

М. А. Комиссарова, д.э.н., доц., заведующий кафедрой «Управление персоналом», mari543@yandex.ru, +7 903 472 27 19, **М.М Куликов**, к.э.н., доц., доцент кафедры «Управление персоналом», kulikovmichael@mail.ru, +7 989 725 63 22, **И. Н. Сторожук**, к.э.н., доц., доцент кафедры «Управление персоналом», gekkata@bk.ru, +7 928 954 53 37

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», ул. Просвещения, д. 132, 346428 Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

Потребности в энергии из года в год растут, экологические последствия выработки как электрической так и тепловой энергии ведет к истощению основных видов углеводородного сырья, что приводит к фокусированию пристального внимания к энергетической отрасли и является постоянной темой обсуждения. В течение многих лет основным решением этой проблемы выступали технологии использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако изменение технологического уклада производства электроэнергии, — от традиционного, обычно основанного на сжигании углеводородного топлива, к выработке электроэнергии на основе возобновляемых ресурсов, — представляет собой множество проблем, связанных с возникающими недостаточно развитыми технологиями получения электрической энергии. В статье рассматривается роль ВИЭ в России и ее потенциал для удовлетворения текущих и растущих потребностей в электрической энергии способами, которые технически и экономически обоснованы. Технологии использования ВИЭ (начиная от развитых и установленных в настоящее время до новых и инновационных технологий) представлены с точки зрения их технологического развития, современного состояния технологии, экономического и социального эффекта. При этом источники возобновляемой энергии в России представлены разнообразно, вопросы диспетчеризации, изменчивости, масштабируемости, накопления и хранения энергии, географических ограничений и инвестиционных затрат имеют решающее значение для определения будущего прогресса в данном направлении электроэнергетики. Анализ в этой статье может быть использован для руководства интеграцией возобновляемых источников энергии в сторону увеличения доли производства энергии данным способом.

Ключевые слова: «возобновляемые источники энергии»; электроэнергетика; электрическая сеть; новые энергетические системы, системная интеграция.

Рис. 1. Табл. 1. Библиогр.: 30 назв.

M.A. Komissarova, D of Economy, doc., head of the «Human resource management» department,
M.M. Kulikov, Ph. D, doc., associate professor of the «Human resource management» department,
I.N. Storozhuk, Ph. D, doc., associate professor of the «Human resource management» department
Federal state budget educational institution of high education Platov South-Russian State Polytechnic University
(NPI), Prosvescheniya str., h. 132, 346428 Novocherkassk, Rostov region, Russia

ASSESSMENT OF TECHNOLOGIES OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY AND THEIR ENERGY EFFICIENCY FOR TECHNICAL INTEGRATION AND USE IN THE ENERGY SECTOR

Energy needs are growing from year to year, and the environmental impacts of both electricity and heat generation are leading to the depletion of key hydrocarbons, which leads to a focus of attention and is a constant topic of discussion in the energy industry. For many years, renewable energy technologies have been the main solution to this problem. However, the change in the technological mode of electricity production from traditional, usually based on the combustion of hydrocarbon fuels, to the generation of electricity based on renewable resources is a set of problems associated with the emerging underdeveloped technologies for generating electric energy. The article discusses the role of renewable energy sources in Russia and its potential to meet current and growing needs for electricity in ways that are technically and economically justified. Renewable energy technologies, ranging from developed and currently installed to new and innovative technologies presented in terms of their technological development, the current state of technology, economic and social impact. At the same time, renewable energy sources in Russia are represented in a variety of ways, the issues of dispatching, variability, scalability, energy storage and storage, geographical restrictions and investment costs are crucial for determining the future progress in this direction of the power industry.

Keywords: “renewable energy”; electric power industry; electric grid; new energy systems; system integration.

Fig.1. Table 1. Ref.: 30 titles.

