

УДК 338.28  
JEL: O33

DOI: 10.18184/2079-4665.2017.8.2.203-214

## Анализ и прогнозирование динамики технологического развития «умных сетей»

Иван Владимирович Данилин<sup>1</sup>, Илья Александрович Тихомиров<sup>2</sup>,  
Дмитрий Алексеевич Девяткин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е. М. Примакова Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>2-3</sup> Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва, Россия

E-mail: danilin.iv@imemo.ru, tih@isa.ru, devyatkin@isa.ru

### Аннотация

**Цель:** Цель настоящего исследования состоит в определении средне- и долгосрочной динамики технологического развития в сфере «умных сетей» на основе показателей патентования и ключевых для данного направления социально-экономических факторов.

**Методология проведения работы:** Исследование выполнено на основе методов семантического анализа текстов и интеллектуального анализа данных на массивах американских, мировых и российских патентов – с использованием системы интеллектуального поиска и анализа патентных документов Exactus Patent (дополнительно проведена верификация результатов системами Thomson Innovation и TotalPatent). С целью интерпретации данных и прогнозирования условий развития определена система ключевых социально-экономических факторов развития технологий и требований к их функционалу, субъектов развития и пр.). В рамках работы использовались элементы теории К. Кристенсена (подрывные инновации) и Дж. Доси (технологические траектории).

**Результаты работы:** В работе продемонстрирован быстрый рост технологий «умных сетей» и их отдельных направлений как следствие влияния долгосрочных факторов спроса и различных социально-экономических процессов, включая рост возобновляемой энергетики, энергоэффективность и энергобезопасность, экологические факторы и изменение ценностей, специфические требования по развитию (быстрорастущие экономики) и модернизации (развитые страны) электросети, информатизация.

С учетом ограниченных экономических эффектов от внедрения «умных сетей» для основных субъектов рынка и регуляторов и с учетом прогрессив развития патентования, авторы прогнозируют снижение темпов прироста патентной массы как фактора «стагнации» развития направления (в соответствии с исчезновением «пузыря» завышенных ожиданий в терминологии Gartner).

**Выводы:** Изменение динамики развития «умных сетей» является следствием волнообразного характера развития любых «прорывных технологий» (подтверждается данными ОЭСР). Меньшая частота колебаний по сравнению с кривыми развития ряда иных «прорывных» технологий, может быть объяснена технологической и отраслевой спецификой, а также постоянством и силой действия основных социально-экономических факторов. Прогнозируется, что следующий виток развития (с 2020-х годов при менее выраженных темпах роста) будет основан на новых бизнес-моделях и схемах монетизации, а также гармонизации технологических и функциональных возможностей «умных сетей» с реальными запросами субъектов и экономики. Данный вывод позволяет сделать предположение о возможностях корректив теории Дж. Доси в части итеративности социально-экономической коррекции технологических траекторий.

**Ключевые слова:** прорывные технологии, интеллектуальная электроэнергетика, социально-экономическое прогнозирование, семантический анализ текстов, анализ патентов, патентные ландшафты, Exactus Patent

**Благодарности.** Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 14-29-05090 «Разработка методов междисциплинарного анализа развития и оценки востребованности «прорывных» технологий (на примере передовых производственных технологий и «интеллектуальной» электроэнергетики)».

**Для цитирования:** Данилин И. В., Тихомиров И. А., Девяткин Д. А. Анализ и прогнозирование динамики технологического развития «умных сетей» // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2017. Т. 8. № 2. С. 203–214. DOI: 10.18184/2079-4665.2017.8.2.203-214

© Данилин И. В., Тихомиров И. А., Девяткин Д. А., 2017

## Analyses and Forecasting of Smart Grid Technological Dynamics

Ivan V. Danilin<sup>1</sup>, Ilya A. Tikhomirov<sup>2</sup>, Dmitry A. Deviatkin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Primakov Institute of World Economy and International Relations of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>2-3</sup> Federal Research Center Computer Science and Control of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

E-mail: danilin.iv@imemo.ru, tih@isa.ru, devyatkin@isa.ru

### Abstract

**Purpose:** *this paper analyzes and forecasts medium- to long-term dynamics of Smart Grid technology developments considering both patent activity and socio-economic (demand-side issues and requirements of economy and power system) factors.*

**Methods:** *for the analysis of Smart Grid patent data (IIP, USPTO, and WIPO patent databases used) we apply syntactic semantic analysis of texts in natural languages and logistic curve-based method. We propose Exactus Patent system for intelligent full-text search and analysis of patents (results verified with Thomson Innovation and TotalPatent patent search systems). For interpretation of revealed dynamics and forecasting of future conditions we identify key long-term socio-economic factors drivers for Smart Grid development. Elements of C. Christensen (disruptive innovations) and G. Dosi (technological trajectories) theories were applied.*

**Results:** *the study reveals a fast technological transformation within the Smart Grid domain due to the long-term socio-economic factors such as rise of renewables; energy efficiency and energy security issues; environmental constraints and shift of values; requirements for accelerated grid construction (in developing economies) and grid modernization (in developed ones); ongoing economy-wide digitalization. Due to the limited economic effects of Smart Grid roll-outs (considering major requirements of economic agents and society) and considering progressions of patent dynamics, authors forecasts technology stagnation (in terms of number of patents growth) by the end of 2010-s as end of Gartner's hype development stage.*

**Conclusions and Relevance:** *a foreseen change in dynamics of Smart Grid technology development is interpreted as a manifestation of sinusoidal fluctuations in technology development for disruptive technologies (supported with OECD data). A longer cycle (in comparison with other disruptive technologies) is interpreted as consequence of technology and industry specifics (capital intensity, long-term R&D, etc.), as well as powerful influence of key socio-economic factors. A new growth period (with less impressive growth pace) and appearance of new generations of technology would become possible in 2020s after development of new business models, monetization schemes and better alignment of Smart Grid technologies and functionality to stakeholders' interests, values and society requirements. This allows authors to correct G. Dosi theory, considering iterative nature of socio-economic corrections of technology trajectories.*

