

УДК 659.1

П.И. Комаров, А.П. Новиков

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Смоленск,
email: PIKomarov@fa.ru

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, экономическая эффективность, метод DEA.

В настоящее время, в связи с рядом причин, все большее внимание уделяется возобновляемым источникам энергии. В РФ число проектов генерации с использованием возобновляемых источников энергии невелико, по установленной мощности они уступают зарубежным. Поэтому анализ зарубежного опыта финансирования проектов, эксплуатации и оценка эффективности станций, использующих возобновляемые источники энергии, являются актуальными.

P.I. Komarov, A.P. Novikov

Financial University under the Government of the Russian Federation, Smolensk,
email: PIKomarov@fa.ru

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF STATIONS USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Keywords: renewable energy sources, economic efficiency, DEA method.

Currently, due to a number of reasons, more and more attention is being paid to renewable energy sources. In the Russian Federation, the number of generation projects using renewable energy sources is small, they are inferior to foreign ones in terms of installed capacity. Therefore, the analysis of foreign experience in financing projects, operation and evaluation of the efficiency of plants using renewable energy sources are relevant.

В мировой экономике, несмотря на внедрение энергосберегающих технологий, постоянно растет потребление различных видов энергии. Так за период 2009-2017 гг. рост составил более 25%. Причинами тому являются глобализация, увеличение численности населения Земли, повышенные требования к качеству жизни, особенно в развитых странах. Генерация энергии приводит к истощению ископаемых источников энергии и, по мнению многих ученых, является причиной глобального потепления. Как альтернатива ископаемым источникам энергии все большее внимание уделяется возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Станции, использующие ВИЭ (СИВИЭ) по сравнению с традиционными, обладают значительными преимуществами: источник энергии для них «бесплатен» и неисчерпаем. Эксплуатационные затраты для таких станций невысоки, хотя следует отметить, что на текущей стадии развития технологий велики капитальные вложения в строительство

СИВИЭ. В 2014 году темпы роста традиционной энергетики и возобновляемой энергетики сравнялись. Инвестировать в СИВИЭ стало выгоднее.

Федеральный закон «Об электроэнергетике» определяет ВИЭ следующим образом: «...энергия солнца, энергия ветра, энергия вод, ... энергия приливов, энергия волн водных объектов, ... геотермальная энергия, ... биомасса, ...» [1].

В Российской Федерации число проектов генерации с использованием возобновляемых источников энергии невелико, по сравнению с европейскими странами, США и Китаем, и по мощности они уступают зарубежным. Причин этому несколько, в частности, наличие значительных запасов ископаемого топлива (нефть, газ, уголь). Если говорить о ВИЭ, в основном упор делается на мощные гидроэлектростанции. Количество станций, использующих другие виды ВИЭ невелико и развивается это направление, в основном, благодаря мерам государственной поддержки.

Поэтому анализ зарубежного опыта финансирования проектов ВИЭ, изучение экономики и особенностей эксплуатации СИВИЭ, адаптация полученных знаний к реалиям отечественной энергетики и экономики является актуальным для России.

Цель исследования – финансирование проектов ВИЭ, особенности эксплуатации и эффективность СИВИЭ.

Задачи исследования:

- рассмотреть особенности финансирования проектов ВИЭ, экономику и проблемы эксплуатации СИВИЭ
- по методу DEA провести оценку эффективности эксплуатации СИВИЭ.

Проведение исследования базируется на информации из открытых источников. В частности, оценка эффективности функционирования объектов ВИЭ проводилась на основе данных о показателях СИВИЭ.

Обработка данных осуществлялась с использованием программного продукта: MaxDEA Software [15].

Особенности финансирования объектов ВИЭ

Финансирование объектов ВИЭ имеет множество различных особенностей, в связи с которыми не получает должного инвестирования в исследование и разработку природной энергии. Венчурные фонды, бизнес-ангелы и частные лица не хотят излишне рисковать, вкладываясь в отрасль с отсутствием достоверной информации и крайне неопределенным результатом. Именно по этой причине, для привлечения частных средств требуются государственные гарантии, обеспечивающие приток частных кредитов и инвестиций от компаний, работающих в инновационной сфере.

Меры государственной поддержки и политики не стоят на месте и развиваются совместно с рассматриваемой отраслью. На начальных этапах практически все меры были направлены на устранение разницы в затратах на выработку энергии из возобновляемых и не возобновляемых источников. Теперь же меры поддержки направляются на снижение рисков при инвестировании в капиталоемкие процессы.

