

Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения

Т. В. Ховалова¹

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

АННОТАЦИЯ

В глобальной энергетической системе становится чрезвычайно актуальной борьба с изменениями климата, удовлетворение растущего спроса на электроэнергию, использование возможностей, полученных благодаря четвертой промышленной революции и затрагивающих все сектора экономики и связанные с ними качественные изменения характеристик спроса на электроэнергию. В последние годы растет общий темп внедрения инноваций, при этом внедрение инноваций в энергетическом секторе стало комплексной долгосрочной задачей. Цифровизация электроэнергетики России является одной из ключевых целей развития отрасли.

Цель данного исследования – рассмотреть существующие классификации инноваций с позиции электроэнергетики и определить, какие качественные и количественные эффекты дает внедрение инноваций в российской электроэнергетике.

Для расчета эффектов использованы данные Росстата, Российского энергетического агентства, а также ежегодные публичные отчеты Системного оператора и данные, предоставленные НП «Совет рынка». Проведена оценка исходя из оптимистического и пессимистического сценариев. В качестве первого были взяты наиболее высокие значения, в качестве второго – наиболее низкие значения по прогнозам экспертов.

Впервые предложена классификация видов инноваций в электроэнергетике, связанных с изменением технологий и изменением рынка. Также рассчитаны эффекты влияния каждого вида инноваций. В работе сделан вывод о большем влиянии эффектов от инноваций, обусловленных изменениями технологий, в отличие от инноваций, обусловленных изменениями рынка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инновации, электроэнергетика, эффект внедрения инноваций, классификация, энергетический комплекс, цифровизация.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ховалова Т.В. Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. Т. 10. № 3. С. 274–283. DOI: 10.17747/2618-947X-2019-3-274-283

Innovations in the electric power industry: types, classification and effects of implementation

Tatyana V. Khovalova¹

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation

ABSTRACT

In the global energy system, the fight against climate change, meeting the growing demand for electricity, using the opportunities gained through the fourth industrial revolution and affecting all sectors of the economy and the related qualitative changes in the characteristics of electricity demand become extremely urgent. In recent years, the general pace of innovation has been growing, while introducing innovation in the energy sector has become a complex long-term challenge. Digitalization of the electric power industry in Russia is one of the key objectives of the industry development.

The purpose of this study is to consider the existing classification of innovations from the standpoint of the electric power industry and to determine what qualitative and quantitative effects the introduction of innovations in the Russian electric power industry gives.

To calculate the effects, we used data from Federal State Statistics Service and the Russian Energy Agency, as well as annual public reports of the System Operator and data provided by NP «Market Council». An assessment is made based on optimistic and pessimistic scenarios. As the first, the highest values were taken, as the second – the lowest values according to experts' forecasts.

First proposed classification of types of innovations in the electric power industry related to changes in technology and changes in the market. The effects of each type of innovation are also calculated. The paper concludes that the effects of innovations due to changes in technology are more influential than innovations due to changes in the market.

KEYWORDS:

innovations in the electric power industry; effect of innovation; classification, energy complex; digitalization.

FOR CITATION:

Khovalova T. V. Innovations in the electric power industry: types, classification and effects of implementation. *Strategic Decisions and Risk Management*. 2019;10 (3): 274–283. DOI: 10.17747/2618-947X-2019-3-274-283

1. ВВЕДЕНИЕ

Концепция цифровизации электроэнергетики получила широкое распространение после того, как в 2017 году была утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации», раскрывающая политику перехода к цифровой экономике.

Согласно исследованию PwC, в научной и бизнес-среде нет единого понимания характеристики «цифровой». На вопрос «Что ваша организация вкладывает в понятие «цифровой»?» представители бизнеса отвечали так:

- все мероприятия, связанные с технологическими инновациями (26%);
- не только технологии, но и менталитет, ориентированный на непрерывные инновации, линейная структура принятия решений и внедрение технологий на всех этапах ведения бизнеса (24%);
- синоним ИТ (21%);

- все мероприятия, связанные с данными и их анализом (18%) (Цифровое десятилетие, 2017).

Большинство респондентов согласны с тем, что ключевым фактором в цифровизации экономики выступает внедрение инноваций. Инновации в энергетике входят в состав концепции промышленных инноваций, ключевым компонентом которых выступают технологические инновации (Трачук, Линдер, Тарасов и др., 2018). К примеру, инновации в энергетике представлены как «исследования и разработки новых технологий в области альтернативной энергии, а также совершенствование существующих энергетических технологий» (Guo, Wang, Li et al., 2016). Авторы классифицируют инновации в энергетических технологиях по четырем категориям: инновационная политика, инновационные ресурсы, инновационный процесс и инновационная организация.

