновляемой энергетики, невзирая на то, что основную часть ее экономики составляют ископаемые энергоресурсы. Даже учитывая тот факт, что в России действуют одни из самых низких тарифов на электроэнергию, а сама страна является экспортером энергии [13], собственная генерация может быть экономически эффективной как для промышленных предприятий, так и для частных домохозяйств, которые могут существенно снизить свои затраты

на электроэнергию за счет установки оборудования уже сейчас.

Тем не менее, в нашей стране за прошедшие десятилетия ВИЭ развивались куда медленнее, чем в развитых странах. В период с 2000 по 2019 год установленная мощность ВИЭ в мире выросла на 107,4% — с 1223,3 до 2536,9 ГВт, в то время как в России лишь на 24,6% — с 44,3 до 55,2 ГВт [22; 23]. При этом почти 88% из всей вновь установленной мощности приходится на гидроэлектростанции, которые на 2017 год производили 17,1% всей российской электроэнергии.

Установленная мощность остальных ВИЭ за этот период выросла многократно. Ветряная и солнечная энергетика были созданы практически с нуля, а в последние годы их рост значительно ускорился. Однако в абсолютном выражении прирост незначителен, а на 2017 год из всей произведенной энергии всего 0,3% электричества было получено из возобновляемых источников, если не учитывать гидроэнергетику.

Основа для развития ВИЭ в России была заложена в 2007 году с внесением поправок в Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» [1; 4]. Изначально закон не содержал положений о возобновляемой энергетике, однако с поправками в него были внесены определение и виды ВИЭ, а также закреплен механизм поддержки возобновляемой энергетики: в ходе конкурса проводится отбор проектов по строительству электростанций на возобновляемой энергии, после чего с победителем заключается договор поставки мощности на оптовый рынок. Цена по данному договору определяется Правительством РФ.

В 2013 году Постановлением Правительства были утверждены правила установления цены за мощность ВИЭ, что позволило компаниям из отрасли возобновляемой энергетики получать прибыль не только за поставки электроэнергии, но также и за мощность установок. При этом были определены и границы установленной мощности: для СЭС и ВЭС был установлен минимальный предел в 5 МВт, а для МГЭС — от 5 до 25 МВт [17].

В 2015 году с целью снижения рисков инвестиционных проектов в сфере ВИЭ Постановлением Правительства были внесены изменения в указанный ранее порядок определения цены за мощность объектов возобновляемой энергетики: при расчете цены на мощность стал применяться корректирующий коэффициент, позволяющий определять более справедливую стоимость в случае, если при финансировании проекта используется иностранная валюта. Также инвесторы получили возможность отсрочки исполнения обязательств по поставке мощности [14].

В качестве примера для исследования был выбран Красноярский край — крупнейший (после Республики Якутия) субъект Российской Федерации. Площадь региона составляет 2,36 млн км^2 — 13,9% территории страны [20]. Протяженность с севера на юг составляет почти 3000 км, а с запада на восток достигает 1250 км. Данный регион был выбран неслучайно — благодаря центральному расположению и значительной протяженности с севера на юг, в крае представлены сразу 3 климатических зоны: умеренная континентальная, субарктическая и арктическая, при этом 4 муниципалитета края — город Норильск, Таймырский Долгано-Ненецкий район, Туруханский район, частично Эвенкийский район — относятся к Арктической зоне РФ.

По данным исследования, проведенного Министерством ЖКХ Красноярского края и Сибирским Федеральным Университетом, возобновляемые источники энергии имеют значительный потенциал [7]. Из 44 муниципальных районов, 30, находящихся преимущественно в южной части края, обладают условиями, пригодными для стабильной эксплуатации фотоэлектрических генераторов. Еще в 11 районах, находящихся в центральной части, возможна эксплуатация фотоэлектрических генераторов, однако выработка энергии будет не столь эффективна. 3 северных района малопригодны для солнечных электростанций.