Раньше «зеленые» ставки были основным инструментом поддержки ВИЭ, сейчас же к ним добавились «зеленые» займы, «экологический» лизинг, «экологическое» кредитование [10].

Важную роль в «зеленом» финансировании могут играть венчурный и частный акционерный капиталы.

Одной из основных особенностей финансирования проектов ВЭИ выступает их капиталоемкость. Она является дополнительным риском для вкладчика, за который он ожидает большую отдачу [8].

Важное место при поиске средств на развитие альтернативной энергии занимает стадия реализации проекта. На предпосевной стадии, при разработке НИОКР, мероприятия проводятся государственными научно-исследовательскими институтами или частными организациями, получившими грант или субсидию.

На этапе стартапа бизнес-ангелы (инвесторы, вкладывающиеся в инновационные проекты в начале их пути и принимающие участие в их развитии) и венчурные фонды финансируют новые идеи для получения многопроцентной прибыли.

На стадии рыночного запуска принимают участие субъекты частного сектора, способствуя выходу продукта к потребителю. Фирмы сосредотачиваются на рынке развития, тогда как банки, инвесторы и фонды призваны спонсировать производство и маркетинг.

Принятые временем технологии могут привлечь долгосрочные проектные инвестиции для расширения производства. Выработаны следующие способы финансирования: банковское кредитование, проектное финансирование, гранты и кредиты международных финансовых институтов, финансирование через генерального подрядчика, экспортно-кредитные агентства, эмиссия зеленых облигаций и другие.

Западные ученые, в свою очередь, основываются на том факте, что успех проектов ВИЭ определяет соотношение государственных и частных вложений. Наверное, главная цель при поиске денежных средств на реализацию замысла – найти венчурный фонд. Государство, как правило, осуществляет косвенную поддержку (гранты, различного рода льготы). В свою очередь, венчурные фонды и частные инвесторы, как было сказано незадолго, неохотно вкладываются в долго окупаемые ВИЭ. Они всегда сравнивают между собой традиционную энергетику (ГЭС, ТЭЦ, АЭС) и станции на возобновляемых источниках.

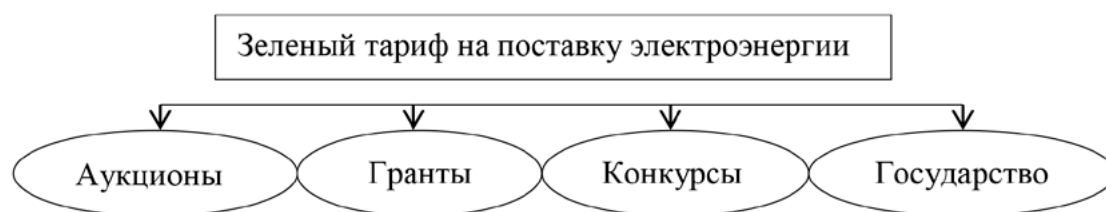


Рис. 1. Способы определения размера зеленого тарифа

В странах Европы, где хорошо развита возобновляемая энергетика, государство активно поддерживает ветровую, солнечную, приливную и геотермальную энергетику. Наиболее часто используемая поддержка – зеленый тариф на поставку электроэнергии (feed-in tariff). Способы определения размера тарифа, представлены на рисунке 1.

С 2013 года началась активная разработка и внедрение новых источников дохода для развития отрасли. Среди наиболее популярных можно назвать «зеленые» облигации, синдицированное кредитование и секьюритизацию, открывшие новые возможности. Одна из последних новаций – «зеленые банки».

Капитал на офшорные станции, расположенные в Европе, берется из различных источников, основные из них – доленое финансирование и банковский кредит. Часто в реализацию проекта включаются страховые и энергетические компании, инвестиционные и пенсионные фонды. Кроме того, применяется синдицированное кредитование при участии Европейского инвестиционного банка, банка реконструкции и развития, северного инвестиционного банка, что снижает риски.

Государства Европы активно развивают данную отрасль, внедряя программы поддержки и принимая непосредственное участие в них.

В России обстоит дело по-другому, альтернативная энергетика, входящая в «призовые» места по объемам финансирования за рубежом, у нас не столь популярна для инвесторов.

