

<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-93-107>



Особенности развития возобновляемой энергетики в мире и в России

Виктория Игоревна Бушукина

E-mail: bu_victory@mail.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва 101000, Российская Федерация

Аннотация

Целью статьи является исследование теоретических и практических аспектов инвестиционной деятельности в области возобновляемой энергетики в мире и в России. Для достижения поставленной цели в ходе проработки теоретического материала проведен системный анализ существующих подходов к оценке механизмов финансирования проектов возобновляемой энергетики. Статистический и эконометрический инструментарий исследования включает методы корреляционного анализа и многофакторного регрессионного анализа. В ходе исследования рассмотрены финансовые риски и барьеры, сопутствующие финансированию проектов ВИЭ. Проанализировано развитие отрасли за последние десять лет, учтено влияние пандемии COVID-19 на электроэнергетику в целом и на возобновляемую энергетику в ряде стран. Установлено, что мир переходит к использованию ВИЭ, а в России им не уделяется должного внимания. Выявлено, что действующие энергоблоки тепловой генерации в России имеют большой возраст и в ближайшем будущем будут выводиться из эксплуатации. Исследовано современное состояние возобновляемой энергетики в России, меры ее поддержки и темп развития. Выявлены факторы, негативно влияющие на развитие отрасли возобновляемой энергетики в РФ. По результатам проведенного эмпирического исследования выяснилось, что для объектов ВИЭ строительство 1 МВт вводимых мощностей соответствует привлекаемым инвестициям в размере 2,5 млн дол. США.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, инвестиции, финансирование, субсидии, возобновляемая энергетика, электроэнергетика

JEL: D22, F34, G23

Для цитирования: Бушукина В. И. Особенности развития возобновляемой энергетики в мире и в России // Финансовый журнал. 2021. Т. 13. № 5. С. 93–107.

<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-93-107>

© Бушукина В. И., 2021

<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-93-107>

Specific Features of Renewable Energy Development in the World and Russia

Victoria I. Bushukina

HSE University, Moscow 101000, Russian Federation

bu_victory@mail.ru

Abstract

The purpose of the article is to study the theoretical and practical aspects of investment activities in the field of renewable energy in the world and in Russia. To achieve this goal, during the development of theoretical material, a systematic analysis of existing approaches to the assessment of financing mechanisms for renewable energy projects was carried out. Statistical and econometric research tools include correlation analysis and multivariate regression analysis. The article examines the development of renewable energy, its benefits, and investments in the industry. The financial risks and barriers associated with financing renewable energy projects are considered. The development of the industry over the past 10 years is analyzed, taking into account the impact of the COVID-19 pandemic on the electricity industry in general and on renewable energy in a number of countries. It is established that the world is shifting to the use of renewable energy sources, and in Russia they are not being given due attention. It is revealed that the existing thermal generation units in Russia are of great age and are to be decommissioned in the near future. The current state of renewable energy in Russia, measures to support it and the rate of its development are investigated. The technical potential of wind and solar power plants in the Russian Federation is considered within the aim of diversifying electricity production. The factors that negatively affect the development of the renewable energy industry are identified.

Keywords: renewable energy sources, investments, financing, subsidies, renewable energy, electricity

JEL: D22, F34, G23

For citation: Bushukina V.I. (2021). Specific Features of Renewable Energy Development in the World and Russia. *Financial Journal*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 93–107 (In Russ.).
<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-93-107>.

© Bushukina V.I., 2021

ВВЕДЕНИЕ

Достаточно большое внимание в мировом сообществе уделяется возобновляемой энергетике. В первую очередь акцент делается на экологическом аспекте, затем — на истощении добываемых ресурсов энергетике. С экономической точки зрения возобновляемая энергетика обладает огромным преимуществом. Источники энергии являются условно «бесплатными» и неограниченными. При значительных капитальных вложениях в строительство станций ВИЭ их эксплуатационные издержки невысоки [Бушукина В. И., 2019]. Рынок инвестиций в возобновляемую энергетику является перспективным и быстрорастущим. Технологии строительства станций улучшаются и удешевляются ежегодно. В 2014 г. впервые за всю историю стало выгоднее инвестировать в проекты возобновляемой энергетике, а не традиционной топливной, поскольку темпы роста этих отраслей сравнялись¹. Проекты возобновляемой энергетике в России довольно немногочисленные и по мощностям меньше зарубежных. Основной вид данных проектов — мощные гидроэлектростанции. Ветряная, солнечная и другие виды энергетике развиваются медленным темпом при существующих мерах государственной поддержки.

Актуальность исследования состоит в том, что область возобновляемой энергетике является мало исследованной именно с позиции способов финансирования данных проектов. Большинство исследователей занимаются общей аналитикой проектов ВИЭ и инвестиций в них, а число работ, связанных с рассмотрением особенностей финансирования конкретных проектов, невелико. Нет готовой статистической базы по существующим

¹ *Global Trends in Renewable Energy Investment 2020 / Frankfurt School UNEP Collaborating Centre, Bloomberg New Energy Finance, 2020.*

и планируемым проектам ВИЭ не только по мощности станций и общему объему инвестиций, но и по другим немаловажным факторам.

РАЗВИТИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ВИЭ

В общепринятом понимании возобновляемая энергия представляет собой энергию, которая является неисчерпаемой и происходит из природных ресурсов (солнце, ветер, водные потоки, приливы, геотермальное тепло). Грамотным решением будет относить к ВИЭ только те источники, которые восстанавливаются естественным путем вне зависимости от человека и без дополнительных вложений. Углеродные источники энергии имеют свойство восстанавливаться, но за очень длительный промежуток времени. Ископаемые, которые человечество потребляет сейчас, накапливались миллионы лет, а могут быть исчерпаны уже в ближайшее время при существующих темпах использования. В отличие от ВИЭ запасы невозобновляемых источников энергии уменьшаются, их добыча становится все сложнее и дороже [Бушукина В. И., 2019а]. В то же время интенсивное развитие научно-технического прогресса постоянно удешевляет процесс получения энергии от ВИЭ.