Инновации в энергетике – это совокупность процессов, которые ведут к появлению новых или улучшению существующих технологий, позволяющих увеличить разнообразие используемых энергетических ресурсов, повысить

надежность энергетических систем, а также сократить экономические, экологические и политические издержки, связанные с производством и распределением электроэнергии (Gallagher, Holdren, Sagar, 2006). Инновации в энергетических технологиях – это процесс, отражающийся на доле рынка и других факторах, связанных с распространением новых энергетических технологий. Процесс начинается с изобретения технологии и заканчивается ее распространением (Sagar, Gallagher, Holdren, 2006). Распространение инноваций в энергетике относится к демонстрационным проектам, которые играют жизненно важную роль в процессе коммерциализации инноваций в энергетике (Lefebvre, 1993). Уровень новизны технологий в электроэнергетике играет ключевую роль при их распространении (Трачук, Линдер, 2018).

Инновации в электроэнергетике тесно связаны с изменением технологий, но не стоит утверждать, что это единственный тип инноваций, возможный в данной отрасли. Электроэнергетическая отрасль и компании электроэнергетики меняются при внедрении организационных инноваций, обусловленных изменением рыночной среды (Трачук, 2010 а, б; 2011 а, б).

Изучение теоретических основ инноваций в энергетике требует дополнительной классификации, поскольку технологические инновации в энергетике имеют двойную сущность. С одной стороны, энергия является фактором производства, который имеет определенную стоимость как фактор производства (Hicks, 1932). С другой стороны, трансформация энергии – это часть инновационного процесса, создание подрывных инноваций (Govindarajan, Kopalle, 2006).

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИННОВАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Понятие «инновация» и соответствующая классификация инноваций активно рассматриваются в литературе с различных точек зрения (см., например: Трачук, Линдер, 2014; 2019; Трачук, Тарасов, 2015; Линдер, Арсенова, 2016). В универсальной классификации выделены следующие типы инноваций:

- Продуктовые инновации представляют собой значительные изменения в свойствах товаров и услуг, производимых компанией. Это могут быть как ранее не существовавшие товары и услуги, так и продукты со значительными усовершенствованиями;
- Процессные инновации обусловлены значительными изменениями методов производства и доставки продуктов или услуг;
- Организационные инновации – новшества в деловой практике, организации рабочих мест, а также во внешних связях организации;
- Маркетинговые инновации – изменения в дизайне и упаковке продукта, размещении, методах ценообразования (Oslo Manual, 2018).

Инновации классифицируются по степени новизны:

- Инкрементальные инновации, которые могут существенно повысить производительность компании или улучшить характеристики существующих технологий, однако не являются кардинальным изменением;
- Радикальные инновации, которые связанные с высоким уровнем неопределенности и обеспечивают создание нового продукта/услуги с уникальными свойствами;
- Новые технологические системы – комплекс инноваций, имеющих общую технологическую базу и оказывающих существенное влияние на различные сектора экономики. Данные инновации могут включать радикальные и инкрементальные инновации как в продуктах, так и в услугах;
- Изменения в технико-экономической парадигме (технологическая революция) – долгосрочные инновации, приводящие к коренному изменению технологий, затрагивающему многие сектора экономики, приводящему к созданию новых рынков (Freeman, Clark, Soete, 1982; Technical Change, 1987).

Говоря об электроэнергетике, следует учитывать особенность электроэнергии как товара: в любой момент времени должно быть произведено количество электроэнергии, равное ее потреблению (Ховалова, Жолнерчик, 2018). Технологии хотя и играют существенную роль в конкурентоспособности и эффективности организации, являются

Таблица 1
Классификация инноваций в электроэнергетике: авторский подход

Тип инноваций	Описание	Примеры
<i>Инновации, обусловленные изменением технологий</i>		
Технологические	Инновации, совершенствующие технологии производства и потребления электроэнергии	• Солнечные батареи; • ветрогенераторы; • системы накопления электроэнергии
Процессные	Инновации, совершенствующие процесс поставок электроэнергии	«Умные» счетчики
<i>Инновации, обусловленные изменением рынка</i>		
Инновации управления	Создание новых методов управления	• Активный потребитель; • технологии управления спросом; • системы энергосбережения
Инновации транзакций	Инновации, способствующие минимизации операционных затрат на взаимоотношение с поставщиками и потребителями	«Умные» сети

Таблица 2
Потенциальные эффекты внедрения инноваций разного типа в электроэнергетике
(Трачук, Линдер, 2018; Налбандян, Жолнерчик, 2018; Ховалова, Жолнерчик, 2018)