Привлечение внешнего финансирования для крупных проектов, связанных с производством энергии из возобновля-

емых источников, имеет решающее значение для развития сектора.

Отечественные исследователи, среди которых Г. Гуров, С. Ратнер, Т. Седаш, М. Шклярчук, указывают, что в стране применяются не все существующие инструменты и методы финансирования, а некоторые из них сильно ограничены (совместные проекты в рамках Киотского протокола). Ученые предлагают привлекать международные финансовые организации (IFC, МБРР, ЕБРР), как инвесторов для проектов возобновляемой энергетики, но, в связи с нынешней геополитической обстановкой, подход практически не осуществим [2].

Иногда могут использоваться производственные стимулы, связанные объемами вырабатываемой энергией на электростанции и поставляемой потребителям. В некоторых случаях затраты на производство могут быть частично возмещены.

Станции на возобновляемых источниках имеют ряд особенностей в работе. Преимуществом выступает то, что легко сделать подсчет стоимости и количество выработки энергии. Операционные затраты можно вычислить на длительный период, и они будут колебаться незначительно.

За рубежом множество компаний активно участвуют в долеом финансировании экологических стартапов (enel green power, orsted, masdar).

Другим перспективным инструментом финансирования инвестиционных проектов в области ВИЭ стали кредиты так называемых револьверных фондов. Револьверный фонд создается в целях финансирования конкретного направления деятельности, определяемого инвесторами и владельцами фонда.

Экономика ВИЭ

Состав затрат на средства производства объектов ВИЭ отличается от традиционной энергетики. В большинстве случаев, соотношение капитальных и текущих расходов имеет отношение 80 к 20.

По данной причине, объекты ВИЭ выделяются из всех инвестиционных проектов.

Собственные средства, как правило, находятся в пределе от 20 до 40% стоимости проекта. Оставшиеся 60-80% привлекаются с помощью различных мероприятий долгового финансирования [11].

О том эффективна ли альтернативная энергетика, говорится часто. Один из основных показателей – стоимость единицы выработки (например, кВт/ч).

Применяется множество оценок, но стоимость – интегральный показатель, рассмотрим ее составляющие.

Затраты группируются по 2 основным направлениям:

1. Инвестиционные затраты – затраты на создание объекта. Большую их часть составляют здания и дополнение к ним, стоимость земельного участка, оборудования и разработка инфраструктуры.

2. Операционные затраты – затраты, позволяющие выпускать продукцию, в нашем случае, производить определенное количество энергии (сырье, материалы и комплектующие, налоговые платежи, оплата труда).

Далее, операционные затраты делятся на:

2.1. Постоянные, которые не зависят от объемов выработки (зарботная плата административного персонала, поддержание работоспособности оборудования, охрана)

2.2. Переменные, которые, соответственно, зависят объемов выработки (сырье и материалы, необходимые для производства, зарботная плата производственного персонала). [12]

Главное отличие затрат на станциях, работающих на ископаемом и возобновляемом топливе состоит в том, что на первых переменные затраты высоки, на вторых – практически отсутствуют.

Цена на газ, нефть, уголь на традиционных станциях составляет до 80% и более от переменных затрат. На возобновляемых источниках – природное сырье,

принято считать «условно бесплатным», что и делает их конкурентоспособными в долгосрочном периоде.

Не обойтись и без недостатков, продиктованных природой энергоносителя и вызванных высокими инвестиционными затратами, увеличивающими операционные расходы. Именно инвестиционная составляющая ведёт к снижению ценовой конкурентоспособности ВИЭ в целом.

Ввод в эксплуатацию объектов, возобновляемой энергетики, во всех случаях дороже, чем не возобновляемых. Хотя дальнейшее обслуживание, наоборот, дешевле по понятным причинам.

В теории станции на ВИЭ окупятся в любом случае, огромная проблема заключается в том, что на практике ее срок окупаемости, практически всегда превышает срок службы оборудования. Снижение инвестиционных затрат для ВИЭ является вопросом научно-технического прогресса, развития технологий.

Возврат инвестиций десятилетиями не привлекает инвесторов частного сектора, поэтому требуется большая поддержка со стороны государства даже сегодня. Именно из-за этого поддержка более рациональна на инвестиционной стадии, в качестве компенсации затрат, а не предлагаемые льготы в период эксплуатации.

В большинстве своем, усреднённые производственные затраты ниже у станций на углеводородном топливе.