Рост населения Земли способствует развитию и освоению новых территорий, увеличению энергопотребления. Несмотря на энергоэффективные технологии и улучшение технических характеристик электроприборов, потребление электроэнергии выросло за исследуемый период на 20 %². Рост потребления электроэнергии происходит более быстрыми темпами, чем рост населения, что связано со стремительным развитием информационных технологий и их значительным местом в повседневной жизни современного человека. Доля ВИЭ в производстве электроэнергии в мире составляет (с учетом гидроэнергетики) около 26 % (табл. 1), большая часть электроэнергии произведена с помощью ископаемых источников энергии. Данная пропорция в производстве электроэнергии в мире способствует увеличению количества выбросов CO₂ в атмосферу. За последние десять лет они выросли почти на 9 %. Большое количество исследований посвящено климатическим изменениям и их последствиям, негативно сказывающимся на здоровье населения. Именно этот факт является одним из основополагающих при переходе к ВИЭ, помимо удорожания технологий добычи полезных ископаемых.

Таблица 1

Мировое производство электроэнергии / World electricity production

Ресурс	Год									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Мир, ТВт*ч	21 578	22 270	22 820	23 458	23 919	24 290	24 930	25 551	26 614	27 004
Ископаемые источники энергии, %	67	68	68	67	67	66	65	64	64	63
Возобновляемые источники энергии (без гидроэнергетики), %	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10
Гидроэнергетика, %	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Атомная энергетика, %	13	12	11	11	11	11	10	10	10	10
Другое, %	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

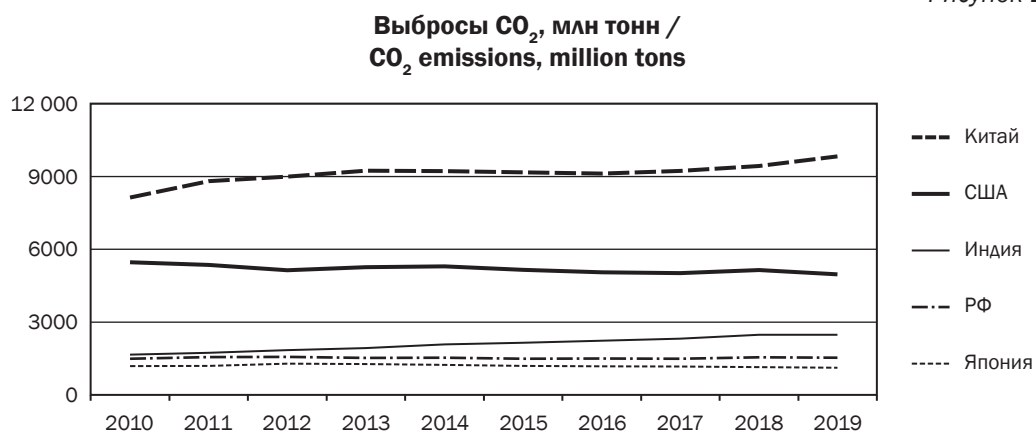
Источник: составлено автором по данным информационных ресурсов (IRENA, International Energy Outlook 2019, U.S. Energy Information Administration, BP Statistical Review of World Energy, 2020, BNEF, 2020) / Source: compiled by the author based on information resources.

² BP Statistical Review of World Energy, 2020.

Одним из главных вызовов, стоящих перед человечеством, является глобальное изменение климата. С конца XIX в. средняя температура поверхности Земли выросла на 8,5 % (на 1,1 градуса по Цельсию). Она растет в 60 раз быстрее, чем в конце последнего ледникового периода, когда отступали льды и формировался современный ландшафт [Юлкин М., 2019]. Период с 2014 по 2018 г. является самым теплым пятилетием за всю историю наблюдений. В Докладе о глобальных рисках 2019 г. опасные погодно-климатические явления поставлены на второе место по силе воздействия (после оружия массового поражения) и на первое место по вероятности наступления. Одним из основных факторов, оказывающих воздействие на климат, является содержание в атмосфере Земли мелких (взвешенных) частиц, аэрозолей, озона и парниковых газов. По данным Всемирной метеорологической организации, в 2020 г. общее радиационное воздействие парниковых газов увеличилось на 45 % по сравнению с 1990 г., причем на CO₂ приходится четыре пятых этого показателя³. Одна из основных причин появления парниковых газов в атмосфере — сжигание органического топлива для выработки энергии и при использовании транспорта.

Лидерами по количеству выбросов CO₂ в атмосферу являются Китай (~28 %), США (~15 %), Индия (~7 %), Российская Федерация (~4,5 %), Япония (~3,5 %) (рис. 1). Всего пять стран ежегодно создают около 60 % мирового объема выбросов углекислого газа в атмосферу. Страны Европейского союза ежегодно выделяют около 9 % парниковых газов в атмосферу.

Рисунок 1



Источник: составлено автором по данным информационных ресурсов (IRENA, BP Statistical Review of World Energy, 2020) / Source: compiled by the author based on information resources.

В 2015 г. взамен Киотского протокола было принято Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Основная цель соглашения — регулирование мер по снижению содержания углекислого газа в атмосфере начиная с 2020 г. На долю стран, присоединившихся к соглашению, в совокупности приходится более 90 % глобальных антропогенных выбросов парниковых газов. Соглашение требует от всех участников как можно скорее остановить рост выбросов парниковых газов и приступить к их абсолютному сокращению в глобальном масштабе. Задача — во второй половине XXI в. достичь равновесия между антропогенными выбросами парниковых газов и их

³ WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2019. No. 15, 23 November 2020. URL: <https://reliefweb.int/report/world/wmo-greenhouse-gas-bulletin-state-greenhouse-gases-atmosphere-based-global-1>.

поглощением, свести нетто-выбросы парниковых газов к нулю. Для выполнения обязательств, предусмотренных соглашением, Россия установила цель снизить выбросы парниковых газов «до уровня 70–75 % выбросов 1990 г. к 2030 г. при условии максимально возможного учета поглощающей способности российских лесов»⁴.