**Keywords:** *disruptive technologies, smart energy, social and economic forecasting, methods of linguistic analysis, patent analysis, patent landscape, Exactus Patent*

**Acknowledgements.** *This study is supported with financial support of Russian Foundation for Basic Research. Grant #14-29-05090 «Elaboration of methods for multidisciplinary analysis of development and assessments of demand for disruptive technologies (on the advanced manufacturing and Smart Grid cases)».*

**For citation:** Danilin I. V., Tikhomirov I. A., Deviatkin D. A. Analyses and Forecasting of Smart Grid Technological Dynamics. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2017; 8(2(30)):203–214. DOI: 10.18184/2079-4665.2017.8.2.203–214

### Введение

Интеллектуализация электроэнергетики прочно вошла в повестку инновационного развития наиболее развитых и быстро развивающихся экономик. США, Япония, страны Западной Европы, Китай и Индия инициировали программы НИОКР и поддержки тиражирования «умных» технологий [1–4]. Активный интерес к технологиям проявляют и ряд других государств [5], включая Россию.

«Сердцем» интеллектуальной электроэнергетики должны стать так называемые «умные сети» (Smart Grid). Определения данного понятия разнятся [6–7; 8, pp. 7–8; 9, p. 560], но лежащая в его основе концепция универсальна. Являясь частным случаем Интернета вещей, «умные сети» предполагают глубокую информатизацию и автоматизацию электросетевого хозяйства (до уровня активно-адап-

тивных сетей), позволяя обеспечить двусторонние и многосторонние энергетические и информационные обмены между ключевыми субъектами.

Формально, понятие «умные сети» стало активно использоваться лишь с середины 2000-х годов, но реализация отдельных групп «умных» решений наблюдается с 1990-х. Первыми масштабными инициативами, где были реализованы отдельные аспекты функционала «умных сетей», стал пилотный проект в г. Остин, США (2003 г.) и проект «Telegestore» по массовому внедрению интеллектуальных приборов учета потребления (Италия, 2005 г.).

«Умные сети» относятся к «прорывным» технологиям и инновациям. Как и классические прорывные технологии и инновации [10; 11], они способны не только существенно изменить технико-технологические основы отрасли, но также и рынки, состав

и роли субъектов, основы экономики электроэнергетики. Существенно и их потенциальное влияние на рынки энергоносителей, автомобилестроения, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и электротехники, главным образом, за счет новых возможностей развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и электромобилей, формирования комплексных интеллектуальных инфраструктур на основе передовых программно-технических и программно-аппаратных решений. Кроме того, перспективный функционал «умных сетей» в сфере надежности и качества электроэнергии принципиально важен для развития высокотехнологической промышленности и сектора наукоемких услуг.

Значение технологии подтверждается масштабом (40–70 млрд долл. США в 2012–2014 гг.) и быстрым ростом (среднегодовые темпы роста на ближайшее десятилетие – до 20%) рынков «умных сетей» [12; 13, р. 2; 14]. По оценкам Международного энергетического агентства, в течение 2014–2035 гг. объем инвестиций в интеллектуальные решения может составить от 340 млрд до около 1,17 трлн долл. США (в ценах 2012 г., сценарий «Новая энергетика») [15, р. 101, 105–107].

С учетом экономического потенциала «умных сетей» выявление тенденций и динамики инновационно-технологического развития имеет принципиальное значение. Однако на данном этапе анализ мероприятий госполитики, пилотных проектов и кейс-стади дает ограниченное представление о потенциале, проблемах и перспективах «умных сетей» [16; 17]. Умеренно полезны и прогностические документы, дающие нормативные оптимистические оценки и часто упускающие из виду ключевые социально-экономические факторы.

Перспективным подходом оказывается оценка технологических трендов развития на основе применения методов и инструментов интеллектуального анализа больших массивов патентных документов [18] – во взаимосвязи с изучением и оценкой средне- и долгосрочных социально-экономических тенденций, и ключевых факторов спроса на развитие интеллектуальной энергетики и ее результаты. Сочетание двух этих подходов позволяет, по нашему мнению, более корректно оценить динамику и, во многом, характеристики инновационно-технологического развития на перспективу.

Причем, как представляется, аналогичный метод может быть использован при изучении иных «прорывных» технологий.

**Обзор литературы и исследований.** Проблематика «умных сетей» в последние 5–7 лет привлекает все более существенное внимание авторов, преимущественно зарубежных. Основной массив

работ (исключая статьи и книги, связанные с оценкой чисто технологических аспектов Smart Grid) связаны с описанием нормативных (ожидаемых и желательных) эффектов развития «умных сетей», в том числе по итогам моделирования [6–8; 14]. Речь преимущественно идет о различных технологических и системных аспектах, как-то: роли и возможностей «умных сетей» в процессах интеграции возобновляемых источников энергии и декарбонизации экономики; влиянии (в будущем) на состояние электросети, отраслевые бизнес-модели и доходы субъектов таких решений, как управление спросом, интеграция подзаряжаемых от сети электромобилей и пр.

Особое внимание нами было уделено относительно редким работам, анализирующим выявленные действительные экономические проблемы реализации направления [8; 16; 19].

Отдельные материалы, в немалой мере экспертные или государственные, посвящены изучению эволюции госполитики, реализующимся проектам и пр.

В теоретическом отношении, исследование базируется на нескольких теориях и теоретических конструктах, связанных с оценкой влияния социально-экономических факторов на технологическое развитие. Прежде всего, речь идет о работах школы К. Кристенсена [10; 11; 20; 21], связанных с развитием так называемых «подрывных» инноваций (то есть инноваций, меняющих соотношение ценностей на рынке) и радикальных (т.е. качественно более совершенных и сложных) технологиях, которые в совокупности можно охарактеризовать более употребимым русским термином «прорывные» технологии.