Инвестиционные затраты для станций нового типа могут отличаться в несколько раз: на солнечных электростанциях в 5, на ветровых в 6.

Есть также данные о выработке электроэнергии рядом солнечных станций, введенных в эксплуатацию в последние годы. Выровненные инвестиционные затраты на выработку 1 кВт·ч электроэнергии на российских солнечных электростанциях составляют 2,2–2,7 руб/кВт·ч, средняя величина 2,5 руб/кВт·ч.

На сегодняшний день данных об экономических составляющих на возобновляемых энергоустройствах в России слишком мало. Окончательно запущенных программ слишком мало, тем более крупных, зато много анонсированных.

Инвестиционные затраты по СИ-ВИЭ, преодолевших конкурсный от-

бор с 2013 по 2016 годы, для разработок в солнечной энергетике колеблются от – 95 000 руб/кВт (СЭС «Рудник») до 130 000 руб/кВт (Алтайская «СЭС-5»); для проектов в ветроэнергетики – от 65 000 руб/кВт до 150 000 руб/кВт.

Получить информацию об операционных затратах на российском рынке ВИЭ практически невозможно.

Зарубежные источники, в частности американские и европейские, сообщают, что операционные затраты могут отличаться в несколько раз: для станций на солнечной энергии мощностью от 5МВт, от 21 до 90 евро/кВт при усредненных данных 40-70 евро/кВт в год; для тех же станций мощностью от 100 кВт 60-90 евро/кВт в год; для станций на ветровой энергии 29-80 (в среднем от 40 до 60) евро/кВт.

О доходности, а тем более прибыльности рассматриваемых станций пока говорить, наверное, слишком рано. Отрасль стала развиваться не так давно, затраты слишком велики, поэтому трудно спрогнозировать будущую ситуацию.

За десятилетний период по 2015 год мировые вложения в регенеративную энергетику возросли в 4 раза и поставили рекорд в сумме около 323.4 млрд. дол.

Наибольшие капиталовложения осуществляют США, Европа, Китай и совместно страны АТР (не считая Индию и Китай). Именно на них приходится 85% инвестиций рынка энергии будущего. Объем инвестиций в 2015 году был распределен между Китаем – 36%, США, Европа и страны АТР (за исключением Индии и Китая) вложили по 16% каждая от общего количества инвестиций.

В последующее время Китай увеличил вложения до 45,2% (почти 127 млрд. долл.), а Соединённые Штаты Америки, страны Европы и АТР снизили инвестиции до 14,5%.

Важно отметить парадокс, заключающийся в структуре источников финансирования, который показал, что максимальный объем поддержки государства пришёлся на 2012 год и составил 26,1 млрд. долл. (частные – 244 млрд. долл.), а в 2015, когда зафиксировано пиковое значение частных инвестиций в размере 323,4 млрд. долл., государственные сократились до 15,7 млрд. долл.

Но в 2022 году рекорд 2015 года впервые был превышен, общее финансирование энергии было на отметке 2,4 трлн. долл., по предварительным данным МЭА. Больше половины 1,44 трлн. долл. пришлось на чистую энергию. Но издание Bloomberg New Energy Finance приводит другие данные, согласно которым, вложения в чистую и ископаемую энергию примерно равны и находятся на уровне 1 трлн. долл. [11]

При сравнении инвестиций в традиционную и альтернативную энергию будущего, следует отметить, что в новый вид вкладывается в 1,5 раза больше. Но даже этого показателя недостаточно по мнению Бироля: «Если мы хотим достичь цели по ограничению роста температуры 1,5 градуса, соотношение должно быть 1 к 9».

Bloomberg NEF, упоминаемый ранее, произвел расчеты, показавшие, что вложения в энергопереход должны вырасти, как минимум, в 3 раза для получения возможности сведения углеродного следа к нулю к 2050 году [4].

В общем, по некоторым подсчётам, за период с 2018 по 2050 инвестировать нужно около 8,5 трлн. долл.

Проблемы эксплуатации и использования объектов ВИЭ

Возобновляемые источники энергии, по мнению ряда ученых и политиков, признаны спасти экологическую ситуацию на Земле. Но на самом деле «зелёные» технологии не настолько уж экологически чисты.

Так руководитель кафедры контроля за изменением климата ДВФУ Ольга Нестерова считает, что все разговоры о разных видах зеленой энергетики, можно назвать, общественным заблуждением.