Элемент	Ключевая функция	Потенциальный эффект применения
<i>Инновации, обусловленные изменением технологий</i>		
Распределенная генерация	Обеспечение возможности автономной генерации электроэнергии для собственных нужд, возможность продавать излишки электроэнергии другим участникам рынка; способность работы в режиме когенерации и тригенерации	• Сокращение затрат электросетевого комплекса и крупной генерации обеспечивают: - о добавление новых мощностей более мелкими приращениями в зависимости от реальной динамики и расположения спроса (что снижает риски омертвления инвестиций); - о отказ от необходимости реализации проектов по сооружению новых мощностей и/или сетевой инфраструктуры (Трачук, Линдер, 2018); - о сокращение потерь при передаче энергии; • увеличение надежности и более быстрое восстановление снабжения при сбоях из-за кибератак и природных катаклизмов; • создание новых рабочих мест и увеличение налоговых поступлений; • повышение спроса на инновационные технологии на местном рынке и появление возможности выхода на мировой рынок оборудования и технологий; • снижение зависимости от иностранного энергетического оборудования; • расширение возможностей для потребительского выбора; • сокращение негативного влияния на окружающую среду, сокращение выбросов CO₂
Система хранения электроэнергии	• Основной источник энергии; • аварийный источник энергии; • управление графиком потребления; • регулирование системных параметров	• Функционирование в течение периода послеаварийного восстановления основного источника электроснабжения; • экономия или снижение потерь электрической энергии, а также повышение ее качества.
Умный учет	• Достоверное измерение уровня потребления электроэнергии; • определение фактических потерь в сетях; • автоматизированная оперативная обработка, передача и предоставление информации о потреблении энергоресурсов; • ограничение и отключение потребления электроэнергии; • контроль режима потребления; • оценка эффективности энергосберегающих мероприятий и технологий; • управление потоками мощности	• Снижение технологических и коммерческих потерь; • сведение баланса по группам счетчиков с целью выявить безучетное потребление и фактов воздействия на счетчики с целью изменить показания потребления; • сведение энергобалансов, противодействие искаженным показаниям и попыткам хищений; • платформа для внедрения умных сетей; • автоматизированный сбор данных; • автоматизированное отключение абонентов в случае необходимости; • планирование закупок на оптовом рынке; • обеспечение высокой платежной дисциплины; • удаленный автоматизированный доступ к данным о характере потребления; • контроль качества электроэнергии
<i>Инновации, обусловленные изменением рынка</i>		
Управление спросом	• Система стимулирования конечных потребителей к добровольному изменению графика потребления электроэнергии без дополнительного регулирования Системным оператором	• Снижение капитальных и операционных затрат; • снижение потребности в резерве сетевых мощностей в устройствах компенсации реактивной мощности и расходов по их эксплуатации; • оптимизация режимов загрузки сетей распределительных сетевых компаний; • снижение расходов на компенсацию ущербов от аварийных ограничений; • снижение пиковых нагрузок; • выравнивание графика нагрузки энергосистемы; • новые возможности для поддержания системной надежности за счет оперативного управления режимами (Налбандян, Жолнерчик, 2018)
Программы энергоэффективности	• Сбор параметров энергетических сетей; • мониторинг потребления электроэнергии в реальном времени и с максимальной детализацией, вплоть до конкретного устройства	• Гибкость энергосистем и учет потребления; • повышение надежности всех элементов энергосистемы и оптимизация нагрузки на инфраструктуру

не единственным фактором успеха (Teese, 1986; Patel, Pavitt, 1997). Взаимосвязь инноваций и технологий очевидна.

Инновации могут быть результатом сложного процесса и зависеть от набора возможностей, которые соответствуют ее стратегическим требованиям. Этот набор возможностей формирует инновационную способность, которая выражается в том, что фирма способна быстро внедрять новые продукты и новые процессы, которые имеют решающее значение для конкуренции с другими фирмами (Guan, Ma, 2003; Wang, Lu, Chen, 2008).

В зависимости от своих возможностей и потребностей организация может использовать технологические, операционные, управленческие и транзакционные инновации. Актуальным становится вопрос управления данными инновациями и выявление эффектов, связанных с тем или иным типом инноваций. В соответствии с изменениями, происходящими в электроэнергетике, предложена адаптация классификации Завацлака (Zawislak, Alves, Tello-Gamarra et al., 2012; 2013) (табл. 1).

В электроэнергетической отрасли технологические инновации вносят изменения в способы производства электроэнергии как товара. Инновациями являются технологии, позволяющие генерировать электроэнергию из солнечной энергии, ветра и т.д. Технологические инновации повышают потенциал распределенной генерации, например развитие распределенной когенерации в Дании позволило снизить потребление электроэнергии на 11%, а также уменьшить выбросы CO₂ на 4,5 млн т в год (Хохлов, Мельников, Веселов и др., 2018).

Процессные инновации совершенствуют процесс поставок электроэнергии. Например, «умные» счетчики позволяют повысить прозрачность расчетов за потребленную электроэнергию, получать информацию об уровне потребления электроэнергии в режиме онлайн, обнаруживать безучетное потребление электроэнергии.