Другим теоретическим подходом, используемым при подготовке работы (хотя и с существенными оговорками), является классическая статья Дж. Доси [22], описывающая соотношение социально-экономических факторов (определяют основные факторы первичного отбора базовых технологических платформ) и научно-технологических параметров (функционально определяют последующую эволюцию технологии) в развитии любого технологического направления.

Разработка методов патентного анализа опиралась в том числе на литературу, посвященную применению методов автоматической обработки естественных языков для патентного поиска. В рамках этих исследований рассматривались проблемы патентного поиска и решались задачи поиска патентов по запросу, поиска патентов prior art, т.е. патентов, которые похожи на заданный патент, кросс-языкового поиска патентов, автоматической классификации патентов по нескольким патентным классификаторам и другие задачи [23–29].

**Материалы и методы.** Прежде всего, следует описать методы анализа патентных массивов. Коллекции патентных документов могут использоваться в качестве актуального источника информации о структуре и направлениях развития технологий, поэтому возникает необходимость создания методов и средств патентного поиска и анализа. С их помощью можно производить мониторинг появления новых технологий, формировать тренды технологического развития, выявлять точки роста и прогнозировать состояние науки и техники [24]. Такие методы и средства полезны при формировании политики научно-технологического развития организаций и государств [25], для исследования инноваций [26], нахождения драйверов технологического развития и так далее.

К настоящему времени появились предпосылки для создания специальных средств патентного поиска и анализа, использующих методы семантического анализа текстов на естественных языках [29]. Таким инструментом стала система поиска и анализа патентной информации Exactus Patent [18], разработанная ИСА РАН. На ее основе и будут проводиться исследования, описанные в данной статье.

В качестве информационных баз в настоящем исследовании использованы: коллекция Управления по патентам и товарным знакам США USPTO (за 2000–2016 гг.), коллекция Всемирной организации интеллектуальной собственности WIPO (за 2000–2016 годы) и коллекция Федерального института промышленной собственности ФИПС (за 1992–2016 гг.). Всего в анализируемый массив вошло более 6 млн. патентов на русском и английском языках. Для подтверждения достоверности выводов результаты системы Exactus Patent дополнительно верифицировались при помощи Thomson Innovation и Total Patent.

Анализ патентных массивов проводился по рамочной теме «умные сети» («smart grid») и по основным группам ключевых технологий, которые включаются в данную группу решений – таким как «virtual power plant», «home area network», «advanced metering infrastructure» и др. Перечень технологий «умных сетей» составлен на основе изучения научной и экспертной литературы, государственных документов, и верифицированы в рамках консультации с представителями рабочей группой EnergyNet Национальной технологической инициативы.

Оценка социально-экономических факторов развития технологий «умных сетей» включает несколько этапов. Прежде всего, это выявление на основе экспертной оценки научной литературы, описаний кейс-стади и пилотных проектов, государственных и экспертно-аналитических документов системы

ключевых экономических факторов и требований к функционалу «умных сетей» (на основе обратного анализа ожидаемых/заявляемых экономических эффектов) и позиций стейкхолдеров. Далее проводится анализ динамики развития стоящих за ними социально-экономических процессов и трендов госполитики – с учетом отраслевой специфики. Выводы могут быть использованы в прогнозировании в силу естественной инерции и продолжительности социально-экономических процессов.

Полученные результаты анализируются совместно, что позволяет интерпретировать динамику патентования и обеспечить более корректную оценку востребованности «умных сетей» и возможностей их развития.

По причине естественных ограничений по объему статьи, вниманию читателя представляются только результаты проделанной работы.

### Результаты исследования

Динамика патентования по теме «умные сети» (см. рис. 1) показывает устойчивый прирост патентной массы. При этом выражен «пороговый» период быстрого роста: фиксируется быстрое ускорение развития в 2008–2009 гг. и резкий рост с 2012 г. (в одном 2012 г. было опубликовано столько же патентов по этой теме, как суммарно до 2008 г.).

Анализ патентных массивов по прочим группам ключевых определений имеет аналогичный тренд.

Этот процесс в целом совпадает с данными по числу реализующихся промышленных, пилотных и опытно-демонстрационных проектов в ЕС (регион-пионер в активном развитии и применении технологии в 2000–2010-х годах [4]), а также числу различных научных, аналитических и государственных документов, посвященных данной тематике. Иначе говоря, мы наблюдаем объективный и быстрый рост как самой технологии, так и интереса к ней со стороны коммерческих и государственных субъектов, а также научно-технологического сообщества.

Значимым фактором является субъектный анализ держателей объектов интеллектуальной собственности как фактора оценки состояния и перспектив развития новых технологий. Наличие крупных игроков, разнообразие категорий патентообладателей свидетельствуют о масштабе и «зрелости» технологических работ, работах в поддерживающих и смежных направлениях (которые в целом формируют среду формирования комплексных и решений, а не отдельных продуктов), а косвенно – и об инвестиционной привлекательности любого рассматриваемого направления.



Источник: результаты расчетов Exactus Patent

Рис. 1. Динамика патентной активности по направлению «Smart Grid»

Resource: calculation results Exactus Patent

Fig. 1. Patent activity dynamics for Smart Grid technologies

В сфере «умных сетей» до 2008 г. патентообладателями являлись отдельные производители электротехнической продукции (интеллектуализация существующей силовой продукции) и специализированные (связанные с разработкой отдельных видов нового «умного» оборудования) предприятия – что вполне соответствует условно ранней стадии развития. Но уже с конца 2000-х годов мы наблюдаем массивный вход на рынки «умных сетей» отраслевых промышленных гигантов и компаний сектора информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). К последним относятся производители компьютерного, телекоммуникационного оборудования и сложных программных решений (Cisco, IBM, Oracle, Huawei и др.), персональной электроники (Sony, LG, Apple, Samsung и другие), а также интернет-компаний/держателей ИКТ-платформ (Google, Apple).