«При рассмотрении процесса производства и утилизации деталей для станций возобновляемой энергии можно понять, что это совсем не экологичные производства. В Америке, к примеру, протесты сельских жителей вызывали отчуждение больших сельскохозяйственных территорий под расположение солнечных электростанций» [5].

Одной из причин глобального потепления являются парниковые газы. Для их снижения необходимо перейти на возобновляемые источники энергии.

Хотя по заявлениям некоторых учёных, данный вид энергии не такой безвредный, как мы считаем. В результате получается очень странная ситуация, при которой из-за ВИЭ ставятся под угрозы растения и животные, причем не исключение виды, занесённые в Красную книгу, нарушается баланс в природных экосистемах.

Профессор экологии в Государственном университете Калифорнии, автор книги «Солнечная энергия», считает, что смена не возобновляемых источников возобновляемыми – попытка избавиться от одной проблемы, создав другую [4].

По мнению сотрудника МГУ К. Дегтярева на активной фазе жизненного цикла ВЭС, СЭС, геотермальные и приливные станции можно признать экологичными, они не выделяют углекислый газ, но если проследить путь от создания деталей до стадии утилизации, то углеродный след не менее экологичен, чем это кажется. [12]

Более того, в процессе производства и эксплуатации СИВИЭ происходит дифференциация процессов, в результате которых выгоды получают одни, а издержки другие. Так, например, создания солнечных элементов, связанных с вредными веществами, располагаются зачастую в Китае, а приносят пользу они западным и Европейским странам.

«Развитие энергетики на ВИЭ требует дополнительного использования невозобновляемых ресурсов: сырья для удобрений в случае с биоэнергетикой, металла для оборудования и строительных конструкций, ископаемого природного газа для производства водородного топлива, энергии из ископаемых источников для работы производств такого рода» [13].

Таким образом, расширение использования ВИЭ влечет за собой увеличение использования невозобновляемых ресурсов.

При строительстве приливных и гидроэлектростанций затоплению подвергаются огромные территории, пригодных для жизни и ведения хозяйства. Геотермальная энергетика подвергается загрязнению, причем химическому, почвы и воды. Для биоэнергетики необходимы плодородные земли (приходится использовать удобрения) для возделывания будущего «топлива».

Ветрогенераторы, вырабатывающие, казалось бы, безопасную для природы энергию, оказывают значительное негативное воздействие на нее.

Рассмотрим некоторые проблемы более подробно.

Как правило, жители относятся негативно к ветрогенераторам, потому что они создают звуковое давление. На расстоянии 20 метров от турбины громкость создаваемого ее шума составляет около 50дБ, что не превышает допустимые санитарные нормы.

Но куда опаснее создаваемый лопастями инфразвук. Он не слышим, но влияет на вестибулярный аппарат. Низкочастотные шумы вызывают дезориентацию человека, тошноту и головокружение.

Люди, живущие рядом с ветровыми турбинами, ощущали схожие симптомы: головокружение, шум в ушах, головная боль, тошнота, нарушение сна, ощущение пульсации, тахикардия.

Сильные вибрации, по словам биологов, могут повлиять на животных, живущих около ветряных станций, и им придется переселяться, впоследствии будет нарушен биобаланс.

Кроме того, пролетающие мимо птицы не имеют шансов остаться в живых, так как скорость вращения может достигать 288 км/ч. В большей части случаев погибают ястребы, орлы, совы и летучие мыши. Ежегодно на каждой станции в США погибает около 10 000 птиц, в том числе охраняемых. Ко всему прочему, ВЭС часто строятся по птичьим маршрутам [7].

Для птиц опасность представляют не только ВЭС, но и СЭС башенного типа. При приближении к зоне концентрации солнечного света особи погибают. На СЭС Айвонпа каждые несколько минут сгорает по одной птице или насекомому.

Под строительство солнечных электростанций требуется отчуждать большие земельные угодья. Так, например, в СЭС Перово используется 440 000 фотоэлектрических пластин, занимающих 259 футбольных полей (в среднем размер одного поля 105 на 68 метров). В следствии этого, они создают большое затенение территорий, приводящее к деградации почвенного состава, растительности и мест обитания насекомых.