Введение. Использование технологий возобновляемых источников энергии стали актуальными альтернативными источниками энергии для обеспечения устойчивого развития отдельных регионов в производстве электроэнергии. Хотя возобновляемые источники энергии описываются как «альтернативные», некоторые технологии могут конкурировать с традиционным производством энергии и отвечать потребностям в электроснабжении зданий, городов и регионов страны. Внедрение ВИЭ в существующие электрические сети происходит одновременно с быстрым истощением углеводородного сырья по всему миру, усложнением технологии их добычи, переработки, транспортировки, которые обычно используются в традиционных источниках генерации электроэнергии. Кроме того, выбросы парниковых газов от сжигания углеводородов создают такие экологические проблемы, как истощение озонового слоя, кислотные дожди и глобальное изменение климата [1]. Энергетические системы на возобновляемом топливе — это энергетические системы, которые генерируют электроэнергию из возобновляемых ресурсов, таких как биоэнергетика, геотермальная энергия, гидроэнергетика, энергия океана, энергия ветра и солнечная энергия. Использование систем возобновляемых источников энергии может заменить традиционные методы генерации энергии от использования углеводородов, углей, сланцев [2—4]. Страны с ограниченными ресурсами ископаемого топлива обладают большей энергетической безопасностью, поскольку возобновляемые источники энергии могут быть использованы в качестве замены углеводородного сырья. Кроме того, может быть достигнуто сокращение газообразных выбросов, поскольку выработка электроэнергии из возобновляемых источников энергии приводит к сокращению выбросов парниковых газов. Системы возобновляемых источников энергии также могут способствовать стабильности и низкой цены на энергию [5]. Внедрение систем генерации электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии в существующие электрические сети становится естественным следующим шагом для удовлетворения потребностей производства и населения России в электрической энергии и для улучшения экологической ситуации в стране.

Основная часть. В последние десятилетия спрос на энергию во всем мире значительно возрос. Развитые страны требуют стабильного снабжения энергией для ежедневных операций, в то время как развивающиеся страны полагаются на энергоснабжение для экономического развития. Общее потребление первичной энергии в мире в 2014 году составило около 160,310 млн МВт·ч [6]. Кроме того, по прогнозам, в 2040 году это число будет увеличено до 240 318 млн МВт·ч [7]. Технический глобальный потенциал возобновляемой энергии примерно в 18 раз превышает нынешний мировой уровень потребления первичной энергии [1]. Нынешний вклад технологий возобновляемых источников энергии в мировое потребление первичной энергии составил около 22% [1]. Доля возобновляемых источников энергии в потреблении энергии варьируется в разных странах и регионах, что зависит от имеющихся ресурсов, развития технологий и государственной политики.

В России общий объем производства электроэнергии в 2017 году увеличился на 0,2% по сравнению с уровнем 2016 года и составил 1,073 трлн кВт·ч, а производство возобновляемой энергии — 100 МВт·ч, что эквивалентно 1,073% от общего объема производства первичной энергии [8]. Среди различных технологий использования ВИЭ энергия биомассы, гидроэнергетика, энергия ветра, солнечная энергия и геотермальная энергия вносят наибольший вклад в производство первичной энергии по источникам [8]. Кроме того, солнечная энергия и энергия ветра являются самыми быстрорастущими технологиями ВИЭ. Производство первичной солнечной энергии увеличилось с менее 17,6 МВт в 1990 году до 83 МВт в 2017 году [8]. Аналогичным образом энергия ветра быстро увеличилась с менее 8,8 МВт в 1990 году до 12 МВт в 2017 году [8]. Напротив,

производство гидроэлектроэнергии и геотермальной энергии было стабильным из-за эффективности этих технологий.

Исследования в области возобновляемых источников энергии вызывают значительный интерес и дискуссию в кругу научного сообщества. Обзорные и более подробные статьи по различным аспектам технологического использования возобновляемых источников энергии показывают значительное развитие и прогресс [9—13]. Помимо того, что уделяется значительное внимание совершенствованию существующих технологий для лучшей реализации поставленных целей и задач, также наблюдается растущий исследовательский интерес в новых (пограничных) областях получения энергии из возобновляемых источников. Исследования энергии океана в последние годы показали потенциал выработки энергии из энергии волн, энергии приливов, энергии тока и осмотической энергии [10, 14—17]. Кроме того, городская ветроэнергетика является еще одной перспективной областью исследований для плотных городских районов [18—20]. Использование энергии ветра в городах может интегрировать ветроэнергетику с городским планированием. Кроме того, эта интеграция снижает зависимость ветровой энергии от большой площади земли для ветропарков. В настоящее время в литературе и практических изысканиях особое внимание уделяется получению электрической энергии из солнечных панелей, произведенных из органического материала без использования кремниевой основы [21; 22]. Эти перспективные исследования способствовали изменению границ в получении энергии из возобновляемых источников, а также к изучению новых возможностей.