Социально-экономические преимущества ВИЭ стали более заметными в последнее десятилетие. Международное энергетическое агентство IRENA выделяет следующие основные преимущества для человечества от использования ВИЭ.

1. Занятость. Количество занятых в отрасли возобновляемой энергетики в мире увеличилось на 9 % за пять лет. Причиной роста является увеличение инвестиций в отрасль.

2. Здоровье. Ветряная, солнечная энергетики и гидроэнергетика приводят к незначительному загрязнению воздуха или не загрязняют его. Биоэнергетика и геотермальная энергетика выделяют загрязняющее вещества, но в гораздо меньшем объеме, чем традиционная энергетика.

3. Эластичность. Большинство технологий ВИЭ менее подвержено крупномасштабным сбоям, что является преимуществом при использовании в суровых погодных условиях или сложных чрезвычайных ситуациях. Технологии ВИЭ могут быть быстро возведены в любом месте без развития сложной инфраструктуры.

4. Доступность. Более 2 млрд человек не имеют доступа к электричеству или имеют ненадежное энергоснабжение. Автономные мини-энергосистемы ВИЭ являются решением проблемы в сельских и островных районах. Основное преимущество мини-энергосистем — децентрализация [IRENA, CPI, 2020].

Снизить потребление энергии человечеством или полностью отказаться от традиционных автомобилей не совсем разумно, поэтому одним из основных способов достижения целей Парижского соглашения является использование возобновляемой энергии. Но на деле его развитие оказывается не таким быстрым, как планировалось. Это связано со многими особенностями отрасли, среди которых — сложность финансирования проектов, выбор правильной государственной политики поддержки ВИЭ.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Западные исследователи предполагают, что эффективность финансирования проектов ВИЭ напрямую зависит от соотношения участия в финансировании между государственными и частными фондами. Основная цель при выборе механизма финансирования проектов ВИЭ заключается в большей мере в поиске источников частных фондов. В то же время государственная поддержка осуществляется не прямо, а косвенно, в виде грантов, налоговых льгот и др.

В работе Cedrick и Long рассматриваются партнерские отношения между государственным и частным секторами при реализации проектов возобновляемых источников энергии. Подобные отношения определяются как долгосрочный контракт между частной стороной и государством, что позволяет распределить риски между обеими сторонами. Капитал в проекты привлекается с помощью кредитов, выпуска облигаций, использования средств пенсионных фондов, налоговых льгот. Риски, связанные с проектированием, строительством, финансированием, эксплуатацией и техническим обслуживанием, передаются в основном частному сектору, а риски распределения энергии — правительству. Частные компании полностью вводят станцию в эксплуатацию и обслуживают ее, а национальные энергетические компании производят распределение вырабатываемой энергии. На производительность и жизненный цикл станции влияет способ финансирования, который определяет, каким образом частная компания получит вознаграждение.

⁴ Указ Президента Российской Федерации от 30 сентября 2013 г. № 752.

Национальные энергетические компании заключают соглашение о покупке электроэнергии на срок 15–30 лет. Авторы считают, что это определяющий фактор взаимодействия и надежности работы государственно-частного партнерства. В странах, где активно развивается государственная политика поддержки ВИЭ, инвестиции в возобновляемую энергетику больше и имеют тенденцию к росту, в отличие от стран с менее развитой политикой поддержки ВИЭ [Cedrick B. Z. E., Long P. W., 2017].

В исследовании CFI и The World Bank также анализируются варианты разработки инструментов финансирования с использованием государственных фондов. Так, определен ряд финансовых рисков и барьеров при финансировании проектов ВИЭ: отсутствие долгосрочного, а также проектного и акционерного финансирования, неопределенность проекта, высокие затраты на разработку, малый масштаб проектов (крупные инвесторы не заинтересованы в малых проектах). Основным фактором, создающим риски, является высокая стоимость проектов ВИЭ и их подверженность регулятивному риску. Авторы считают, что разработчики проектов переходят сразу к реализации проектов, не всегда в полной мере анализируя, какой инструмент финансирования будет наиболее эффективным. Они выделяют следующие инструменты финансирования проектов ВИЭ: гранты и долгосрочный капитал, венчурный капитал, кредит, мезонинный кредит, гарантии и страхование [The World Bank, 2013].

Umamaheswaran и Seth исследуют развитие ВИЭ в Индии и предполагают, что слабо-развитый финансовый рынок тормозит это развитие (финансирование проектов ограничено только банковской системой, а банковские кредиты дорогостоящи). Банки учитывают большое количество рисков при кредитовании проекта возобновляемой энергетики, увеличивая процентную ставку. Постепенное повышение процентных ставок в банковском секторе Индии добавляет 24 % к нормированной стоимости производства электроэнергии по сравнению с другими странами (США, Китай). Увеличивают размер процентной ставки многочисленные риски проектов ВИЭ в стране. Существует вероятность риска дефолта, так как государственные энергетические компании могут оказаться финансово несостоятельными. Технологический и политический риски возникают из-за невозможности оценки новых технологий. Пробелы законодательства в части заимствований за рубежом создают риск зависимости проектов от курса национальной валюты. Несмотря на то что условия кредитования Европейского центрального банка лучше, он увеличивает ставки с целью хеджирования валютного риска. Авторы приходят к выводу, что финансирование поставщиков оборудования и развитие производства являются одними из факторов успешной реализации проектов ВИЭ в стране [Umamaheswaran S., Seth R., 2015]. Общей основой развития возобновляемой энергетики в мире являются стимулы для покрытия затрат (гранты, субсидии, налоговые льготы) и нормативный режим (документ или обязательство, которое обеспечит долгосрочную уверенность в доходах и доступ к энергетическим рынкам, снижая риски и оправдывая инвестиции в возобновляемую энергетику).