Таблица 1

Технико-экономические данные СИВИЭ

Станция	Инвестиции (млрд. руб.)	Мощность (МВт)	Среднегодо- вая выработка (МВт-час)	Тариф (руб.)	Операционные – затраты год (тыс. руб.)
Сулинская ВЭС	2,9	100	125	6,5	650
Нижне-Бурейская ГЭС	31,3	320	1670	6,32	2022,4
Перово СЭС	17	105	132,5	8	840
Адыгейский ветропарк	20	150	354	7,1	1065
Солнечная электростанция си- стемы Solar-Plus- Storage	121	2200	2340	25,5	56100
Gemasolar	11,39	20	110	44,3	886
Солнечная фотоэ- лектрическая (PV) станция Нуньес- де-Бальбоа	20,1	500	832	35	17500
СЭС Айванпа	110	392	1080	21,4	8388,8
Huwind Scotland	1,87	30	135	11,36	340,8
Абаканская СЭС	0,6	5	7	9,5	49,4

Источники данного типа нагревают воздух, вокруг мест своего расположения, вызывая изменение теплового баланса, направлению ветров и влажности. Были случаи возгораний систем от перегрева.

В работе систем применяются низкокипящие жидкости. Их длительная эксплуатация приводит к утечке, вредные химические вещества попадают в чистую воду и почву.

Солнечные станции, в принципе, как и другие возобновляемые источники энергии, изучены достаточно мало для отнесения их к экологически чистым источникам.

Как ни странно, наше желание убежать текущий климат с помощью ВИЭ, носит разрушительный характер. Даже если не брать во внимание отрицательное воздействие самих станций на возобновляемых источниках, для хранения и выработки энергии необходимо будет создание дополнительных мощностей.

Для производства, к примеру, аккумуляторов используются различные

металлы (литий, кобальт, марганец, никель). В результате чего, спрос на них возрастает. Для его удовлетворения разрабатываются новые месторождения, разрушающие привычный ландшафт и убивающие флору и фауну.

Более того, увеличение количество добываемого лития приведет к исчезновению некоторых растений. Допустим, гречка «Тима» растет исключительно в почвах с высоким содержанием лития [4].

После отработки срока полезного использования, не такого уж большого (30-40 лет), возникает проблема утилизации отходов. Технологии утилизации отходов разработаны не для всех материалов, поэтому часто их просто хоронят в специальных «могильниках».

Оценка эффективности объектов ВИЭ методом DEA

Управление экономическими объектами любой сферы деятельности требует измерения и анализа эффективности их функционирования. Измерение и анализ

эффективности производится как на основе моделей, соответствующих природе изучаемого объекта, так и с точки зрения субъекта, производящего оценку, результатом чего стало отсутствие однозначно трактуемого понятия «эффективность». При этом в практике управления различают результативность (effectiveness), она оценивается на основе достижения поставленной цели, и экономичность (efficiency), т.е. количество затраченных ресурсов на единицу результата.

Оценивать эффективность бизнес-единиц на основе имеющихся у них производственных возможностей было предложено Фареллом (Farrell) [13]. Базовым элементом в модели Фарелла является граница производственных возможностей. Авторство метода Data Envelopment Analysis (DEA) при-

надлежит Чарнсу (CHARNES), Куперу (COOPER) и Родесу (RHODES) [14]. Разработанная ими модель получила название ССР-модель.

Для анализа эффективности СИВИЭ воспользуемся данными таблицы 1.

За входные переменные модели примем объем инвестиций, тариф и операционные затраты.

Такой выбор входных переменных объясняется необходимостью получить максимальный выход при минимальных значениях входных переменных: необходимо минимизировать значения тарифа и годовых операционных затрат.

За выходные переменные модели примем мощность и среднегодовую выработку.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов оценки эффективности СИВИЭ

DMU	Score	Benchmark(Lambda)	Proportionate_Movement(Мощность)	Slack_Movement(Мощность)	Projection(Мощность)	Proportionate_Movement(Среднегодовая_выработка)	Slack_Movement(Среднегодовая_выработка)	Projection(Среднегодовая_выработка)
Gemasolar	0,17	Hywind Scotland(0,68); Нижне-Бурейская ГЭС(0,32)	94,86	9,01	123,87	521,74	0,00	631,74
Hywind Scotland	1,00	Hywind Scotland(1,00)	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	135,00
Абаканская СЭС	0,65	Нижне-Бурейская ГЭС(0,02); Сулинская ВЭС(0,02)	2,75	0,00	7,75	3,85	20,48	31,33
Адыгейский ветропарк	0,89	Нижне-Бурейская ГЭС(0,53)	18,51	0,00	168,51	43,69	481,74	879,43