Инновации управления актуальны для электроэнергетики в связи с формированием нового типа потребителей электроэнергии, которые способны и сами производить

электроэнергию, и продавать излишки электроэнергии на рынок. Инновации управления включают в себя системы управления спросом, позволяющие стимулировать потребителей к изменению их графика потребления электроэнергии относительно их нормального профиля потребления в ответ на стимулирующие выплаты с целью снизить нагрузку в пиковые часы. Системы энергосбережения позволяют управлять потреблением электроэнергии благодаря использованию технологий энергосбережения как в жилых, так и в офисных и промышленных зданиях.

Инновации транзакций призваны минимизировать операционные затраты на взаимоотношения с поставщиками и потребителями. Так, «умные» сети, используя возможности названных выше инноваций, являются основой новой модели рынка электроэнергии, обеспечивающей открытое взаимодействие различных субъектов: потребителей, производителей, сетевых компаний и т.д.

3. ЭФФЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Каждая из описанных выше новых технологий выполняет определенные функции и обеспечивает конкретные потенциальные эффекты (табл. 2). Вместе с тем для принятия решения о внедрении новых технологий того или иного типа предстоит количественно оценить эти эффекты.

Для оценки влияния внедрения инноваций в российской электроэнергетике были использованы данные, предоставляемые Росстатом, данные Российского энергетического агентства, ежегодные публичные отчеты Системного оператора, данные НП «Совет рынка», а также прогнозы, подготовленные отраслевыми институтами и регуляторами рынка (Прогноз развития, 2019). Также потенциал внедрения инноваций в электроэнергетике в различных источниках определяется по-разному. В качестве оптимистического сценария были взяты наиболее высокие прогнозы экспертов,

Таблица 3
Ожидаемые эффекты внедрения инноваций в электроэнергетике по типам инноваций на 2025–2035 годы

Инновации	Компонент инноваций	Консервативный прогноз, млн руб.	Оптимистический прогноз, млн руб.
<i>Инновации, обусловленные изменением технологий</i>			
Технологические	Распределенная генерация	51 000	100 000
	Системы хранения электроэнергии	4 000	6 000
Процессные	«Умный» учет	8 000	14 000
Итого		63 000	120 000
<i>Инновации, обусловленные изменением рынка</i>			
Инновации управления	Управление поведением потребителей	9 000	16 000
	Энергосбережение	11 000	39 000
Итого		20 000	55 000

в качестве консервативного – наиболее низкие. Данная оценка (табл. 3) проведена приблизительно, поскольку отдельные компоненты инноваций не выделяются в отраслевых отчетах регулирующих органов и консалтинговых компаний.

Эффект распределенной генерации. Распределенная генерация – это совокупность электростанций, расположенных близко к месту потребления энергии и подключенных либо непосредственно к потребителю, либо к распределительной электрической сети (Хохлов, 2018). За счет этого сокращаются сетевые потери при распределении электроэнергии. У потребителя есть выбор: покупать электроэнергию у гарантирующего поставщика или подключиться к распределенной сети. Цена на электроэнергию у гарантирующего поставщика складывается из единого (котлового) тарифа на передачу электроэнергии по сетям, платы за услуги инфраструктурных организаций и сбытовой надбавки гарантирующего поставщика и цены на электроэнергию и мощность на оптовом рынке электроэнергии и мощности. У объекта распределенной генерации в цене электроэнергии учитывается единый (котловой) тариф на передачу электроэнергии по сетям, удельных затрат, обеспечивающих возврат капитала, и удельных затрат на производство электроэнергии. Эффект применения электроэнергии, вырабатываемой объектами распределенной генерации, будет зависеть от удельных затрат, обеспечивающих возврат вложенного капитала в строительство объекта распределенной генерации и стоимости удельных затрат на производство электроэнергии.

Расчет показал, что разница в цене у потребителя составит около 12,3%, а значит, потребителю выгодно использовать объекты распределенной генерации.

Эффект «умного» учета. Совершенствование учета электроэнергии выразится в том, что опрос, сбор и обработка информации будут проводиться регулярно, появится возможность автоматического управления оборудованием. По оценкам экспертов, «умные» счетчики позволяют сократить потери электроэнергии до 5–6%.

Эффект систем накопления электроэнергии. В настоящее время в России накопители энергии внедряются медленнее, чем по всему миру. Наиболее серьезными ограничениями для активного развития технологий и использования систем хранения энергии выступают барьеры законодательного характера. Тем не менее ожидается, что с 2025 года рынок накопителей электроэнергии в России составит около 8 млрд долл. в год без учета инвестиций. (Накопители, 2018).

Эффект систем управления спросом. Внедрение концепции управления спросом позволит сократить или полностью отказаться от использования неэффективной генерации. Согласно прогнозу, ежегодная сумма экономии может составить около 1,6 млн руб. (Жихарев, Посыпанко, Ким, 2018).

Эффекты технологий энергосбережения. Возможная экономия электроэнергии при внедрении систем энергосбережения в России может составить около 5–10% от общей потребности (Хохлов, 2018).