Например, по направлению advanced metering infrastructure (системы мониторинга основных технологических процессов электросетевого хозяйства) в период в 2000–2008 гг. лидерами патентования являлись специализирующиеся на «умной» энергетике компании – такие, как Itron Inc и EGT Development. Но уже в 2009–2016 гг. (рис. 2) топовые позиции занимают дочерняя структура Cisco Systems, IBM и LG Electronics, а также крупная международная консалтинговая компания Accenture (активно работает на рынках ИКТ).

Существенная разница в количестве патентов слева и справа на рисунке обусловлена характером прироста патентной массы.

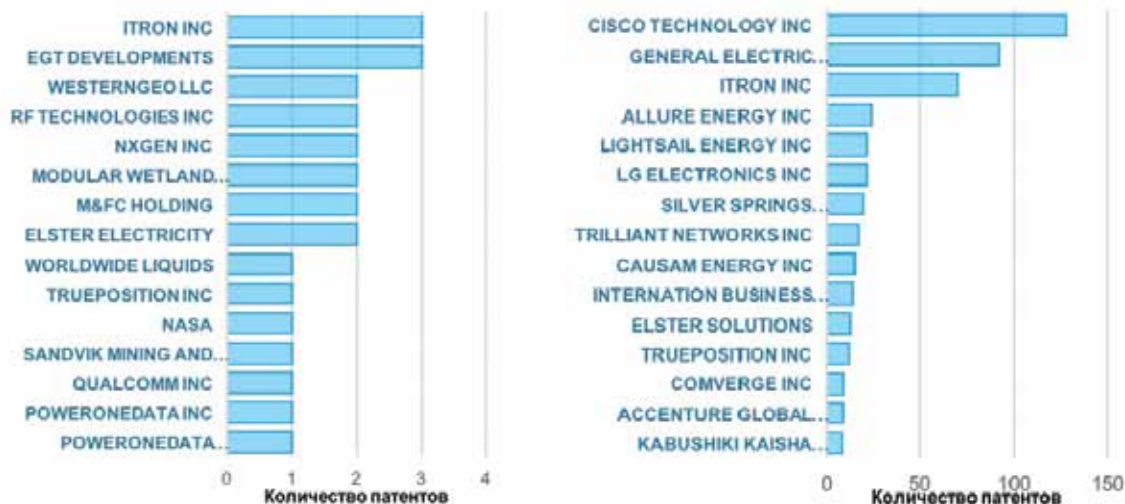
Заметное изменение динамики патентования в 2011 г., а также достаточно быстрое изменение

ландшафта патентообладателей, между тем, не дает нам достаточных данных для выводов о степени зрелости технологий «умных сетей» (пользуясь известной кривой Gartner как ориентиром). Для этого требуется оценка социально-экономических и политических факторов и условий развития технологии, а также анализ средне- и долгосрочных трендов патентования на основе аппроксимации кумулятивной патентной массы.

Первичным вопросом является оценка причин наблюдаемого изменения трендов с 2008–2009 гг. и скачкообразной динамики развития технологий «умных сетей» в 2011–2013 гг.

Маловероятно, что к столь значительным технологическим последствиям могли привести накопление знаний и компетенций в секторе НИОКР и в рамках пилотных, опытно-демонстрационных и промышленных проектов. До 2009–2011 гг. уровень расходов на НИОКР по умным сетям был умеренным (например, в 6-й Рамочной программе ЕС – всего 65 млн евро [30]), масштаб «пилотов» и внедрений также был достаточно скромным (кроме проекта Telegestore), а спектр применяемых технологий – ограниченным. В основном, практиковалась установка так называемых «умных счетчиков» (интеллектуальные системы учета потребления), средств автоматизации управления и мониторинга состояния электросетевого хозяйства – в значительной мере на сетях высокого напряжения (основные проекты Smart Grid связаны с распределительными сетями).

Основным стимулом для крупных компаний, университетов и венчурного бизнеса к активизации технологических работ де-юре могли стать высо-



Источник: результаты расчетов Exactus Patent

Рис. 2. Топ патентообладателей по направлению «Advanced metering infrastructure» в 2000–2008 гг. (слева) и в 2009–2016 гг. (справа)

Resource: calculation results Exactus Patent

Fig. 2. Top patent holders for Advanced metering infrastructure technologies in 2000–2008 (left figure) and 2009–2016 (right figure)

кие ожидания субъектов от госполитики. В самом деле, к 2009–2010 гг. были утверждены различные государственные инициативы в сфере «умных сетей», такие как Закон об экономическом восстановлении и возобновлении инвестиций в Америку (ARRA) в США 2009 г., мероприятия 7-й Рамочной программы ЕС в сфере НИОКР и т.д., предусматривающие как рост расходов на НИОКР, так и реализацию проектов модернизации сетей.

Однако государственная политика сама по себе является производной от более масштабных и долгосрочных факторов и процессов. Эти факторы выявляются при анализе нарративов профильных госпрограмм, научной литературы и аналитических документов, посвященных «умным сетям».

Для Европы [31] – а с 2010–2011 годов и для США и КНР – одним из основных таких факторов можно определить быстрый массированный ввод в эксплуатацию ВИЭ, включая объекты малой распределенной генерации у потребителя, а также рост объемов выработки «альтернативной» электроэнергии (рис. 3). Поскольку в силу вариативности они создают серьезную нагрузку на сеть, для стран с высокой и быстрорастущей долей «зеленой» энергетики в энергобалансе формируются вызовы в сфере стабильности и надежности энергосистемы, а также серьезные технико-технологические проблемы, связанные с подключением объектов ВИЭ и диспетчеризацией «зеленой» электроэнергии. В этой ситуации интеллектуальные решения

оказываются востребованными, позволяя за счет роста наблюдаемости и управляемости сети, а, на перспективу, и различных систем хранения минимизировать потенциальные и реальные негативные эффекты для энергосистемы.

Как можно видеть при сравнении рис. 1 и 2, налицо почти прямая корреляция между развитием технологий «умных сетей» и вводами ВИЭ.