продолжение табл. 2

окончание табл. 2								
Нижне-Бурейская ГЭС	1,00	Нижне-Бурейская ГЭС(1,00)	0,00	0,00	320,00	0,00	0,00	1670,00
Перово СЭС	0,79	Нижне-Бурейская ГЭС(0,42)	27,91	0,00	132,91	35,22	525,91	693,63
Солнечная фотоэлектрическая (PV) станция Нуньес-де-Бальбоа	0,90	Hywind Scotland(0,13); Нижне-Бурейская ГЭС(0,17); Сулинская ВЭС(4,99)	58,05	0,00	558,05	96,60	0,00	928,60
Солнечная электростанция системы Solar-Plus-Storage	1,00	солнечная электростанция системы Solar-Plus-Storage(1,00)	0,00	0,00	2200,00	0,00	0,00	2340,00
Сулинская ВЭС	1,00	Сулинская ВЭС(1,00)	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	125,00
СЭС Айванпа	0,35	Нижне-Бурейская ГЭС(3,26); солнечная электростанция системы Solar-Plus-Storage(0,03)	720,76	0,00	1112,76	1985,75	2447,64	5513,39

Таблица 3

Сравнение значений выходных показателей при достижении единичной эффективности

6162Станция	Мощность	Мощность при условии единичной эффективности	Среднегодовая выработка	Среднегодовая выработки при условии единичной эффективности	Недобор по мощности	Недобор по среднегодовой выработке
Сулинская ВЭС	100	100	125	125	0	0
Нижне-Бурейская ГЭС	320	320	1670	1670	0	0
Перово СЭС	105	132,91	132,5	693,63	27,91	561,13
Адыгейский ветропарк	150	168,51	354	879,43	18,51	525,43
Солнечная электростанция системы Solar-Plus-Storage	2200	2200	2340	2340	0	0
Gemasolar	20	123,87	110	631,74	103,87	521,74
Солнечная фотоэлектрическая (PV) станция Нуньес-де-Бальбоа	500	558,05	832	928	58,05	96
СЭС Айванпа	392	1112,76	1080	5513,39	720,76	4433,39
Hywind Scotland	30	30	135	135	0	0
Абаканская СЭС	5	7,75	7	31,33	2,75	24,33

Обозначения, использованные в заголовке таблицы 2:

- DMU (Decision Making Units) – единица, принимающая решения;
- Score – оценка эффективности;
- Benchmark (Lambda) – весовой коэффициент для эффективного DMU, с которым он входит в гипотетический объект, который будет эффективным для данного неэффективного объекта;
- Proportionate_Movement(переменная) – значение, выводящее переменную на границе эффективности;
- Slack_Movement(переменная) – смещение по границе эффективности, при котором достигается эффективность в смысле Парето– Купманса
- Projection(переменная) – значение переменной соответствующее точке эффективности.

Из таблицы 2 следует, что эффективными являются следующие объекты, использующие ВИЭ: Hywind Scotland; Нижне-Бурейская ГЭС; солнечная электростанция системы Solar-Plus-Storage; Сулинская ВЭС.

Чтобы сравнить реальные значения показателей СИВИЭ со значениями, соответствующими единичной эффективности, рассмотрим таблицу 3, полученную из таблиц 1 и 2.

Как видно из таблицы 3, недобор по мощности составляет 931,85 МВт и по среднегодовой выработке 6162,02 МВт-час.

К сожалению, недостаточное количество данных не позволяет проанализировать причины, по которым некоторые объекты не выходят на единичную эффективность.

Выводы

Мы привыкли, что повсюду нам транслируют о необходимости перехода на «зелёную» энергию. Но если всерьёз задуматься и изучить проблему возобновляемых источников энергии, то становится все далеко не так очевидно. Даже мнения учёных, некоторые из них

приводились в статье, на сегодняшний день, расходятся.

Мир ежегодно тратит 330 млрд. долл. на развитие возобновляемых источников энергии. Расходы за период с 2013 году по 2021 возросли почти с 211 до 366 млрд. долл., но приносят ли данные вложения пользу природе большой вопрос, на который сейчас нет однозначного ответа.