Ряд отечественных исследователей [Гуров Г., 2010; Ратнер С., 2013; Седаш Т., 2016; Шклярук М., 2012 и др.] отмечает, что в России используются не все возможные финансовые инструменты и методы, а доступ к некоторым из них (например, схема совместного осуществления проектов в рамках Киотского протокола) ограничен. При этом отечественные ученые считают необходимым привлечение в качестве инвесторов финансирования проектов ВИЭ в России международные финансовые организации (IFC, МБРР, ЕБРР и др.), а в качестве гарантов — региональные власти. Мы далеко не в полной мере разделяем такой подход, поскольку представляется маловероятной реальная поддержка со стороны зарубежных инвесторов развития российской экономики, и считаем целесообразным поиск и внедрение других методов, обеспечивающих развитие в России ВИЭ.

За время нашего исследования отрасли возобновляемой энергетики проанализировано большое количество схем и финансовых инструментов для поддержки развития

технологий и проектов ВИЭ. Оценка эффективности каждого инструмента или подхода требует сосредоточения внимания на их способности покрывать финансовые потребности проекта и повышении привлекательности для инвесторов. Ограниченность ресурсов для финансирования предполагает их эффективное и рациональное использование. Это подразумевает, что необходимо получить максимально возможный результат от инвестиций в проект.

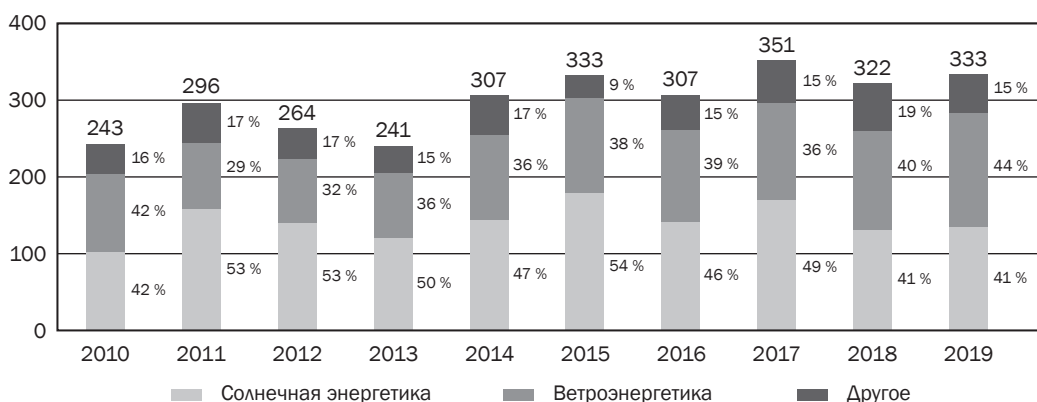
На основании анализа работ зарубежных и отечественных авторов по оценке эффективности проектов ВИЭ целесообразно сделать вывод, что эффективность механизмов финансирования проекта напрямую коррелирует с эффективностью проекта в целом. Для проектов возобновляемой энергетики эффективность определяется как социально-экономическая. Социальная эффективность определяется главным образом декарбонизацией и энергообеспечением домохозяйств. Экономическая эффективность инвестиционного проекта подразумевает сопоставление результатов инвестиционного проекта и затрат его участников, ее оценивают с помощью различных критериев и показателей. Наиболее распространены из них финансовые (основанные на бухгалтерском учете) и инвестиционные (используемые в инвестиционной аналитике) показатели.

СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ

Мировой ежегодный объем инвестиций в развитие ВИЭ составляет более 300 млрд долл. США в течение пяти лет (рис. 2). За последние пятнадцать лет он вырос почти в четыре раза. Улучшение технологий прибрежных ветроустановок, снижение себестоимости солнечных панелей приводят к увеличению в структуре инвестиций этих двух направлений. Установленная мощность действующих объектов ВИЭ увеличилась в два раза за исследуемый период и достигла 2,53 ТВт. В среднем прирост мощности ежегодно составляет около 8 %. Эффективность инвестиций в возобновляемую энергетику увеличилась более чем в 1,5 раза. Снижение стоимости ввода новых мощностей обусловлено технологическим развитием отрасли [Бушукина В. И., 2019b].

Рисунок 2

Инвестиции в возобновляемую энергетику, млрд долл. США /
Investments in renewable energy, USD billion



Источник: составлено автором на основе данных информационных ресурсов (BP Statistical Review of World Energy, BNEF) / Source: compiled by the author based on information resources.

Пандемия COVID-19 изменила ситуацию в электроэнергетике. В начале 2020 г. спрос на электроэнергию упал из-за ограничительных мер. Резкое сокращение потребления сферы услуг и промышленности лишь частично компенсировалось увеличением потребления домохозяйств. Только в апреле спрос на электроэнергию начал восстанавливаться, когда

ограничительные меры в Европе были смягчены. В июне потребление в мире оставалось на 10 % ниже, чем в предыдущем году. А в это время в Китае спрос на электроэнергию полностью восстановился и даже превысил прошлогодний уровень. Во всех основных регионах мира структура электроэнергии сместилась в сторону ВИЭ.

В США природный газ остается на первом месте среди источников электроэнергии. А в мае 2020 г. ВИЭ заняли второе место из-за введения мер по ограничению выбросов CO₂ и снижения спроса. Однако в июле структура поменялась: спрос увеличился, доля природного газа достигла 50 %, выработка ветроэнергетики и гидроэнергетики снизилась из-за сезонности, а угольная и атомная энергетика опередили возобновляемую. В Индии разрыв между углем и возобновляемыми источниками энергии значительно сократился после принятия первых ограничительных мер. Доля угля в структуре производства электроэнергии стабильно не превышает 70 %. В конце мая спрос начал восстанавливаться. Увеличивалась доля ВИЭ в связи с их сезонной доступностью. Начиная со второй половины марта в Китае ВИЭ сохранили высокую долю в структуре производства, несмотря на снятие ограничительных мер и увеличение потребления. В июне рост доли ВИЭ продолжился в связи с сезонной доступностью. В ЕС в связи с продолжающимся развитием возобновляемой энергетики и благоприятными погодными условиями в течение первых шести месяцев 2020 г. уровень производства ВИЭ существенно вырос по сравнению с первым полугодием 2019 г. В июне природный газ стал вторым источником выработки электроэнергии после возобновляемых источников энергии. В июле природный газ укрепил свои позиции⁵.