В этой статье текущее состояние использования энергии в России представлено в контексте углеводородного топлива, ядерной энергии и возобновляемой энергии. Различные типы развитых и новых технологий использования возобновляемых источников энергии рассматриваются с точки зрения их развития и ограничений. Некоторые из проблем, связанных с трансформацией в области возобновляемых источников энергии, — это надежность сети, аккумулирование, хранение и передача энергии, стоимость системы и срок ее службы. Тщательное изучение этих вопросов необходимо для обеспечения успеха интеграции новых систем возобновляемых источников энергии в существующие электрические сети.

Эта цифра учитывает потребление энергии как целую смесь в разных секторах. Доля ВИЭ в общем объеме потребления первичной энергии неуклонно возрастает в годовом исчислении. Производство электроэнергии является важной частью технологий использования возобновляемых источников. Общая чистая выработка электроэнергии из возобновляемых источников во всех секторах в 2017 году составила около 120 МВт [8]. В результате примерно 1,07% производства электроэнергии в России в 2017 году произошло из ВИЭ. Как видно, производство электроэнергии из возобновляемых источников постепенно увеличивалось за последнее десятилетие. Внедрение производства электроэнергии из ВИЭ в электрическую сеть является проблемой. Большое количество загрузки энергии из накопителей возобновляемой энергии может вызвать колебания напряжения, что снижает стабильность напряжения в электрических сетях [23—25]. Сетевая инфраструктура в России сложна и включает в себя множество владельцев и операторов систем.

Цель потребления энергии из возобновляемых источников была введена в России на разных уровнях. Основными целями являются увеличение присутствия ВИЭ в производстве электроэнергии и снижение энергетической зависимости от углеводородного топлива. Правительство нацелено на достижение 20% уровня потребления электроэнергии федеральными правительственными учреждениями из возобновляемых источников к 2035 году [27; 28].

Россия является одним из крупнейших в мире потребителей первичной энергии. Основное потребление энергии в России распределяется между производственным, коммерческим, промышленным, жилым и транспортным секторами. В 2017 году

потребление энергии в России составило 1039,9 млн МВт-ч [8]. С 2000 до 2017 года ядерная энергия последовательно наращивала объемы производства, объем генерации доведен до 149,76 млн МВт-ч. Первичное потребление энергии по возобновляемым источникам энергии в России не отслеживалось в 2016 году [8] (рисунок 1).

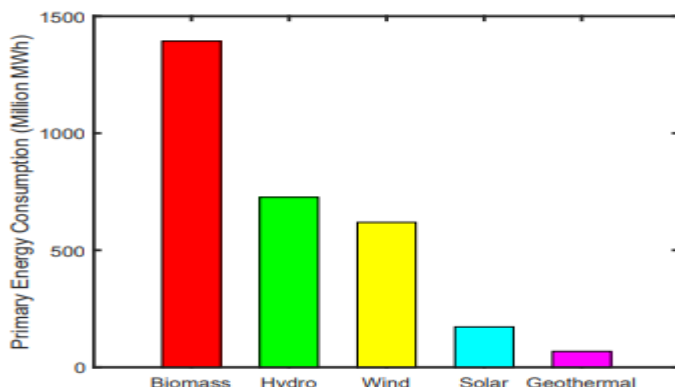


Рисунок 1. — Объемы энергопотребления по видам электроэнергии, млн МВт-ч

В исследовании определено, что энергоэффективность при производстве электрической энергии из возобновляемых источников должна характеризоваться эксплуатационными и бизнес-элементами продукции, соотносёнными с затратами, которые должен понести потребитель. Элементы оценки энергоэффективности, должны отвечать следующим требованиям: многоаспектность, относительность, конкретность, динамичность и, что особенно важно в современных условиях, давать возможность анализа с позиции потребителя. Основными из них являются качество и ценность, полезный эффект эксплуатации продукции, регламентированное время эксплуатации продукции у потребителя, общие затраты потребителя на приобретение и эксплуатацию продукции, прибыль, которая может быть получена в результате эксплуатации данной продукции, бизнес-эффективность. Носителями данных элементов оценки энергоэффективности, исходя из нашего исследования, являются показатели эксплуатационной и бизнес-отдачи.