Используя данные о валовой инсоляции районов, были произведены расчеты потенциальной выработки электроэнергии в данных муниципальных единицах. Для расчетов применялись данные о КПД фотоэлектрических установок компании

«Хевел» [21], поскольку это единственное в России предприятие, обладающее собственным производством данных установок, а потому именно оно, учитывая требования к локализации и стремление Правительства развивать высокотехнологичное производство в России, является наиболее предпочтительным и вероятным поставщиком оборудования для СЭС.

Что касается концентрированной солнечной энергии, то применение данной технологии целесообразно лишь вблизи экватора, в связи с чем она не может использоваться в Красноярском крае.

Для определения потенциальной выработки энергии с помощью ветряных установок, расположенных на суше, использовались данные о средней скорости ветра в наиболее подходящей для размещения ВЭС части района из исследования Министерства ЖКХ, а также показатели Ульяновской ВЭС, построенной компанией «Фортум» [5]. Расчет вырабатываемой одним генератором за год электроэнергии производился по следующей формуле [2]:

$$E_{\text{год}} = \frac{\left(\eta \times \text{КИЭВ} \times \rho \times V^3 \times \pi \times D^2\right)}{8},$$

где η — КПД генератора,

КИЭВ — коэффициент использования энергии ветра,

ρ — плотность воздуха, кг/м^3,

$V_{\text{ср.г.}}$ — среднегодовая скорость ветра, м/с,

D — диаметр лопастей генератора, м.

В связи с тем, что в данном случае использовался пример Ульяновской ВЭС и характеристики ее оборудования, единственной переменной величиной была скорость ветра.

Далее были получены следующие результаты: энергия ветра в регионе не обладает столь значительным потенциалом, как энергия солнца, однако она может применяться в изолированных от центральной сети районах, где уровень инсоляции недостаточен. К ним относятся Таймырский и Туруханский муниципальные районы — их показатели инсоляции были наименьшими, в то время как уровень выработки электроэнергии с помощью ветряных генераторов — наибольшим.

Несмотря на образование в зимнее время толстого слоя льда в реках края, потенциал развития мини-ГЭС в крае весьма значителен: в связи с тем, что многие, в том числе энергодефицитные, поселения располагаются возле рек, малые гидроэлектростанции можно использовать для снабжения этих населенных пунктов электроэнергией. Строительство мини-ГЭС в таких населенных пунктах позволило бы не только решить проблему их энергодефицита, но также создать возможность для развития в них промышленности, основанной на обработке ресурсов тайги.

Биоэнергетика в крае географически привязана к определенным сельскохозяйственным и деревообрабатывающим предприятиям и месторождениям торфа. В связи с этим развитие данного направления энергетики осуществимо лишь в определенных муниципальных районах края.

Производство биогаза может осуществляться в районах с развитым животноводческим хозяйством: Березовском, Емельяновском, Ужурском и Назаровском. Что же касается остальных направлений биоэнергетики, то, несмотря на наличие значительных запасов торфа и развитую деревообрабатывающая промышленность, использование данных ресурсов, по результатам исследования Министерства ЖКХ Красноярского края, крайне затруднено ввиду удаленности и труднодоступности месторождений торфа, а, в случае деревообрабатывающей промышленности, ввиду применения ее отходов в иных целях.

Геотермальная энергетика также не может быть использована ни для выработки энергии, ни для обогрева зданий: в регионе не имеется месторождений геотермальный ресурсов, находящихся близко к поверхности и имеющих достаточно высокую температуру для выработки энергии, а использование тепловых насосов может быть оправдано лишь в местах со среднегодовой температурой воздуха от +4,5 °C до +5 °C, в то время как среднегодовая температура воздуха даже в южных районах края составляет +1,6 °C.

Использование энергии океана в регионе также весьма затруднено, поскольку Карское море и море Лаптевых, омывающие край, принадлежат к бассейну Северного ледовитого океана, а потому бухты, в которых возможно размещение объектов,

генерирующих энергию на основе энергии океана, большую часть времени покрыты льдом. При этом потребители зачастую находятся далеко от таких мест, что делает использование энергии океана для производства электричества нецелесообразным. По тем же причинам затруднительно и использование морских ВЭС.