Деятельность человека даёт от 33 до 50 млрд. тонн углекислого газа, что составляет лишь 10% выделяемого углекислого газа. Но по оценкам, так называемых, элит, именно 10% выделяемого человечеством CO₂ катастрофически опаснее, чем, допустим, 450 млрд. тонн CO₂, выделяемого мировым океаном и гниющими растениями. Поэтому жизненно необходимо отказаться от мировой энергетической системы. При этом, углекислый газ занимает от 5 до 26% места в парниковом эффекте, куда больше составляет водяной пар – 70%, но на это не обращают ни малейшего внимания.

Существуют, конечно, и неоспоримые недостатки тепловых электростанций – загрязнение атмосферы и ограниченность используемых ресурсов (газ, нефть, уголь), негативно сказывающихся на жизни и здоровье.

Также, с увеличением численности населения планеты и с постоянно возрастающим потреблением энергии ископаемых ресурсов надолго не хватит и нам придется переходить на возобновляемые источники.

Может быть и есть что-то рациональное в переходе на ВИЭ. Хотя, повторимся, чем больше развивается эта отрасль, тем больше она критикуется экспертами.

На сегодня нельзя однозначно сказать хорошо использовать природную энергию или плохо. Европейские страны вынуждены использовать энергию солнца, ветра, воды, так как не имеют собственного топлива для привычных систем. В России совсем другая ситуация, на нашей территории большие запасы ископаемого сырья.

Библиографический список

1. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 №35-ФЗ.
2. Бушукина В.И. Особенности развития возобновляемой энергетики в мире и в России // Финансовый журнал. 2021. Т. 13. № 5. С. 93-107.

3. Бушукина В.И. Финансирование инвестиционных проектов в области возобновляемой энергетики // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2019. Т. 19, № 1. С. 50-57. DOI: 10.14529/power190106.
4. Жуков А. Возобновляемые источники энергии угрожают биоразнообразию // Hi-News.ru. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-news.ru/eto-interesno/vozobnovlyaemye-istochniki-energii-ugrozhayut-bioraznoobraziyu.html> (дата обращения 01.05.2023).
5. Задера С. Возобновляемые источники энергии не так безвредны для природы, как про них думают // RGRU. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2022/12/11/pro-energiu-nachistotu.html> (дата обращения: 30.04.2023).
6. Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность: Материалы IV Международного конгресса REENCON-XXI «Возобновляемая энергетика XXI век. Сколково, 5-6 июня 2018 г. / Под ред. к.ф.-м.н Д.О. Дуникова, д.т.н. О.С. Попеля. М.: ОИВТ РАН. 2018. 259 с.
7. Барк И. Жертвы экологически чистой энергии: сколько птиц гибнет от ветрогенераторов // TechInsider. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techinsider.ru/science/579664-vyyasnilos-skolko-ptic-gibnet-ot-vetrogeneratorov/> (дата обращения 30.04.2023).
8. Бушукина В.И. Инвестиционные перспективы развития возобновляемой энергетики в России // Финансы и бизнес. 2019. Т. 15, № 3. С. 85-102. DOI: 10.31085/1814-4802-2019-15-3-85-102.
9. Хазова В.Н. Особенности привлечения финансирования для проектов возобновляемой энергетики // Московский экономический журнал. 2019. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-mail%3A%2F%2F182677259885227904%2F1.2&name=osobennosti-privlecheniya-finansirovaniya-dlya-proektovvozobnovlyaemoyenergetiki.pdf&uid=714696409&nosw=1> (дата обращения: 25.04.2023).
10. Чеботарева Г.С., Стриелковски В., Благинин В.А. Рынок возобновляемой энергетики: развитие и доходность компаний // Управленец. 2019 Т. 10, № 3. С. 58-69. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-3-6.
11. Дегтярев К.С. Экономика возобновляемой энергетики в мире и в России // СОК. 2018. № 9. С. 10-19.
12. Опасные-безопасные ветряные станции // Яндекс.Дзен, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/XWy3Y71jlgCs4gcB> (дата обращения 01.05.2023).
13. Farrell M.J. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). 1957. № 120 (3). P. 253-290.
14. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research. 1978. № 2 (6). P. 429-444.
15. MAX Dea. [Электронный ресурс]. URL: <http://maxdea.com/MaxDEA.htm> (дата обращения: 03.05.2023).