Возобновляемые источники энергии по-прежнему занимают более высокую долю в структуре электроэнергетики, чем до пандемии COVID-19, но во многих регионах теперь это также связано с сезонными эффектами. Кризис, вызванный пандемией, вынуждает правительства многих стран перейти к стимулированию экономик. Исследования Международного энергетического агентства (IEA) показывают, что большинство стран (ЕС, Южная Корея, Канада, Бразилия, Норвегия, Китай и др.) связывают антикризисные меры с развитием ВИЭ и низкоуглеродным развитием.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ФИНАНСИРОВАНИЕМ ПРОЕКТА И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Выделим особенности, отличающие инвестиционные проекты возобновляемой энергетики от проектов традиционной энергетики:

- проекты ВИЭ могут иметь высокую стоимость (особенно на этапе их разработки) и структуру затрат с очень высокой долей аванса и, как правило, очень низкими эксплуатационными расходами;
- проекты ВИЭ очень капиталоемкие, поэтому они чрезвычайно чувствительны к структуре и условиям финансирования;
- часто недостаточно данных для полного анализа проекта ВИЭ из-за отсутствия точных прогнозов о поставках электроэнергии;
- неопределенность и ограниченные возможности контроля за существенными факторами (поставка электроэнергии) создают сложный профиль риска, в том числе трудности с прогнозированием денежного потока;
- из-за временного горизонта проекты ВИЭ имеют длительный период подверженности риску;
- чтобы избежать снижения конкурентоспособности по сравнению с традиционной энергетикой, проектам ВИЭ необходимы реальные условия для прогнозирования движения денежных средств: длительные сроки погашения долгов и низкие процентные ставки.

⁵ *Renewable Energy Market Update. Outlook for 2020 and 2021. IEA, 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update>.*

Потенциальная прибыль, возможные риски, необходимая сумма инвестиций для реализации проекта возобновляемой энергетики определяют, какая часть рынка капитала будет наиболее подходящей для финансирования. Согласно данным KfW Development Bank, большинство технологий возобновляемой энергетики попадают в диапазон инвестиционных затрат от 0,5 млн до 1,5 млн долл. США за 1 МВт, то есть мощность определяет капитальные затраты. Стоимость проекта ВИЭ превышает 50 млн долл. США. Это делает его крупным проектом для большинства стран с развивающейся экономикой и серьезной проблемой для их финансового сектора.

В работе Газмана определены основные факторы, оказывающие влияние на инвестиции в проекты возобновляемой энергетики [Газман В. Д., 2018]. В свою очередь, нами были проанализированы данные по 144 проектам, включая фотогальванические солнечные станции на основе панелей и солнечные концентрационные типа на основе зеркал и линз, а также ветряные станции на земле, на шельфе и наводные⁶. Общий объем инвестиций в эти проекты составил 132,6 млрд долл. США, вводимая мощность — 52 ГВт, количество электрифицированных домохозяйств — 39 млн, ежегодное сокращение выбросов в атмосферу CO₂ за счет действия станций — 90 млн т. Были рассчитаны средние значения этих показателей (табл. 2).

Таблица 2

**Средние значения основных показателей
по построенным электростанциям возобновляемой энергетики /
Average values of the main indicators
for the constructed renewable energy power plants**

Вид электростанций	Количество проектов	Среднее значение				
		Стоимость одного проекта, млн долл. США	Мощность одного проекта, МВт	Электрифицированные домохозяйства одним проектом	Сокращенные выбросы CO ₂ одним проектом, тыс. т	КИУМ одного проекта, %
Солнечные	38	563	323	227 526	329	22
Ветряные	111	1012	360	274 387	711	35

Источник: составлено автором на основе статистической информации с сайтов энергетических и инвестиционных компаний, банков и консалтинговых агентств / Source: compiled by the author based on information resources.

Были также определены факторы, которые влияют на стоимость вложений (инвестиций) в проекты возобновляемой энергетики и определяют ее величину. Это мощность станций в мегаваттах; количество электрифицируемых домохозяйств; ежегодное сокращение выбросов в атмосферу CO₂, тыс. т; коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) станции.

По результатам проведенного эмпирического исследования выяснилось, что для объектов ВИЭ строительство 1 МВт вводимых мощностей соответствует привлекаемым инвестициям в размере 2,5 млн долл. США. При этом каждый мегаватт введенных производственных мощностей позволяет сократить выбросы CO₂ на 1723 т. Это означает, что для указанного уменьшения на одну тонну вредных выбросов в атмосферу требуются капитальные вложения в размере 1474 долл. США.

Важным фактором эффективности работы станции является КИУМ. Он равен отношению среднеарифметической мощности к установленной мощности электроустановки

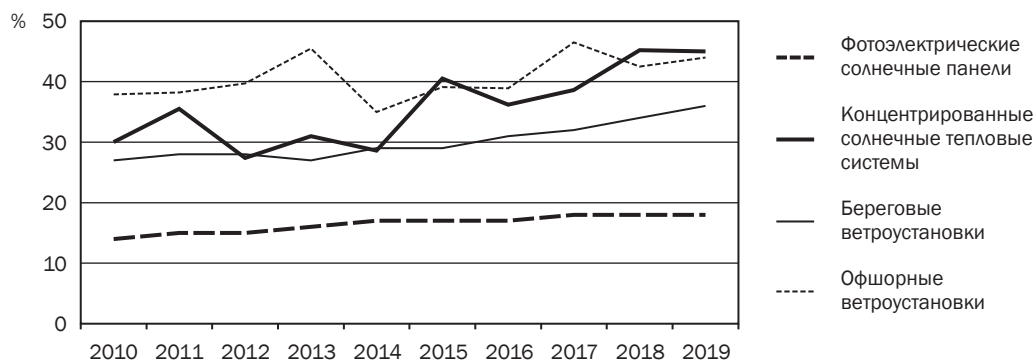
⁶ Были использованы источники статистической информации с сайтов компаний Masdar, Ørsted, Vattenfall, Iberdrola, Innogy, Equinor, Enel Green Power, Adani Green Energy, GCL New Energy, SB Energy, Brookfield Renewable и банков KfW Development Bank, European Bank for Reconstruction and Development, European Investment Bank, Nordic Investment Bank.