Определенная связь прослеживается между развитием технологий «умных сетей» и ростом цен на энергоносители в период 2000-х – первой половины 2010-х годов. На это указывают (косвенно) синергия технологий «умных сетей» и ВИЭ, периодически упоминаемые в документах тезисы об энергобезопасности (как снижении зависимости от стран-экспортеров углеводородов) и т.д. Но поскольку после глубокого, но относительно краткосрочного обвала цен на углеводороды в 2008 г. и, особенно, выхода углеводородов в принципиально более низкий ценовой коридор с 2014 г. заметной коррекции динамики патентования по направлению «умных сетей» не произошло, можно утверждать, что этот фактор имел не долгосрочный характер, а скорее, выступал триггером развития.

Более фундаментальным фактором продвижения тематики «умных сетей», являются экологические соображения. По объективным (например, рост загрязнения в КНР) и субъективным (рост экосознания в странах Запада) причинам экологический



Источник данных: [32, p. 30]

**Рис. 3. ВИЭ (кроме большой гидрогенерации) в структуре установленных мощностей генерации и выработки электроэнергии, %**

Resource: [32, p. 30]

**Fig. 3. Renewable Energy Sources (not including big hydro) as share of total installed capacity and power generation, in per cent**

фактор оказывает все большее влияние на затраты и инвестиционную политику хозяйствующих субъектов и госструктур, а также национальное, региональное и международное регулирование. Будучи условием снижения выбросов CO<sub>2</sub> за счет повышения энергоэффективности, развития ВИЭ и, в будущем, уменьшения потребления моторных топлив (развитие транспорта с электрической силовой установкой), «умные сети» можно считать органической частью глобальной экологической повестки и ее страновых проекций.

Наконец, серьезным и долгосрочным фактором была и остается модернизация и развитие электросетевой инфраструктуры во всех странах – спонсорах Smart Grid. Для большинства наиболее развитых стран актуален вызов физического и морального устаревания основных фондов. Проблема усугубляется целым рядом факторов. Во-первых, энергосистемы развитых стран рассчитаны в значительной мере на мощный спрос энергоемких отраслей промышленности (которых практически не осталось на их территории). Растут проблемы надежности и качества энергоснабжения, результирующие в огромных прямых (ущерб, страховые выплаты и иное) и косвенных (недополученная прибыль) потерях для экономики. Например, по экспертным оценкам в середине-второй половине 2000-х годов совокупные потери экономики США от перебоев

в энергоснабжении составляли от 70 до 178 млрд долл. США, то есть около 0,5–1% ВВП (!) [33; 34, pp. 1–3]. И все это на фоне мощного роста ВИЭ и новых видов нагрузки, требующих серьезных изменений в сетевом хозяйстве и энергосистеме в целом.

Для развивающихся стран проблемы связаны с ускоренным ростом промышленного и бытового спроса на электроэнергию, требующих форсированного развития сетевой инфраструктуры со всеми сопутствующими экономическими и экологическими проблемами. В этой ситуации новые, «умные» технологии даже с учетом их дороговизны становятся привлекательным решением, что хорошо иллюстрируется примером Китая [35].

Неудивительно, что именно вопросы развития/модернизации сетей являются основным экономическим и технологическим мотивом реализации проектов Smart Grid для самих энергокомпаний [36].

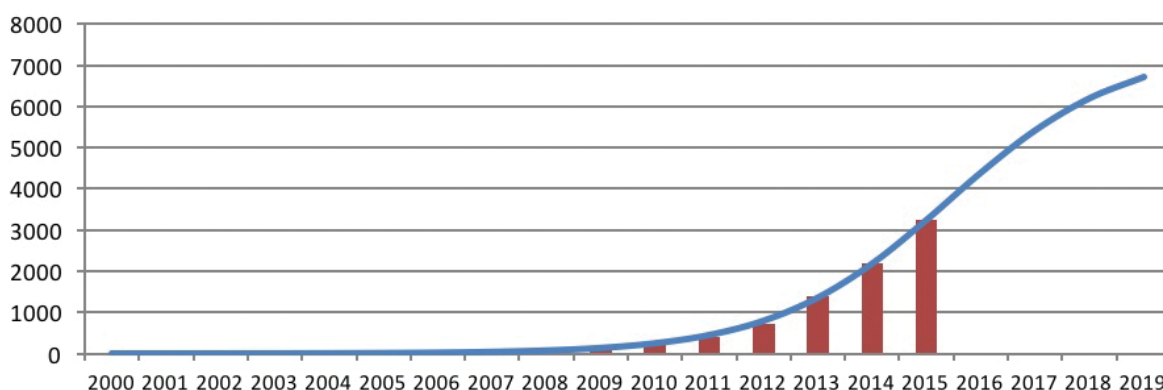
Наконец, дополнительным фактором выступают комплексные процессы информатизации («дигитализации») экономики. Помимо объективной диффузии ИКТ во все отрасли и сферы жизни, наблюдается экспансия ИКТ-предприятий на смежные рынки – в значительной мере из-за растущей конкуренции и «насыщения» традиционных рыночных сегментов<sup>1</sup>. В этой связи неудивительно упомянутое выше значительное число ИКТ-компаний – от Cisco до Apple – в числе патентообладателей по тематике «умных сетей».

Сочетание долгосрочных социально-экономических, идейно-идеологических и политических драйверов объясняет динамику технологического развития последних 10 лет и подтверждает сохранение высокого уровня актуализации проблематики «умных сетей» на среднесрочную перспективу.

Однако приведет ли это к росту технологической активности по направлению Smart Grid как условию достижения некоего прорыва и перехода энергетики на принципиально новый технико-экономический базис?

Анализ трендов роста кумулятивной патентной массы (построено с помощью логистической кривой и представлено на рис. 4) с учетом вышеозна-

<sup>1</sup> Например, в 2014–2016 гг. были зафиксированы первые в истории случаи падения продаж – «кризисы» перепроизводства – на рынках смартфонов и планшетов. Аналогичным образом, экономические показатели отрасли информационно-коммуникационных технологий в наиболее развитых странах имеют понижательную динамику [37, С. 19–34].