Таким образом, дальнейшее исследование эффективности внедрения ВИЭ будет касаться использования солнечной энергии, энергии ветра, малых ГЭС, а также биогаза.

Для расчета стоимости генерации энергии объектами, работающими на основе ВИЭ, использовался показатель нормированной стоимости электроэнергии (Levelized Cost of Electricity или LCOE), который активно применяется международными агентствами, в том числе IRENA, в схожих расчетах.

Существует множество вариаций расчета данного показателя, однако в этой работе используется его базовая версия:

$$\mathrm{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}},$$

где I_t — инвестиционные затраты в год t,
M_t — эксплуатационные затраты в год t,
F_t — затраты на приобретение топлива в год t,
E_t — произведенный объем электроэнергии в год t,
r — ставка дисконтирования,
n — срок службы объекта.

В качестве инвестиционных и эксплуатационных затрат для ВЭС, СЭС, мини-ГЭС и биогазовых станций были взяты предельные величины соответствующих затрат на 1 кВт установленной мощности из Распоряжения Правительства РФ от 28 июля 2015 г. № 1472-р [18]. Данные же о капитальных и эксплуатационных затратах ТЭС были взяты из статьи VYGON Consulting [9].

Затраты на приобретение топлива для СЭС, ВЭС и мини-ГЭС равны нулю — таким типам станций оно попросту не требуется для генерации энергии. Для биогазовых станций расходы на топливо тоже приняты как нулевые, поскольку в них используются отходы животноводства. Для ТЭС затраты на топливо были определены исходя из средней стоимости угля, поставляемого на российские электростанции.

Все вышеуказанные данные приведены по состоянию на 2018 год.

Произведенный объем энергии СЭС и ВЭС рассчитывался исходя из определенного ранее потенциального объема выработки электричества, приведенного для 1 кВт мощности.

Для мини-ГЭС выработка электроэнергии определялась исходя из показателей проекта «РусГидро» [15]. Данные приведены для 1 кВт мощности.

Для расчета выработки энергии биогазовыми электростанциями использовались данные о продукции компании «БиоЭнергоСила» [3].

Ставка дисконтирования для ВИЭ была определена исходя из среднего уровня ставок по зеленым облигациям, взятым с сайта Московской биржи 05.05.2020 [19; 12]. Она составила 10,3%.

Ставка дисконтирования для ТЭС была установлена на уровне 8,54% исходя из средней купонной ставки по облигациям компании «Энел Россия». Данная компания была выбрана для расчета в связи с тем, что из крупных энергетических компаний на момент проведения исследования она являлась единственной имеющей в своем активе только ТЭС и выпустившей облигации на Московскую Биржу.

Ставка дисконтирования для ВИЭ, как и ожидалось, оказалась выше в связи с повышенными рисками для инвесторов.

Данные о сроках службы объектов были взяты из указанного ранее исследования IRENA, а в случае с биогазовыми станциями — из описания продукции на сайте компании.

Далее были выявлены наихудшие и наилучшие показатели для различных видов электростанций: для СЭС и ВЭС — исходя из ресурсного потенциала районов; для мини-ГЭС и биогазовых станций — исходя из их установленной мощности; для ТЭС удалось рассчитать лишь усредненный показатель.

Результаты в целом схожи с указанными ранее данными IRENA о нормированной стоимости электроэнергии в России, однако можно отметить удорожание гене-

рации энергии ТЭС в связи с ростом стоимости угля и инфляцией, и, в то же время, сохранение LCOE для СЭС и уменьшение — для мини-ГЭС, что является следствием улучшения технологий и постепенного налаживания производства оборудования.

Также было учтено, что внедрение ВИЭ потребует модернизации электросетей в зоне централизованного энергоснабжения, так как используемая в данный момент энергетическая инфраструктура неспособна обеспечить эффективное взаимодействие различных типов энергии [10; 11; 13].