и рассчитывается за определенный период времени как отношение фактической выработки энергии генерирующей установки к теоретически возможному объему выработки энергии при работе без остановок на номинальной мощности в течение всего срока.

КИУМ оказывает непосредственное влияние на размер финансирования проектов ВИЭ. При увеличении КИУМа на 1 п. п. размер инвестиций в проект увеличивается на ~23 %. Выработка электроэнергии станцией возрастает, что в свою очередь повышает эффективность инвестиций в проект ВИЭ. Улучшение технологий ведет к увеличению КИУМа (рис. 3). Наиболее эффективными электростанциями являются геотермальные и биоэнергетические. Станции, работающие на иных ВИЭ, имеют более низкий КИУМ. Средние значения КИУМа составляют для гидроэнергетики ~39 %, для атомной энергетики ~90 %, биомассы ~60 %, газа ~67 %, для солнечной энергетики ~21–24 %, для ветра ~35 %, древесины ~61 %. Солнечная, ветро- и гидроэнергетика эффективны и, по данным эмпирических наблюдений за несколько лет, имеют КИУМ в пределах отраслевого стандарта. Это важный факт, так как КИУМ коррелирует с финансовыми вложениями в проект станции.

Рисунок 3

Коэффициент использования установленной мощности / Capacity factor



Источник: составлено автором на основе данных информационных ресурсов (IRENA, International Energy Outlook, U.S. Energy Information Administration, BP Statistical Review of World Energy) / Source: compiled by the author based on information resources.

СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Основным источником энергии в РФ остается теплогенерация. Действующие энергоблоки тепловой генерации имеют большой возраст и в ближайшее время будут выводиться из эксплуатации. Для решения этой задачи Минэнерго разработало программу модернизации старых энергоблоков. Поэтому в данный период вполне разумным решением представляется диверсификация производства электроэнергии за счет развития отрасли возобновляемой энергетики. Для этого имеются необходимые погодные условия, размер территории, наличие рабочей силы. Особенно важно развитие ВИЭ в отдаленных частях страны (северные районы и Дальний Восток), где в настоящее время ископаемые источники энергии завозят (мазут, дизельное топливо и др.) и используются генераторы для производства электричества [Бушукина В. И., 2019b].

В структуре производства наблюдается стабильное распределение источников генерации (табл. 3). В РФ основными источниками генерации остаются ископаемые, почти 20 % генерации составляет атомная энергетика, доля которой увеличивается со временем в отличие от других стран. Доля Российской Федерации в мировом производстве электроэнергии составляет менее 5 %.

**Производство электроэнергии в Российской Федерации /
Electricity production in the Russian Federation**

Ресурс	Год									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Всего, ТВт*ч в т. ч.:	992	1038	1069	1059	1064	1068	1087	1091	1115	1118
ископаемые источники энергии, %	66	67	68	66	66	66	65	64	64	64
возобновляемые источники энергии, %	0,05	0,05	0,05	0,04	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
гидроэнергетика, %	18	16	15	17	16	16	17	17	17	18
атомная энергетика, %	17	16	17	16	17	18	18	19	18	19

Источник: составлено автором на основе данных информационных ресурсов (Федеральная служба государственной статистики, BP Statistical Review of World Energy) / Source: compiled by the author based on information resources.

Слаборазвитый финансовый рынок России влияет на развитие ВИЭ. Финансирование ограничено только банковской системой, поэтому кредиты являются дорогостоящим финансовым инструментом. Повышение процентных ставок влияет на всю деловую активность отрасли, а сектор ВИЭ является наиболее чувствительным. Повышение ставок добавляет 20–25 % к LCOE по сравнению с другими странами, наиболее продвинутыми в отрасли возобновляемой энергетики. Банковский сектор России не в состоянии выдавать долгосрочные кредиты, так как срок хранения депозитов довольно мал (0–5 лет).

Эффективность государственной политики ВИЭ в России снижается за счет недолгосрочных и немасштабных целей (4–5 лет), низкого вознаграждения для разработчиков и инвесторов из-за того, что реализуемые проекты не всегда генерируют стабильные денежные потоки.

КОНКУРСНЫЙ ОТБОР ПРОЕКТОВ ВИЭ В РОССИИ

В РФ действует государственная программа «Развитие энергетики». Цель программы — надежное, качественное и экономически обоснованное обеспечение потребностей внутреннего рынка в энергоносителях, энергии и сырье на принципах энергосбережения и энергоэффективности, а также выполнение обязательств по зарубежным контрактам. Объем средств, выделенных из федерального бюджета для достижения целей программы, составляет 134,5 млрд руб. Из них на подпрограмму «Развитие использования возобновляемых источников энергии» выделено 143 млн руб. (менее 1 %). Основная цель подпрограммы — увеличение доли установленной мощности генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ⁷.

Коммерческий оператор ежегодно проводит конкурсные отборы инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе ВИЭ в отношении солнечной генерации, ветровой генерации и гидрогенерации (менее 25 МВт).

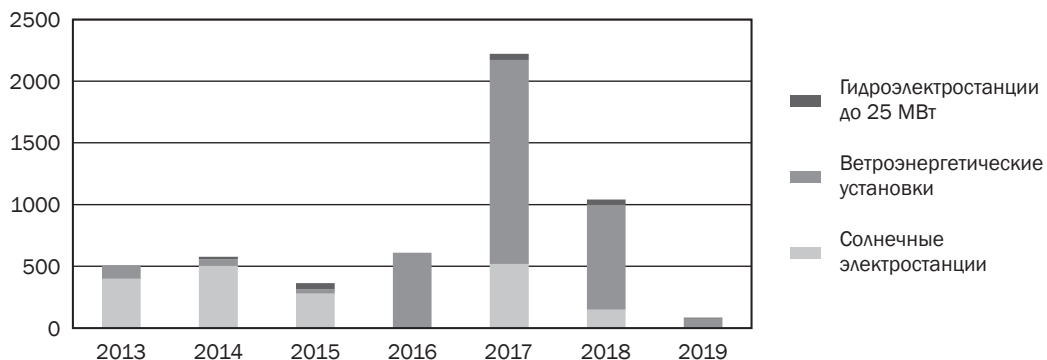
Представим наглядно установленную мощность проектов, отобранных с 2013 по 2019 г. (рис. 4). Общая установленная мощность станций, которые будут введены в эксплуатацию к 2024 г., составит более 5 ГВт. Из них более половины займут проекты ветряной генерации — 63 %, проекты солнечной генерации — 34 % и гидроэлектростанции

⁷ Подпрограмма «Развитие использования возобновляемых источников энергии» государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики».