Источник: результаты расчетов Exactus Patent

Рис. 4. Аппроксимация кумулятивной патентной массы по теме «smart grid» логистической кривой

Resource: calculation results Exactus Patent

Fig. 4. Approximation of cumulative patent data for Smart Grid technologies by logistic curve

ченных факторов указывает, что к 2018–2019 гг. рост патентной активности в сфере Smart Grid существенно замедлится. То есть, несмотря на существенный ожидаемый рост спроса и востребованности технологии различными категориями субъектов, в среднесрочной перспективе прогнозируется замедление результативности (не эквива-

лентно интенсивности) инновационно-технологической активности.

Одним из объяснений является волнообразный характер развития «прорывных» технологий и связанных с ними знаний, компетенций и опыта, идентифицированных экспертами ОЭСР по иным направлениям развития (рис. 5).



Источник: OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015. Paris: OECD, 2015. p. 79

Рис. 5. Развитие прорывных ИКТ по сравнению со всеми группами технологий (данные патентования по 5 основным юрисдикциям – США, ЕС, Япония, КНР, Р. Корея)

Resource: OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015. Paris: OECD, 2015. p. 79

Fig. 5. Development of disruptive ICT in comparison with all groups of technologies (data for 5 top patent jurisdictions – the USA, EU, Japan, PRC and Republic of Korea)



Однако основные причины, опять же, имеют не так научно-технологические, сколько объективные экономические причины.

На самом деле, уже сейчас видны определенные проблемы в развитии сегмента интеллектуальной электроэнергетики. Опять же, пользуясь терминологией Gartner, мы наблюдаем умеренное сдувание «пузыря» завышенных ожиданий от технологии («hype»).

Несмотря на то, что базовые социально-экономические драйверы развития интеллектуальной энергетики (кроме цены на углеводороды) остаются неизменными, проблемой оказывается соответствие экономических – а не чисто технологических – параметров «умных сетей» объективным требованиям субъектов, формирующимся вследствие действия указанных факторов. (Ценностное измерение остается очень значимым, однако, как показывает даже опыт Energiewende в ФРГ, не может быть полностью оторванным от экономических реалий). Существующий опыт промышленного внедрения (кроме случаев борьбы с масштабными коммерческими потерями – т.е. кражами и неоплатой потребленной энергии) и пилотных проектов свидетельствуют о слабой окупаемости и неоднозначных экономических эффектах для основных субъектов рынка [9; 16, р. 43–44; 39].

Частично ситуация может быть объяснена тем фактом, что, исключая небольшую часть пилотных проектов, до настоящего времени мы наблюдаем весьма ограниченное внедрение технологий Smart Grid в существующую энергосистему для решения отдельных специфических и/или локальных задач (например, снижение тех же коммерческих потерь, увеличение наблюдаемости некоторых технологических процессов и пр.). Иными словами, речь идет не об «умных сетях», а о так называемой «островной» модернизации, в рамках которой системные эффекты не достигаются, а в лучшем случае решаются локальные оптимизационные задачи (корректирующая интеллектуализация). При этом наиболее значимые эффекты, особенно связанные с перспективным функционалом Smart Grid, не могут априори проявиться в силу того, что модель рынка и иные регуляторные аспекты «умных сетей», бизнес-модели и схемы монетизации пока находятся на самых ранних стадиях развития [9; 17; 19; 39].

В сложившейся ситуации разрыв между быстрыми темпами технологического развития, неочевидными экономическими показателями «умной» электроэнергетики и завышенными ожиданиями неизбежно должен в определенный момент времени исчезнуть с последующим переходом на более рациональные основы роста.

## Выводы

Технологическое развитие «умной энергетики» (выраженное в нашем случае в росте патентования), как и следовало полагать, в наибольшей мере определяется ограниченным числом основополагающих социально-экономических факторов, определяющих динамику и тренды «интеллектуализации».

По результатам работы выявлено, что в сфере «умных сетей» начинает проявляться волнообразное развитие «прорывных» технологий (не следует путать с «волнами Кондратьева», «укладами» и прочими подобными теориями). В частности, на среднесрочную перспективу выявляется тренд снижения динамики патентования, который при сохранении текущих параметров станет значимым уже к концу 2010-х годов. Меньшая частота колебаний, по сравнению с кривыми развития ряда иных «прорывных» технологий, может быть объяснена технологической (продолжительность НИОКР, заимствования из различных смежных направлений) и отраслевой (высокая капиталоемкость и продолжительность инвестиционных циклов) спецификой, а также постоянством и силой действия основных социально-экономических факторов (с учетом того, что объективное значение развития энергетики как базовой инфраструктуры общества здесь и сейчас более актуально для вовлеченных субъектов, чем развитие отдельных иных принципиально новых технологических направлений).

Помимо естественных циклов собственно технологического развития, связанных с нелинейными процессами накопления знаний и компетенций, данная ситуация объясняется изменением действия базовых социально-экономических факторов.

Вероятный качественно-количественный переход («разрыв») между поколениями и группами технологий (реализованный, в том числе, в формировании патентных семей), будет связан в данном отношении не так с тенденциями накопления научно-технологического потенциала по текущим направлениям, как гармонизации экономических и технологических задач, где новые технологии должны будут в наибольшей мере соответствовать структуре и содержанию экономических ожиданий субъектов и объективным социально-экономическим вызовам развития. При этом с учетом всех прочих вопросов процесс гармонизации будет осуществляться как через изменение структуры требований к технологиям коммерческих субъектов и конечных потребителей (платежеспособный спрос на определенные функционалы), так и через рамочное экономическое и отраслевое регулирование, отражающее, в том числе ценностные

установки общества и элит. Особо отметим, что ценностной фактор не станет незначимым, но должен быть «экономизирован» в целях возможности максимальной реализации в реальной жизни.