Для оценки эффективности внедрения ВИЭ в Красноярском крае были рассмотрены три сценария: исходный, иллюстрирующий текущую ситуацию; увеличение доли ВИЭ на 10%, согласно которому ВИЭ будут внедряться повсеместно; оптимальное увеличение ВИЭ, в котором доля ВИЭ увеличится на 10% лишь в тех районах, где это экономически обосновано [6; 16]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Итоги рассмотрения сценариев внедрения ВИЭ в Красноярском крае

Сценарий	Исходный	Увеличение доли ВИЭ на 10%	Оптимальное внедрение ВИЭ
Инвестиции, млрд руб.	0,0	506,8	1,5
Ср. LCOE в центральной сети, руб./кВт·ч	1,5	2,5	1,5
Ср. LCOE в изолированной зоне, руб./кВт·ч	70,0	64,1	64,1
Ср. LCOE по краю в целом, руб./кВт·ч	1,74	3,15	1,72
Выбросы загрязняющих веществ по отрасли, тыс. т	242,7	186,0	241,4
Эффективность снижения стоимости э/э, руб./кВт·ч за 1 млрд руб.	—	–0,003	0,014
Эффективность снижения выбросов, тысяч т. за 1 млрд руб.	—	0,112	0,917

В ходе рассмотрения сценариев было выявлено, что повсеместное внедрение ВИЭ в Красноярском крае неэффективно в текущих условиях — это потребует огромных инвестиций, результатом которых станет несоизмеримое уменьшение выбросов загрязняющих веществ и повышение стоимости генерации энергии. Однако применение ВИЭ в изолированных районах куда более оправдано: это позволит ощутимо снизить стоимость генерации энергии в отдаленных населенных пунктах, снизить нагрузку на всех потребителей энергии, а также уменьшить объем выбросов загрязняющих веществ в воздух.

По итогам исследования можно сделать вывод, что возобновляемая энергетика стремительно развивается — с каждым годом совершенствуются технологии, установленные мощности электростанций растут, а стоимость вырабатываемого ими электричества снижается. Применение Россией успешных практик стран-пионеров возобновляемой энергетики, позволяет создать фундамент для развития ВИЭ, однако существующие барьеры сдерживают их потенциал. Для Красноярского края характерна та же проблема — у региона есть значительный потенциал, но реализовать его затруднительно.

Тем не менее, можно сделать вывод, что внедрение ВИЭ в Красноярском крае эффективно, однако на текущий момент — только в изолированных от центрального энергоснабжения районах.

Список литературы

1. *Аликеримова Т.Д., Ниналалов С.А.* Анализ эффективности государственной поддержки возобновляемых источников энергии в России // Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. — 2019. — № 2-1. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-gosudarstvennoy-podderzhki-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-v-rossii (дата обращения: 08.05.2020).