Исследования показали, что методические подходы по оценке энергоэффективности эксплуатационной и бизнес-отдачей в интерпретации В. Б Браголюбова целесообразно дополнить элементами, отражающими влияние специфики технологии производства электрической энергии из возобновляемых источников, к которым относятся поэтапное развитие данного сектора; быстрота устаревания новшеств; неопределенность затрат, результатов и других характеристик продукции, определяемых по следующим формулам:

$$КС_{эiн}(T_{эн}, T_{piн}) \uparrow_{t_0}^{T_{эм}} = Э_{iн}(T_{эн}) [З_{iн}(T_{эн}, T_{piн})]^{-1};$$

$$Э_{iн}(T_{эн}) = F_{iн}(T_{эн});$$

$$КСб_{iн}(T_{эн}, T_{piн}) \uparrow_{t_0}^{T_{эм}} = Вб_{iн}(T_{эн}) [З_{iн}(T_{эн}, T_{piн})]^{-1},$$

где $Э_{iн}(T_{эн})$ — эксплуатационная эффективность электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника за интервал времени $(t_0, T_{эн})$;

t_0 — начало отсчёта, регламентированное время эксплуатации продукции потребителем (при $T_э = idem$);

$T_{эн}$ — регламентированное время эксплуатации продукции потребителем;

$Z_{in}(T_{эн}, T_{pi})$ — общие затраты потребителя за время эксплуатации электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника;

$T_{эн}$ — регламентированное время электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника;

F_{in} — функция ценности продукции электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника;

$КСб_{in}(T_{эн}, T_{pin})$ — бизнес-отдача электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника;

$Вб_{in}(T_{эн})$ — накопленная бизнес-эффективность электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника за интервал времени, т. е. накопленная за интервал времени $(t_0, T_{эн})$ выручка;

$Z_{in}(T_{эн}, T_{pin})$ — общие затраты потребителя за время эксплуатации электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника;

T_{pin} — время гарантированного ресурса электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника.

Применение к оценке энергоэффективности при производстве и потреблении электроэнергии из i -го вида возобновляемого источника данных показателей обеспечит адаптивность и гибкость в оценке, так как позволит альтернативным производствам электроэнергии оценивать конкурентоспособность и энергоэффективность на протяжении всего жизненного цикла [29].

Данная схема включает определение показателей ценности (ПЦ), идентификацию безальтернативных (БПЦ) и альтернативных показателей ценности (АПЦ), ранжирование альтернативных показателей ценности (АПЦ-1, АПЦ-2 и т. д.), установление их значений, определение эксплуатационной отдачи, расчёт выручки потребителя, расчёт расходов потребителя, определение бизнес-отдачи.

В ходе исследования установлено, что между показателями эксплуатационной отдачи и бизнес-отдачи существует взаимосвязь: чем больше эксплуатационная отдача, тем выше показатели бизнес-отдачи (таблица 1).

Таблица 1 — Показатели энергоэффективности компаний, производящих электрическую энергию из возобновляемых источников до и после внедрения результатов исследования

Наименование компаний	Потенциальная конкурентоспособность (до внедрения)		Планируемая энергоэффективность (после внедрения)	
	эксплуатационная отдача	бизнес-отдача	эксплуатационная отдача	бизнес-отдача
Куликовская (Зеленоградская) ВЭС	0,24	0,005	0,26	0,44
Мутновская ГеоЭС	0,26	0,44	—	—
Анадырская ВЭС	0,29	2,15	—	—

Примечание. Разработано автором.

Следует отметить, что планируемый показатель бизнес-отдачи после внедрения результатов исследования значительно увеличился и стал составлять 0,44. Таким образом, на 1 рубль вложений организация теперь получит больше на 0,435 рубля условной прибыли.