Напрямую корректное прогнозирование бизнес-моделей, схем монетизации и обеспечивающего их регулирования не представляется возможным. Но поскольку актуальность большей части рассмотренных факторов развития «умных сетей» как минимум не снизится, а, скорее всего, даже усилится, можно ожидать положительные изменения экономических эффектов развития интеллектуальной энергетики в горизонте после 2020 г. Наиболее вероятно, что этот процесс будет усилен циклом развития новых технологий (особенно ИКТ), которые, с одной стороны, обеспечат новые возможности реализации перспективного экономического потенциала «умных сетей», а, с другой, будут в большей мере отражать объективные интересы всех категорий субъектов. Предположительно, траектория развития технологий «умных сетей», выраженная в показателях патентования, будет иметь в этой ситуации менее выраженный, но, все же, уверенный повышающийся характер.

Полученные выводы частично созвучны рамочной концепции технологических траекторий Дж. Доси, однако, корректируют ее в части итеративного характера влияния социально-экономических факторов на отбор и эволюцию базовых технологий.

Вышеперечисленные вопросы и выводы требуют дальнейшего серьезного изучения – в том числе в рамках декомпозиции патентных ландшафтов с целью выявления скрытых социально-экономических требований, экономических характеристик «умных сетей» и необходимого влияния на регуляторную сферу, а также синергии развития различных технологических направлений.

В заключении заметим, что предложенная методика, основанная на применении методов и инструментов интеллектуального анализа больших массивов патентных документов во взаимосвязи с изучением и оценкой средне- и долгосрочных социально-экономических тенденций и ключевых факторов спроса может быть использована при анализе и иных «прорывных» технологий.

#### Список литературы / References

1. Marilyn A. B., Shan Z. Smart-grid policies: an international review. *WIREs Energy Environ.* 2013; 2 (2):121–139. DOI: 10.1002/wene.53
2. ISGAN. *Smart Grid Project Catalogue: Part 1, by Project main application*. ISGAN Inventory Report. 31 March 2014; Annex 1, Task 2. 129 p. Available at: <http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/ISGAN%20annex%201%20project%20catalogue-pt%201.pdf> (accessed 10 June 2016).
3. ISGAN. *Smart Grid Project Catalogue: Part 2, by contribution to policy goal*. ISGAN Inventory Report. Annex 1, Task 2. March 31. 2014. 422 p. Available at: <http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/ISGAN%20annex%201%20project%20catalogue-pt%202.pdf> (accessed 10 June 2016).
4. *Joint Research Centre Smart Grid Projects Outlook 2014*. European Commission. JRC. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2014. 156 p. Available at: [http://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2014/report/ld-na-26609-en-n\\_smart\\_grid\\_projects\\_outlook\\_2014\\_-\\_online.pdf](http://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2014/report/ld-na-26609-en-n_smart_grid_projects_outlook_2014_-_online.pdf). (accessed 10 May 2016).
5. U.S. Department of Commerce (2016). 2016 Top Markets Report Smart Grid A Market Assessment Tool for U.S. Exporters. *International Trade Administration. Industry & Analysis (I&A)*. April 2016. Available at: [http://trade.gov/topmarkets/pdf/Smart\\_Grid\\_Top\\_Markets\\_Report.pdf](http://trade.gov/topmarkets/pdf/Smart_Grid_Top_Markets_Report.pdf). (accessed 10 September 2016).
6. Shawkat A. (Ed.) *Smart Grids: Opportunities, Developments, and Trends*. London, Springer-Verlag, 2013. 23 p.
7. Xenias D., Axon C., Balta-Ozkan N., Cipcigan L., Connor P.M., Davidson R., Spence A., Taylor G., Whitmarsh L. *Scenarios for the Development of Smart Grids in the UK: Literature Review*. Working Paper. REF UKERC/WP/ES/2014/001. UK Energy Research Centre (UKERC). London. 2014. 184 p. Available at: [http://www.ukerc.ac.uk/support/tiki-download\\_file.php?fileId=3510](http://www.ukerc.ac.uk/support/tiki-download_file.php?fileId=3510) (accessed 11 November 2016).
8. Guo C., Bond C.A., Narayanan A. *The Adoption of New Smart-Grid Technologies. Incentives, Outcomes, and Opportunities*. RAND Corporation, Santa Monica, Calif. 2015. 78 p. Available at: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_reports/RR700/RR717/RAND\\_RR717.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR700/RR717/RAND_RR717.pdf). (accessed 15 October 2016).
9. Lunde M., Røpke I., Heiskanen E. Smart grid: hope or hype? *Energy Efficiency*. April 2016; 9(2):545–562. DOI: 10.1007/s12053-015-9385-8.
10. Christensen C. *Innovator's Dilemma*. Boston, Harvard Business Review Press, 2016. 255 p.
11. Christensen C., Rejnor M. *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Boston, Harvard Business Review Press, 2003. 320 p.
12. Global Smart Grid Market to Reach US\$118.1 Billion by 2019 Due to Transmission Upgrades. *T&D World Magazine*. 2015. 14 May. Available at: <http://tdworld.com/smart-grid/global-smart-grid-market-reach-us1181-billion-2019-due-transmission-upgrades> (accessed 11 November 2016).
13. Northeast Group, llc. *Global Electricity Transmission and Distribution Infrastructure Dataset (2016–2026)*. August 2016. 3 p. Available at: <http://www.northeast->