2. *Аубакиров Р.Д.* Пример расчета параметров ветроэнергетической установки для потребителя малой мощности / Р.Д. Аубакиров, А.О. Вирайло, Е.В. Гаврилович. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 28.2 (132.2). — С. 1–7. — URL: https://moluch.ru/archive/132/36967/ (дата обращения: 06.05.2020).
3. Биогазовые установки // Официальный сайт компании «БиоЭнергоСила» // URL: http://www.bioenergosila.ru/services/biogas/ (дата обращения 05.04.2020).
4. Возобновляемые источники энергии. Об отрасли // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: https://minenergo.gov.ru/node/489 (дата обращения 05.04.2020).
5. Ветряная электрическая станция в Ульяновской области // Официальный сайт компании «Фортум» // URL: https://www.fortum.ru/vetryanaya-elektricheskaya-stanciya-v-ulyanovskoy-oblasti (дата обращения: 01.05.2020).
6. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году» // Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края. — URL: http://mpr.krskstate.ru/dat/File/3/Gosdoklad%20.pdf (дата обращения 05.04.2020).
7. Инвестиции в возобновляемую энергетику // Министерство промышленности, энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Красноярского края. — URL: http://gkh24.ru/pages/view/61 / (дата обращения 15.04.2020).
8. *Каланов Алишер.* «Возобновляемая энергетика в России: стоять на месте или сделать первый шаг» // Журнал Forbes. — URL: https://www.forbes.ru/biznes/342905-vozobnovlyaemaya-energetika-v-rossii-stoyat-na-meste-ili-sdelat-pervyy-shag (дата обращения 05.04.2020).
9. Модернизация ТЭС: маневр уклонения от рынка? // VYGON Consulting — ноябрь 2017 г. — URL: https://vygon.consulting/upload/iblock/7f1/vygon_consulting_power_plants_modernization.pdf (дата обращения 05.04.2020).
10. МРСК Сибири за два года направит на цифровизацию сетей более 6,5 млрд рублей // Информационное агентство ТАСС. — URL: https://tass.ru/ekonomika/6515200 (дата обращения 05.04.2020).
11. МРСК Сибири планирует завершить создание 2-й цифровой подстанции в Красноярске уже в августе 2019 г. // Журнал «Нефтегаз». — URL: https://neftegaz.ru/news/powernetworks/193394-mrsk-sibiri-planiruet-zavershit-sozdanie-2-y-tsifrovoy-podstantsii-v-krasnoyarske-uzhe-v-avguste-201/ (дата обращения 05.04.2020).
12. *Никоноров С.М., Барабошкина А.В.* Цели устойчивого развития и система зеленых финансов в Китае и в России // Менеджмент и бизнес-администрирование. — 2018. — № 2. — С. 136–145.
13. Обзор электроэнергетической отрасли России // Ernst & Young. — URL: https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-power-market-russia-2018/$File/EY-power-market-russia-2018.pdf (дата обращения 05.04.2020).
14. О мерах по стимулированию использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности // Официальный сайт Правительства России. — URL: http://government.ru/docs/20510/ (дата обращения 05.04.2020).
15. Определены поставщики гидросилового оборудования для Красногорских МГЭС // ПАО «РусГидро». — URL: http://www.rushydro.ru/press/news/110853.html (дата обращения 05.04.2020).
16. *Папенов К.В., Никоноров С.М.* Зеленая экономика для устойчивого развития в системе природа-человек-производство // Сборник статей Международной научно-практической конференции Экономика и экология: тренды, проблемы. решения, 23–24.11.2017 г., г. Чебоксары, ЧГУ. —Чебоксары, 2017. — С. 56–61.
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2013 г. № 449 (ред. от 10.03.2020) «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» // URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=347433&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.23295776881821317#08851836037191898 (дата обращения 05.04.2020).
18. Распоряжение от 28 июля 2015 г. № 1472-р. // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. — URL: http://static.government.ru/media/files/goomAd8bkYkAzjAwAOpRJ5pt2mjqbviW.pdf (дата обращения 19.04.2020).
19. Сектор устойчивого развития // Московская биржа. — URL: https://www.moex.com/s3019?utm_source=www.moex.com&utm_term=%D1%81%D0%B5%D0%B3%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%20%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%8B%D1%85 (дата обращения 05.05.2020).

20. Современный Красноярский край // Официальный портал Красноярского края. — URL: http://www.krskstate.ru/about (дата обращения 05.04.2020).
21. Солнечные модули // Группа компаний «Хевел». — URL: https://www.hevelsolar.com/catalog/solnechnye-moduli/ (дата обращения 05.04.2020).
22. Data and statistics // IRENA. — URL: https://www.irena.org/Statistics (Дата обращения: 21.04.2020).
23. Remap 2030 Renewable Energy Prospects for Russian Federation, Working paper, IRENA, Abu Dhabi. // IRENA (2017). — URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Apr/IRENA_REmap_Russia_paper_2017.pdf (дата обращения 05.04.2020).