(до 25 МВт) — 3 %. Отметим неравномерность отбора проектов — в некоторые годы отобранные проекты отсутствуют. В первую очередь это связано с невыполнением требований, предъявляемых к проектам конкурсного отбора.

Рисунок 4

**Установленная мощность проектов, отобранных с 2013 по 2019 г., МВт /
Determined capacity of projects selected from 2013 to 2019, MW**



Источник: составлено автором на основе данных с информационных ресурсов (АО «Системный оператор Единой энергетической системы», АО «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии», ассоциация «НП Совет рынка») / Source: compiled by the author based on information resources.

На основе предыдущего графика рассчитаем долю электроэнергии от ВИЭ при введении отобранных проектов в эксплуатацию до конца 2025 г. на 11.06.2019. Для расчета используем показатели КИУМа, рассчитанные за последние несколько лет Международным агентством по возобновляемым источникам энергии (IRENA): солнце — 17 %, ветер — 29 %, ГЭС — 49 %⁸. Согласно расчетам, при введении всех отобранных проектов ВИЭ будет произведено около 12 ТВт*ч электроэнергии за год. Это составляет примерно около 1 % от общего производства электроэнергии в год. Россия потенциально не готова достигнуть целевого показателя 4,5 %.

Выделим факторы, негативно влияющие на развитие отрасли возобновляемой энергетики в РФ:

- недостаточное финансирование федеральной и региональных программ развития ВИЭ;
- отсутствие стимулирующего инвесторов законодательства в области развития ВИЭ;
- недостаточно точная оценка реальных условий реализации инвестиций в ВИЭ, приводящая к незаинтересованности в проектах;
- отсутствие инфраструктуры, коммутирующей возобновляемую и традиционную энергию в общую систему, требуемой для успешного развития электроэнергетики на основе ВИЭ;
- отсутствие технических заданий для проектирования, сооружения и эксплуатации станций ВИЭ;
- несовершенство технологической базы развития ВИЭ: незначительное количество отечественных производителей оборудования станций, недостаточное проведение и использование собственных НИОКР и результатов мирового научно-технического прогресса [Бушуккина В. И., 2019b].

⁸ Renewable capacity statistics 2019 / International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2019. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf.

В настоящее время использование технологий ВИЭ в России является экономически целесообразным в удаленных и изолированных энергорайонах. Объем экономического потенциала солнечной и ветровой энергетики (при минимально возможных в настоящее время капитальных издержках и расходах на техническое обслуживание) может многократно превышать объем необходимой энергии населению, живущему в таких районах [Ermolenko V. et al., 2017].

Для России сложно оценить экономический потенциал развития возобновляемой энергетики, так как существует мало реализованных проектов ВИЭ, которые могли бы служить источником сведений об уровне их капитальных затрат. Российские исследователи [Копылов А., 2015] предлагают исследовать подходы к оценке затрат инвестиционного характера, а также эксплуатационных расходов, применяющихся в российской электроэнергетике, не ограничиваясь генерирующими мощностями на основе ВИЭ. Оценив экономический потенциал региона, целесообразно переходить к поискам источников и способов финансирования проектов ВИЭ. Для этого в статье определен набор факторов, которые могут оказать влияние на инвестиционную политику в данной сфере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современном мире 73 % электроэнергии производится на традиционных электростанциях и 27 % — с помощью ВИЭ. Производство электроэнергии ежегодно увеличивается, за четырнадцать лет рост составил более 25 %. В структуре производства наблюдается перераспределение источников генерации от ископаемых к возобновляемым. Наиболее распространенными видами ВИЭ являются гидроэнергетика, солнечная и ветряная энергетики. Мировой ежегодный объем инвестиций в развитие ВИЭ составил более 300 млрд долл. США в течение последних пяти лет. За прошедшие четырнадцать лет он вырос почти в четыре раза⁹. Экологические преимущества возобновляемой энергии широко известны на протяжении десятилетий. Социально-экономические преимущества (новые рабочие места, улучшение здоровья населения, возможность использования в отдаленных районах, отсутствие сложной инфраструктуры) стали заметными только в последнее десятилетие.

В структуре производства электроэнергии в России наблюдается стабильное распределение источников генерации: более 60 % — ископаемые источники энергии, около 20 % — атомная энергетика, и гидроэнергетика ~17 %. Рынок электроэнергии России состоит из двух составляющих: оптовый и розничный рынок, а товарами являются электроэнергия и мощность. Оптовый рынок мощности предоставляет возможность реализации электроэнергии, полученной от ВИЭ. Отбор мощности проводится системным оператором. К 2024 г. в России запланировано введение в эксплуатацию более 5 ГВт мощности ВИЭ. Этого недостаточно для достижения целевого показателя 4,5 % доли ВИЭ в структуре производства электроэнергии страны. Основными факторами, негативно влияющими на развитие отрасли в России, являются неконкурентоспособность ВИЭ на российском рынке энергетики, отсутствие интереса инвесторов, несовершенство технологической базы развития ВИЭ.

Для решения задачи определения влияния различных факторов на размер вложений в проект ВИЭ был проведен анализ эмпирических данных, собранных автором из статистических сборников и новостных сводок. Согласно полученным результатам, размер вложений в проект ВИЭ зависит от ряда общеэкономических и специальных факторов. Наилучшим образом его изменение объясняют следующие факторы: мощность

⁹ *Global Trends in Renewable Energy Investment 2020 / Frankfurt School UNEP Collaborating Centre, Bloomberg New Energy Finance.*

станций, количество электрифицируемых домохозяйств, ежегодное сокращение выбросов в атмосферу CO₂, коэффициент использования установленной мощности.