Таким образом, согласно нашим расчетам, эффекты от внедрения технологических инноваций гораздо выше эффектов, получаемых от инноваций, обусловленных изменением рынка и в пессимистическом, и в оптимистическом сценарии.

4. ВЫВОДЫ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цифровая трансформация открывает широкие возможности для развития и бросает серьезные вызовы электроэнергетической отрасли. Классификация инноваций в электроэнергетике позволяет руководителям компаний более обоснованно принимать решения о внедрении инноваций того или иного вида, а также провести анализ возможных эффектов от их внедрения.

Внедрение инноваций в электроэнергетике обеспечит не только повышение прозрачности, управляемости существующих систем, но и высокий экономический эффект в долгосрочной перспективе.

Ограничением данного исследования является приблизительная оценка некоторых эффектов, поскольку отдельные компоненты инноваций не выделяются в отраслевых отчетах регулирующих органов и консалтинговых компаний.

В дальнейшем исследователи могут выделить дополнительные подтипы инноваций и при наличии более точных данных рассчитать эффект от внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» ([б.г.]). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/441>.
2. Жихарев А., Посыпанко Н., Ким А. (2018). Demand response на российском рынке: барьеры и перспективы // VYGON Consulting. URL: http://vygon.consulting/upload/iblock/7c7/vygon_consulting_dr.pdf.
3. Линдер Н. В., Арсенова Е. В. (2016). Инструменты стимулирования инновационной активности холдингов в промышленности // Научные труды Вольного экономического общества России. Т. 198. С. 266–274.
4. Накопители электроэнергии: Энергетический бюллетень Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации (2018). № 60. 28 с.
5. Налбандян Г. Г., Жолнерчик С. С. (2018). Ключевые факторы эффективного применения технологий распределенной генерации в промышленности // Стратегические решения и риск-менеджмент. № 1. С. 80–87. DOI: <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-1-80-87>.
6. НП «Совет рынка» ([б.г.]). URL: <https://www.np-sr.ru/ru>.
7. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 (2019)/Под ред. А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина; ИНЭИ РАН; Московская школа управления «Сколково». М. 210 с.
8. Российское энергетическое агентство ([б.г.]). URL: <http://rosenergo.gov.ru>.
9. Системный оператор Единой энергетической системы ([б.г.]). URL: <http://so-ups.ru>.
10. Трачук А. В. (2010 а). Оценка состояния конкурентной среды на оптовом рынке электроэнергии // Экономические науки. № 66. С. 124–130.