Использование предлагаемой номенклатуры показателей и схемы идентификации энергоэффективности позволит компаниям, производящим электрическую энергию из возобновляемых источников, на протяжении всего жизненного цикла продукции:

– оценивать энергоэффективность показателями продукции, которые составляют ценность данной продукции для конкретного потребителя, посредством выделения альтернативных и безальтернативных показателей;

– в течение всего жизненного цикла продукции идентифицировать, оценивать, сравнивать, анализировать, корректировать показатели конкурентоспособности в соответствии с быстро меняющимися условиями внешней и внутренней среды, что, при условии их достижения, позволит компаниям, производящим электрическую энергию из возобновляемых источников, выпускать продукцию, которая соответствует общему вектору движения НТП.

Двумя наиболее важными аспектами, определяющими коммерческую осуществимость технологий использования возобновляемых источников энергии, являются технические характеристики и экономическая жизнеспособность. Техническая эффективность некоторых технологий использования возобновляемых источников энергии определяется наличием ресурсов и эффективностью преобразования сырьевых ресурсов в полезные формы энергии. Экономическая жизнеспособность технологии является наиболее важной для инвесторов и, следовательно, сильно влияет на успешную реализацию технологии или нет. Экономический аспект измеряет различные затраты, необходимые для строительства и эксплуатации объекта. Кроме того, цена электроэнергии может быть рассчитана для сравнения конкурентоспособности с другими технологиями [30].

Капитальные затраты на возобновляемые источники энергии часто измеряются миллиардами рублей. Капитальные затраты в значительной степени зависят от типа технологии, размера проектной системы и географического положения проекта. Проверенные технологии использования возобновляемых источников энергии, такие как геотермальная энергия, биомасса, солнечная энергия и энергия ветра, являются более доступными для коммерческого использования, что помогает снизить установленные затраты и снизить инвестиционные риски. С другой стороны, энергия океана (включая энергию волн, энергию приливов и осмотическую энергию) в значительной степени находится на ранних стадиях развития, что делает установленные затраты весьма рискованными. Кроме того, важным фактором является размер системы проекта. Сравнивая разные размеры системы одной и той же базовой технологии, отметим, что установка более крупных систем может часто уменьшать начальные капитальные затраты в течение определенного промежутка времени. Точно так же географическое положение проекта оказывает значительное влияние на капитальные затраты проекта. Географические ограничения ресурсов, местной политики, государственных стимулов и цены на электроэнергию могут потенциально повлиять на капитальные затраты на возобновляемые источники энергии, которые будут установлены в данном месте.

Расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание (ЭиТО) можно разделить на фиксированную стоимость ЭиТО и переменную стоимость ЭиТО. Постоянные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание связаны с расходами, которые существенно не меняются при производстве электроэнергии. Переменная стоимость ЭиТО в основном зависит от стоимости поставок сырья. Большая часть сырья, используемого в системах возобновляемых источников энергии, по сути, является «свободной», поскольку они являются возобновляемыми природными источниками, такими, как энергия ветра и солнечной энергии. Единственным исключением в системе ВИЭ, которая имеет переменную составляющую, является производство энергии биомассы, в которой поставки сырья оцениваются по-разному в течение года. Переменные затраты на биомассу составляют около 7,49 р. / кВт · ч.

Ожидаемый срок службы систем возобновляемых источников энергии в значительной степени зависит от типа технологий использования ВИЭ.

Технологии, которые являются более инновационными или менее внедряемыми, могут также требовать обслуживания или замены чаще, чем ожидалось, что приводит к увеличению затрат на рабочую силу. Различные типы технологий имеют особые системные компоненты, требующие поддержания и управления. Более того, размер

проекта также может влиять на эксплуатационные расходы данной системы возобновляемых источников. Большим проектам необходимо будет увеличить затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, хотя большие мощности по производству электроэнергии могут компенсировать это увеличение расходов, что приведет к снижению затрат на единицу поставляемой энергии. С другой стороны, увеличение пропускной способности сетей того же технологического типа ведет к снижению капитальных затрат. Исследования масштабирующих эффектов могут быть использованы для прогнозирования капитальных затрат и затрат на эксплуатацию новых проектов в области ВИЭ.