На основе отобранных факторов можно прогнозировать изменение размера финансирования проекта ВИЭ в зависимости от его технических характеристик. Для инвесторов это означает появление возможности управлять финансовыми рисками, определять эффективность финансирования, что позволяет структурировать проект так, чтобы обеспечить высокий уровень доходности.

Список источников

- Бушукина В. И. Инвестиционные перспективы развития возобновляемой энергетики в России // Финансы и бизнес. 2019а. № 3. С. 85–102. URL: <https://doi.org/10.31085/1814-4802-2019-15-3-85-102>.
- Бушукина В. И. Финансирование инвестиционных проектов в области возобновляемой энергетики // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2019b. Т. 19. № 1. С. 50–57. URL: <https://doi.org/10.14529/power190106>.
- Газман В. Д. Субсидии в энергетике: новые реальности // Финансовый бизнес. 2018. № 6. С. 8–15.
- Копылов А. Е. Экономика ВИЭ. М.: Грифон, 2015. 364 с.
- Гуров Г. А. Совершенствование методов финансирования инновационных проектов: на материалах альтернативной энергетики: дисс. ... к. э. н.: 08.00.05. Ставрополь, 2010. 150 с.
- Ратнер С. В. Финансирование проектов в области альтернативной энергетики и энергоэффективности: международный опыт и российские реалии // Финансы и кредит. 2013. № 24 (552). С. 12–18.
- Седаш Т. Н. Возобновляемые источники энергии: стимулирование инвестиций в России и за рубежом // Российский внешнеэкономический вестник. 2016. № 5. С. 50–56.
- Шклярчук М. С. Разработка методики выбора экономических инструментов поддержки развития возобновляемых источников энергии: дисс. ... к. э. н.: 08.00.05. Санкт-Петербург, 2012. 284 с.
- Юлкин М. Устойчивое развитие и энергетика: взгляд России / Лекции летней Международной энергетической школы Сколково-2019 «Новая энергетика в мире и России», 2019.
- Cedrick B. Z. E., Long P. W. Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach // Energy Procedia. 2017. Vol. 115. P. 229–238. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.021>.
- Ermolenko B. V., Ermolenko G. V., Fetisova Yu. et al. Wind and solar PV technical potentials: measurement methodology and assessments for Russia // Energy. 2017. Vol. 137. P. 1001–1012. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.050>.
- Financing renewable energy options for developing financing instruments using public funds. Washington, DC: World Bank Group, 2013. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/196071468331818432/Financing-renewable-energy-options-for-developing-financing-instruments-using-public-funds>.
- Umamaheswaran S., Seth R. Financing large scale wind and solar projects – A review of emerging experiences in the Indian context // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. Vol. 48. P. 166–177. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.054>.

References

- Bushukina V.I. (2019a). Investment Outlook for the Development of Renewable Energy in Russia. *Finansy i biznes – Finance and Business*, no. 3, pp. 85–102 (In Russ.). Available at: <https://doi.org/10.31085/1814-4802-2019-15-3-85-102>
- Bushukina V.I. (2019b). Financing Renewable-Energy Investment Projects. *Vestnik YuUrGU. Seriya "Energetika" – Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, vol. 19, no. 1. pp. 50–57 (In Russ.). Available at: <https://doi.org/10.14529/power190106>.
- Ermolenko B.V., Ermolenko G.V., Fetisova Yu. et al. (2017). Wind and solar PV technical potentials: measurement methodology and assessments for Russia. *Energy*, vol. 137, pp. 1001–1012. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.050>.
- Gazman V.D. (2018). Subsidies in Energy: New Reality. *Finansovyi biznes – Financial Business*, no. 6, pp. 8–15 (In Russ.).
- Kopylov A. (2015). Economy of RES. Moscow: Grifon Publ. (In Russ.).
- Gurov G.A. (2010). Improvement of Methods of Financing Innovative Projects: based on materials of alternative energy: dissertation of the candidate of economic sciences: 08.00.05. Stavropol, 150 p. (In Russ.).
- Ratner S.V. (2013). Financing of Projects in the Field of Alternative Energy and Energy Efficiency: International Experience and Russian Realities. *Finansy i kredit – Finance and Credit*, no. 24 (552), pp. 12–18 (In Russ.).

Sedash T.N. (2016). Renewable Energy Sources: Stimulating Investment in Russia and Abroad. *Rossiiskij vneshneekonomicheskij vestnik – Russian Foreign Economic Bulletin*, no. 5, pp. 50–56 (In Russ.).

Shklyaruk M.S. (2012). Development of a Methodology for Choosing Economic Instruments to Support the Development of Renewable Energy Sources: Dissertation of a Candidate of Sciences in Economics: 08.00.05. St. Petersburg, 284 p. (In Russ.).

Yulkin M. (2019). Sustainable Development and Energy: Russia's view. Lectures of the Skolkovo Summer International Energy School 2019 "New energy in the world and Russia" (In Russ.).

Cedrick B.Z.E., Long P.W. (2017). Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach. *Energy Procedia*, vol. 115, pp. 229–238. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.021>.

World Bank Group (2013). Financing renewable energy options for developing financing instruments using public funds. Washington, DC. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/196071468331818432/Financing-renewable-energy-options-for-developing-financing-instruments-using-public-funds>.

Umamaheswaran S., Seth R. (2015). Financing large scale wind and solar projects – A review of emerging experiences in the Indian context. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 48, pp. 166–177. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.054>.

Информация об авторе

Виктория Игоревна Бушукина, исследователь Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва

Information about the author

Victoria I. Bushukina, Researcher, HSE University, Moscow

Статья поступила в редакцию 05.03.2021

Одобрена после рецензирования 30.09.2021

Принята к публикации 15.10.2021

Article submitted March 5, 2021

Approved after reviewing September 30, 2021

Accepted for publication October 15, 2021