11. Трачук А. В. (2010 б). Риски роста концентрации на рынке электроэнергетики // Энергорынок. № 3. С. 28–32.
12. Трачук А. В. (2011 а). Развитие механизмов регулирования электроэнергетики в условиях ее реформирования // Экономика и управление. № 2 (64). С. 60–63.
13. Трачук А. В. (2011 б). Реформирование естественных монополий: цели, результаты и направления развития. М., 2011.
14. Трачук А. В., Линдер Н. В. (2019). Инновационная деятельность промышленных компаний: измерение и оценка эффективности // Стратегические решения и риск-менеджмент. Т. 10, № 2. С. 108–121. DOI: <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-2-108-121>.
15. Трачук А. В., Линдер Н. В. (2014). Стратегия формирования устойчивых конкурентных преимуществ инновационно-ориентированными промышленными компаниями // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы Пятнадцатого всероссийского симпозиума/Под ред. Г. Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН. С. 181–183.
16. Трачук А. В., Линдер Н. В. (2018). Технологии распределенной генерации: эмпирические оценки факторов применения // Стратегические решения и риск-менеджмент. № 1. С. 32–49. DOI: <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-1-32-48>.
17. Трачук А. В., Линдер Н. В., Тарасов И. В. и др. (2018). Трансформация промышленности в условиях четвертой промышленной революции/Под ред. проф. А. В. Трачука. СПб.: Реальная экономика. 146 с.
18. Трачук А., Тарасов И. (2015). Исследование эффективности инновационной деятельности организаций на основе процессного подхода // Проблемы теории и практики управления. № 9. С. 52–61.
19. Федеральная служба государственной статистики ([б.г.]). URL: <https://www.gks.ru>.
20. Ховалова Т. В., Жолнерчик С. С. (2018) Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей // Стратегические решения и риск-менеджмент. № 2. С. 92–101. DOI: <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-2-92-101>.
21. Хохлов А., Мельников Ю., Веселов Ф. и др. (2018). Распределенная энергетика в России: потенциал развития. Сколково: Экспертно-аналитический доклад.
22. Цифровое десятилетие. В ногу со временем (2017): Всемирное исследование Digital IQ за 2017 год // PwC. URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/global-digital-iq-survey-rus.pdf>.
23. Freeman C., Clark J., Soete L. (1982). Unemployment and Technical Innovation: A Study of Long Waves and Economic Development. London: Frances Printer.
24. Technical Change and full Employment (1987), eds. C. Freeman, L. Soete. Oxford: Basic Blackwell.
25. Gallagher, K. S., Holdren J. P., Sagar A. D. (2006). Energy-Technology Innovation // Annual Review of Environment and Resources. Vol. 31. P. 193–237. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144321>.
26. Govindarajan V., Kopalle P. K. (2006). Disruptiveness of innovations: measurement and an assessment of reliability and validity // Strategic management Journal. Vol. 27, № 2. P. 189–199. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.511>.
27. Guan J., Ma N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms // Technovation. Vol. 23, № 9. P. 737–747. DOI: [10.1016/S0166-4972\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00013-5).
28. Guo P., Wang T., Li D. et al. (2016). How energy technology innovation affects transition of coal resourcebased economy in China // Energy Policy. Vol. 92. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.026>.
29. Hicks J. R. (1932). The Theory of Wages. London: Macmillan and Co. Ltd.
30. Lefebvre L. A., Lefebvre E. (1993). Competitive positioning and innovative efforts in SMEs // Small Business Economics. Vol. 5, № 4. P. 297–305. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01516250>.
31. Malerba F. (1999). ‘History-Friendly’ Models of Industry Evolution: The Computer Industry // Industrial and Corporate Change. Vol. 8, № 1. P. 3–40. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/8.1.3>.
32. Oslo Manual (2018). Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation // OECD. <https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>.
33. Patel P., Pavitt K. (1997). The technological competencies of the world’s largest firms: complex and path-dependent, but not much variety // Research Policy. Vol. 26, № 2. P. 41–156.
34. Pavitt K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and theory // Research Policy. Vol. 13, № 6. P. 343–373. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0).
35. Sagar A., Gallaher K., Holdren J. (2006). Energy-Technology Innovation // Annual Review of Environment and Resources. Vol. 31. P. 193–237. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144321>.
36. Teece D. (1986). Profiting from technological innovation // Research Policy. Vol. 15, № 6. P. 285–305.
37. Wang C. H., Lu I. Y., Chen C. B. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty // Technovation. Vol. 28, № 6. P. 349–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>.
38. Zawislak P., Fracasso E., Tello-Gamarra J. (2018). Technological intensity and innovation capability in industrial firms // Innovation & Management Review. Vol. 15, № 2. P. 189–207. DOI: [10.1108/INMR-04-2018-012](https://doi.org/10.1108/INMR-04-2018-012).
39. Zawislak P. A., Alves A., Tello-Gamarra J. et al. (2013). Influences of the internal capabilities of firms on their innovation performance: a case study investigation in Brazil // International Journal of Management. Vol. 30, № 1. P. 329–333.
40. Zawislak P. A., Alves A., Tello-Gamarra J. et al. (2012). Innovation capability: from technology development to transaction capability // Journal of Technology Management & Innovation. Vol. 7, № 2. P. 14–27. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000200002>.