Заключение. Рассмотрены вопросы оценки технологии производства энергии из возобновляемых источников в России. Выработка электроэнергии в настоящее время преобладает из невозобновляемых энергетических ресурсов, в основном из углеводородных видов сырья. Внедрение систем возобновляемых источников энергии в систему электросетей позволит увеличить объемы генерации электроэнергии из возобновляемых источников. Более того, возобновляемые источники энергии могут заменить традиционные методы производства электроэнергии в стране. Технологии ВИЭ с длинной историей развития, такие как гидроэнергетика, биомасса и геотермальная промышленность, вносят значительный вклад в производство электроэнергии в сторону национального потребления энергии. Кроме того, быстроразвивающиеся технологии, такие как выработка электроэнергии из солнечной энергии и энергии ветра, значительно повысили свою эффективность за последние несколько десятилетий. Коммерциализированные ветровые и солнечные фермы были установлены по всей стране и превратились в важные части производства электроэнергии на основе ВИЭ.

Использование интегрированной системы ВИЭ может способствовать развитию гибридных форм производства энергии из разных форм возобновляемых источников, которые в конечном итоге генерируют больше электроэнергии, чем автономные системы ВИЭ. В результате интеграция различных технологий использования возобновляемых источников может максимизировать генерирование энергетических ресурсов. Будущее развитие систем ВИЭ, которые могут включать различные технологии в определенном месте, рекомендуется для максимизации объема энергии, поставляемой из возобновляемых ресурсов.

Список цитируемых источников

1. M. Bilgili, A. Ozbek, B. Sabin, A. Kahraman. An overview of renewable electric power capacity and progress in new technologies in the world // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 49 (2015). 323-334. doi: 10.1016/j.rser.2015.04.148. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115004189>
2. C. Bndischak, D. Sewell, H. Thomson, L. MacH, D. E. Veron, W. Kempton. Cost-minimized combinations of wind power, solar power and electrochemical storage, powering the grid up to 99.9% of the time. // *Power Sources*. 225 (2013). 60-74. doi:10.1016/j.jpowsour.2012.09.054. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775312014759>
3. M. Z. Jacobson, M. A. Delucchi. Providing all global energy with wind, water, and solar power. Part I: technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy Policy* 39 (3) (2011) 1154-1169. doi: 10.1016/j.enpol.2010.11.040. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.040>
4. M. Z. Jacobson, Clean grids with current technology. *Nature Climate Change* 1 (2016) 1-2. arXiv:arXiv: 1011.1669v3, doi:10.1017/CB09781107415324.004.
5. S. Becker, B. a. Frew, G. B. Andresen. T. Zeyer, S. Schramm, M. Greiner. M. Z. Jacobson, Optimized mixes of wind and solar PV and transmission grid extensions // *Energy* 72 (2014) 443-458. arXiv:arXiv: 1402.2833v1.
6. Energy Information Administration, *International Energy Statistics* (2015). URL <http://www.eia.gov/beta/international/>
7. Energy Information Administration, *EIA projects world energy consumption will increase 56%: by 2040* (2013). URL <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=12251>