REFERENCES

1. Gosudarstvennaya programma «Energoberezheniye i povysheniye energeticheskoy effektivnosti na period do 2020 goda» ([b.g.]). [State program «Energy Saving and Energy Efficiency Improvement for the Period until 2020» ([s.a.]). <https://minenergo.gov.ru/node/441>.
2. Zhikharev, A., Posypanko, N., Kim, A. (2018). Demand response na rossijskom rynke: bar'yery i perspektivy // VYGON Consulting. [Zhikharev, A., Posypanko, N., Kim, A. (2018). Demand response in the Russian market: barriers and prospects. *VYGON Consulting*. (In Russ.)]. http://vygon.consulting/upload/iblock/7c7/vygon_consulting_dr.pdf.
3. Linder, N. V., Arsenova, Ye. V. (2016). Instrumenty stimulirovaniya innovacionnoj aktivnosti kholdingov v promyshlennosti // Nauchnyye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii. T. 198. S. 266–274. [Linder, N. V., Arsenova, E. V. (2016). Tools to stimulate the innovation activity of holdings in industry. In: Scientific works of the Free Economic Society of Russia. 198:266–274. (In Russ.)]. DOI: 10.17747/2078–8886–2017–6–42–51.
4. Nakopiteli elektroenergii: Energeticheskij byulleten' Analiticheskogo centra pri Pravitel'stve Rossijskoj Federacii (2018). №60. 28 s. [Electric energy storage devices (2018): Energy Bulletin of the Analytical Center under the Government of the Russian Federation. 60. 28 p. (In Russ.)].
5. Nalbandyan G. G., Zholnerchik S. S. (2018). Klyuchevyye faktory effektivnogo primeneniya tekhnologij raspredelennoj generacii v promyshlennosti // Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment. №1. S. 80–87. [Nalbandyan, G. G., Zholnerchik, S. S. (2018). Technologies for Distributed Generation: key performance factors for industrial application. *Strategic decisions and risk management*. 1:80–87. (In Russ.)]. DOI: <https://doi.org/10.17747/2078–8886–2018–1–80–87>.
6. NP «Sovet rynka» ([b.g.]). [NP «Market Council» ([s.a.]). (In Russ.)]. <https://www.np-sr.ru/ru>.
7. Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii 2019 (2019)/Pod red. A. A. Makarova, T. A. Mitrovoj, V. A. Kulagina; INEI RAN; Moskovskaya shkola upravleniya «Skolkovo». M. 210 s. [Forecast of the development of energy in the world and Russia 2019 (2019), eds. A. A. Makarova, T. A. Mitrova, V. A. Kulagin; INEI RAS; Moscow School of Management Skolkovo. Moscow. 210 p. (In Russ.)].
8. Rossijskoye energeticheskoye agentstvo ([b.g.]). [Russian energy agency ([s.a.]). (In Russ.)]. <http://rosenergo.gov.ru>.
9. Sistemnyj operator Yedinoj energeticheskoy sistemy ([b.g.]). [System Operator of the United Power System ([s.a.]). (In Russ.)]. <http://so-ups.ru>.
10. Trachuk, A. V. (2010 a). Ocenka sostoyaniya konkurentnoj sredy na optovom rynke elektroenergii // Ekonomicheskiye nauki. № 66. S. 124–130. [Trachuk, A. V. (2010 a). Estimation of a competition in the wholesale market of the electric power. *Economic sciences*. 66:124–130. (In Russ.)].
11. Trachuk, A. V. (2010 b). Riski rosta koncentracii na rynke elektroenergii // Energorynok. №3. S. 28–32. [Trachuk, A. V. (2010 b). Risks of increasing concentration in the electricity market. *Energy Market*. 3:28–32. (In Russ.)].
12. Trachuk, A. V. (2011 a). Razvitiye mekhanizmov regulirovaniya elektroenergetiki v usloviyakh yeye reformirovaniya // Ekonomika i upravleniye. №2 (64). S. 60–63. [Trachuk, A. V. (2011 a). The development of regulatory mechanisms of the electric power industry in the context of its reform. *Economics and Management*. 2 (64):60–63. (In Russ.)].
13. Trachuk, A. V. (2011 b). Reformirovaniye yestestvennykh monopolij: celi, rezul'taty i napravleniya razvitiya. M., 2011. [Trachuk, A. V. (2011 b). Reform of natural monopolies: goals, results and development directions. Moscow, 2011. (In Russ.)].
14. Trachuk, A. V., Linder, N. V. (2019). Innovacionnaya deyatel'nost' promyshlennyykh kompanij: izmereniye i oценка effektivnosti // Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment. T. 10, №2. S. 108–121. [Trachuk, A. V., Linder, N. V. (2019). Innovative activity of industrial enterprises: measurement and effectiveness evaluation. *Strategic decisions and risk management*. 10 (2):108–121. (In Russ.)]. DOI: <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019–2–108–121>.
15. Trachuk, A. V., Linder, N. V. (2014). Strategiya formirovaniya ustojchivyykh konkurentnykh preimushchestv innovacionno-orientirovannymi promyshlennymi kompaniyami // Strategicheskoye planirovaniye i razvitiye predpriyatij. Materialy Pyatnadcatogo vs Rossijskogo simpoziuma/Pod red. G. B. Klejnera. M.: CEMI RAN. S. 181–183. [Trachuk, A. V., Linder, N. V. (2014). Strategy for the formation of sustainable competitive advantages by innovation-oriented industrial companies. In: Strategic Planning and Enterprise Development. Materials of the Fifteenth All-Russian Symposium, ed. G. B. Kleiner. Moscow: CEMI RAS. 181–183. (In Russ.)].
16. Trachuk, A. V., Linder, N. V. (2018). Tekhnologii raspredelennoj generacii: empiricheskiye ocenki faktorov primeneniya // Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment. №1. S. 32–49. [Trachuk, A. V., Linder, N. V. (2018). Technologies of the distributed generation: empirical evaluations of the innovations acceptance. *Strategic decisions and risk management*. 1:32–48. (In Russ.)]. DOI: <https://doi.org/10.17747/2078–8886–2018–1–32–48>.
17. Trachuk A. V., Linder N. V., Tarasov I. V. i dr. (2018). Transformaciya promyshlennosti v usloviyakh chetvertoj promyshlennoj revolyucii/Pod red. prof. A. V. Trachuka. SPb.: Real'naya ekonomika. 146 s. [Trachuk, A. V., Linder, N. V., Tarasov, I. V. et al. (2018). Industrial Transformation in the Fourth Industrial Revolution, ed. prof. A. V. Trachuk. St Petersburg: Real economy. 146 p. (In Russ.)].
18. Trachuk, A., Tarasov, I. (2015). Issledovaniye effektivnosti innovacionnoj deyatel'nosti organizacij na osnove processnogo podkhoda // Problemy teorii i praktiki upravleniya. №9. S. 52–61. [Trachuk, A., Tarasov, I. (2015). The research on the efficiency of innovative activity of organizations via the process approach. *Problems of management theory and practice*. 9:52–61. (In Russ.)].
19. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki ([b.g.]). [Federal State Statistics Service ([s.a.]). (In Russ.)]. <https://www.gks.ru>.

20. Khovalova, T. V., Zholnerchik, S. S. (2018) Effekty vnedreniya intellektual'nykh elektroenergeticheskikh setej // Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment. №2. S. 92–101. [Khovalova, T. V., Zholnerchik, S. S. (2018). The effects of the introduction of smart grids. *Strategic decisions and risk management*. 2:92–101. (In Russ.)]. DOI: <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-2-92-101>.
21. Khokhlov A., Mel'nikov Yu., Veselov F. i dr. (2018). Raspredeleonnaya energetika v Rossii: potencial razvitiya. Skolkovo: Ekspertno-analiticheskij doklad. [Khokhlov, A., Melnikov, Yu., Veselov, F. et al. (2018). Distributed energy in Russia: development potential. Skolkovo: Expert Analytical Report. (In Russ.)].
22. Cifrovoye desyatiletie. V nogu so vremenem (2017): Vsemirnoye issledovaniye Digital IQ za 2017 god // PwC. [The digital decade. Keeping up with the times (2017): 2017 Digital IQ Worldwide Survey. PwC. (In Russ.)]. <https://www.pwc.ru/publications/global-digital-iq-survey-rus.pdf>.
23. Freeman, C., Clark, J., Soete, L. (1982). Unemployment and Technical Innovation: A Study of Long Waves and Economic Development. London: Frances Printer.
24. Technical Change and full Employment (1987), eds. C. Freeman, L. Soete. Oxford: Basic Blackwell.
25. Gallagher, K. S., Holdren, J. P., Sagar, A. D. (2006). Energy-Technology Innovation. *Annual Review of Environment and Resources*. 31:193–237. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144321>.
26. Govindarajan, V., Kopalle, P. K. (2006). Disruptiveness of innovations: measurement and an assessment of reliability and validity. *Strategic management journal*. 27 (2):189–199. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.511>.
27. Guan, J., Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*. 23 (9):737–747. DOI: [10.1016/S0166-4972\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00013-5).
28. Guo, P., Wang, T., Li, D. et al. (2016). How energy technology innovation affects transition of coal resourcebased economy in China. *Energy Policy*. 92:1–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.026>.
29. Hicks, J. R. (1932). The Theory of Wages. London: Macmillan and Co. Ltd.
30. Lefebvre, L. A., Lefebvre, E. (1993). Competitive positioning and innovative efforts in SMEs. *Small Business Economics*. 5 (4):297–305. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01516250>.
31. Malerba, F. (1999). 'History-Friendly' Models of Industry Evolution: The Computer Industry. *Industrial and Corporate Change*. 8 (1):3–40. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/8.1.3>.
32. Oslo Manual (2018). Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. OECD. <https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>.
33. Patel, P., Pavitt, K. (1997). The technological competencies of the world's largest firms: complex and path-dependent, but not much variety. *Research Policy*. 26 (2): 41–156.
34. Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and theory. *Research Policy*. 13 (6):343–373. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0).
35. Sagar, A., Gallaher, K., Holdren, J. (2006). Energy-Technology Innovation. *Annual Review of Environment and Resources*. 31:193–237. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144321>.
36. Teece, D. (1986). Profiting from technological innovation. *Research Policy*. 15 (6):285–305.
37. Wang, C. H., Lu, I. Y., Chen, C. B. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*. 28 (6):349–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>.
38. Zawislak, P., Fracasso, E., Tello-Gamarra, J. (2018). Technological intensity and innovation capability in industrial firms. *Innovation & Management Review*. 15 (2):189–207. DOI [10.1108/INMR-04-2018-012](https://doi.org/10.1108/INMR-04-2018-012).
39. Zawislak, P. A., Alves, A., Tello-Gamarra, J. et al. (2013). Influences of the internal capabilities of firms on their innovation performance: a case study investigation in Brazil // *International Journal of Management*. 30 (1):329–333.
40. Zawislak, P. A., Alves, A., Tello-Gamarra, J. et al. (2012). Innovation capability: from technology development to transaction capability. *Journal of Technology Management & Innovation*. 7 (2):14–27. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000200002>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Т. В. Ховалова

Аспирант, ассистент Департамента менеджмента Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. Область научных интересов: стратегии и управление развитием компаний электроэнергетической отрасли, внедрение инноваций в электроэнергетике, перекрестное субсидирование.

E-mail: tkhovalova@gmail.com

ABOUT THE AUTHOR

Tatyana V. Khovalova

Post-graduate student, Assistant of Department of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation. Research interests: strategies and development management of companies in the electric power industry, introduction of innovations in the electric power industry, cross-subsidization.

Email: tkhovalova@gmail.com