- 8 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial
- 9 F. Heifer, C. Lemckert, Y. G. Anissimov, Osmotic power with Pressure Retarded Osmosis: Theory, performance and trends A review. *Journal of Membrane Science* 453 (2014) 337-358. doi: 10.1016/j.memsci.2013.10.053. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037673881300865X>
- 10 A. Uihlein, D. Magagna. Wave and tidal current energy - A review of the current state of research beyond technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 58 (2016) 1070-1081. doi: 10.1016/j.rser.2015.12.284. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.284>
- 11 S. Rehman, L. M. Al-Hadhrami, M. M. Alain. Pumped hydro energy storage system: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44 (2015) 586-598. doi: 10.1016/j.rser.2014.12.040. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115000106>
- 12 A. Hussain, S. M. Arif, M. Aslam. Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 71 (June 2015) (2017) 12-28. doi: 10.1016/j.rser.2016.12.033. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032116310863>
- 13 N. Kannan, D. Vakeesan. Solar energy for future world: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62 (2016) 1092-1105. doi:10.1016/j.rser.2016.05.022.
- 14 E. Ozkop, I. H. Altas. Control, power and electrical components in wave energy conversion systems: A review of the technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67 (2017) 106-115. doi: 10.1016/j.rser.2016.09.012. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032116305044>
- 15 A. Achilli, T. Y. Oath, A. E. Childress. Power generation with pressure retarded osmosis: An experimental and theoretical investigation. *Journal of Membrane Science* 343 (1-2) (2009) 42-52. doi: 10.1016/j.memsci.2009.07.006. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0376738809005134>
- 16 S.E. Skilhagen, J. E. Dugstad, R. J. Aaberg. Osmotic power - power production based on the osmotic pressure difference between waters with varying salt gradients, *Desalination* 220 (1-3) (2008) 476-482. doi: 10.1016/j.desal.2007.02.045.
- 17 T.T. TYan, K. Park, A. D. Smith. System Scaling Approach and Thermoeconomic Analysis of a Pressure Retarded Osmosis System for Power Production with Hypersaline Draw Solution: A Great Salt Lake Case Study. *Energy* 126 (2017) 97-111. doi:10.1016/j.energy.2017.03.002. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.002>
- 18 A.-S. Yang, Y.-M. Su, C.-Y. Wen, Y.-H. Juan, W.-S. Wang, C.-H. Cheng, Estimation of wind power generation in dense urban area. *Applied Energy* 171 (2016) 213-230. doi:10.1016/j.apenergy.2016.03.007. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191630318X>
- 19 F.C. Emejeamara, A. S. Tomlin, J. T. Millward-Hopkins. Urban wind: Characterisation of useful gust and energy capture, *Renewable Energy* 81 (2015) 162-172. doi: 10.1016/j.renene.2015.03.028. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.03.028>
- 20 D. Silva Herran, H. Dai, S. Fujimori, T. Masui, Global assessment of onshore wind power resources considering the distance to urban areas. *Energy Policy* 91 (2016) 75-86. doi: 10.1016/j.enpol.2015.12.024. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.024>
- 21 N. Agrawal, M. Zubair, A. Majumdar, R. Gahlot, N. Khare, Efficient up-scaling of organic solar cells. *SolarEnergyMaterials&SolarCells* 157 (2016) 960-965.
- 22 K.-K. Chong, P. P. Khlyabich, K.-J. Hong, M. Reyes-Martinez, B. P. Rand, Y.-L. Loo. Comprehensive method for analyzing the power conversion efficiency of organic solar cells under different spectral irradiances considering both photonic and electrical characteristics, *Applied Energy* 180 (2016) 516-523. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.08.002. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261916310893>
- 23 S. Eftekharaejad, V. Vittal, G. T. Heydt, B. Keel, J. Loehr. Impact of Increased Penetration of Photovoltaic Generation on Power Systems, *IEEE Transactions on Power Systems* 28 (2) (2013) 893-901. doi: 10.1109/TPWRS.2012.2216294.
- 24 H. Sugihara, K. Yokovama, O. Saeki, K. Tsuji, T. Funaki. Economic and Efficient Voltage Management Using Customer-Owned Energy Storage Systems in a Distribution Network With High Penetration of Photovoltaic Systems, *IEEE Transactions on Power Systems* 28 (1) (2013) 102-111.
- 25 S. Ghosh, S. Rahman. Global deployment of solar photovoltaics: Its opportunities and challenges. 2016 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe) (2016) 1 doi:10.1109/ISGTEnrope.2016.7856217. URL <http://ieeexplore.ieee.org/document/7856217/>
- 26 Коваль, С. П. Индикаторы энергоэффективности для регионов [Электронный ресурс] // Проект постановления Правительства РФ. — Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/98>.
- 27 Роль топливно-энергетического комплекса в экономике России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://tgk-12.ru/structura_funkc_energ/rol_top_en_kompl.php.
- 28 Территориальная организация топливно-энергетического комплекса [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://uchebnik-besplatno.com/uchebnik-geopolitika/territorialnaya-organizatsiya-toplivno.html>.

28 Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс] : утв. распоряжением Правительства РФ № 1715-р от 13.11.2009 г. — Режим доступа: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/57/57547/index.htm>.

29 *Комиссарова, М.А., Сторожук, И.Н.* Вопросы реформирования энергетического сектора России в современных условиях рынка // Российское предпринимательство. — 2015. — Т. 16, № 15. — С. 2375—2382

30 *Комиссарова, М.А., Сторожук, И.Н.* Многокритериальная оценка эффективности деятельности энергогенерирующих предприятий // Вестник Ростов. гос. экон. ун-та (РИНХ). — 2015. — № 3 (51). — С. 119—128.