- group.com/reports/Brochure-Global%20Electricity%20T&D%20Dataset%202016-2026%20-%20Northeast%20Group.pdf. (accessed 1 November 2016).
14. Hamilton B., Summy M. Benefits of the smart grid: part of a long-term economic strategy. *IEEE power & energy magazine*. January/February 2011:101–104. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5673529>. (accessed 1 November 2016).
15. OECD/IEA. *World Energy Investment Outlook*. Paris, Special Report, 2014. 188 p. Available at: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014.pdf> (accessed 20 November 2016).
16. Joscow P. L. Creating a Smarter U.S. Electricity Grid. *Journal of Economic Perspectives*. 2012; 26(1):29–48. DOI: 10.1257/jep.26.1.29.
17. Guo C., Bond C.A., Narayanan A. *The Adoption of New Smart-Grid Technologies. Incentives, Outcomes, and Opportunities*. Santa Monica: RAND Corporation, 2015. 60 p. pp. 26–30. Available at: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_reports/RR700/RR717/RAND\\_RR717.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR700/RR717/RAND_RR717.pdf) (accessed 12 September 2016).
18. Devjatkin D.A., Smirnov I.V., Sochenkov I.V., Tihomirov I.A. Sovremennye metody komp'yuternoj lingvistiki dlja patentnogo poiska i analiza informacii [Modern computer linguistics methods for patent search and information analysis]. *Intellektual'naja sobstvennost'. Promyshlennaja sobstvennost'. = Intellectual Property. Industrial Property*. Special edition. 2016: 71–77. (In Russ.).
19. Giordano V., Fulli G. A business case for Smart Grid technologies: A systemic perspective. *Energy Policy*. 2012; 40:252–259. DOI:10.1016/j.enpol.2011.09.066
20. Dan Yu, Chang Chieh Hang. A Reflective Review of Disruptive Innovation Theory. *International journal of management reviews*. December 2010; 12(4):435–452. DOI: 10.1111/j.1468-2370.2009.00272.x.
21. Govindarajan V., Kopalle P.K. The Usefulness of Measuring Disruptiveness of Innovations Ex Post in Making Ex Ante Predictions. *Journal of Product Innovation Management*. 2006; 23(1):12–18. DOI: 10.1111/j.1540-5885.2005.00176.x.
22. Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*. 1982; 11:147–162. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.319.868&rep=rep1&type=pdf> (accessed 30 May 2016).
23. Tseng Y.H., Lin C.J., Lin Y.I. Text mining techniques for patent analysis. *Information Processing & Management*. 2007; 43(5):1216–1247. DOI: 10.1016/j.ipm.2006.11.011.
24. Abbas A., Zhang L., Khan S.U. A literature review on the state-of-the-art in patent analysis. *World Patent Information*. 2014; 37:3–13. DOI: 10.1016/j.wpi.2013.12.006.
25. Kurakova N., Tsvetkova L., Zinov V. Aktualizatsiya Prioritetov Nauchno-Tekhnologicheskogo Razvitiya Rossii: Problemy i Resheniya [Update of Priorities of Scientific and Technological Development of Russia: Issues and Solutions]. Available at SSRN. 2015. (In Russ.).
26. Kim J., Lee S. Patent databases for innovation studies: A comparative analysis of USPTO, EPO, JPO and KIPO. *Technological Forecasting and Social Change*. 2015; 92 (C):332–345. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.01.009.
27. Sheremetyeva S. Natural language analysis of patent claims. *Proceedings of the ACL-2003 workshop on Patent corpus processing*. Volume 20. Association for Computational Linguistics. 2003. pp. 66–73.
28. Dean J., Ghemawat S. MapReduce: simplified data processing on large clusters. *Communications of the ACM*. 2008; 51(1):107–113. DOI: 10.1145/1327452.1327492
29. Osipov G. et al. Relational-situational method for intelligent search and analysis of scientific publications. *Proceedings of the Integrating IR Technologies for Professional Search Workshop*. 2013. pp. 57–64.
30. EU Support for Smartgrids. Funding research. European Commission. Research and Innovation. Energy. Last update: 11/08/2015. Available at: [http://ec.europa.eu/research/energy/eu/index\\_en.cfm?pg=research-smartgrid-support](http://ec.europa.eu/research/energy/eu/index_en.cfm?pg=research-smartgrid-support) (accessed 20 March 2017).
31. Simões M.G., Kyriakides E., Blunier B.R. A Comparison of Smart Grid Technologies and Progress in Europe and the U.S. *IEEE Transactions on Industry Applications*. July/August 2012; 48(34):1154–1162. DOI: 10.1109/TIA.2012.2199730.
32. Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. Global Trends in Renewable Energy Investment 2015. Frankfurt School of Finance & Management gGmbH, 2015. Available at: [http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/attachments/key\\_findings.pdf](http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/attachments/key_findings.pdf) (accessed 30 May 2016).
33. LaCommare K.H., Eto J.H. Cost of Power Interruptions to Electricity Consumers in the United States (U.S.). LBNL-58164. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Environmental Energy Technologies Division. 2006. 31 p. Available at: <https://emp.lbl.gov/sites/all/files/report-lbnl-58164.pdf> (accessed 17 October 2016).
34. Electric Power Research Institute (2011). Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid: A Preliminary Estimate of the Investment Requirements and the Resultant Benefits of a Fully Functioning Smart Grid. March 2011. 162 p.
35. Feng X. Smart Grids in China: Industry Regulation and Foreign Direct Investment. *Energy Law Journal*. 2016; 37(1):135–176. Available at: [http://www.felj.org/sites/default/files/docs/elj371/22-135-176-Feng\\_FINAL.pdf](http://www.felj.org/sites/default/files/docs/elj371/22-135-176-Feng_FINAL.pdf) (accessed 30 November 2016).
36. Forging a Path toward a Digital Grid. Global perspectives on smart grid opportunities. Accenture. 2013. Available at: [https://www.accenture.com/hu-en/\\_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Forging-a-Path-toward-a-Digital-Grid\\_Global-Perspectives-on-Smart-Grid-Opportunities.pdf](https://www.accenture.com/hu-en/_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Forging-a-Path-toward-a-Digital-Grid_Global-Perspectives-on-Smart-Grid-Opportunities.pdf) (accessed 20 October 2016)

37. Otrasleyve instrumenty innovacionnoj politiki. Otv. red. akad. N.I. Ivanova [Sectoral innovation policy instruments, N.I. Ivanova, ed.]. Moscow, IMEMO RAN, 2016. 161 p. DOI: 10.20542/978-5-9535-0478-2 (In Russ.)

38. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015. Paris: OECD, 2015.

39. De Castro L., Dutra J. Paying for the smart grid. *Energy Economics*. 2013; 40(1):S74–S84. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.09.016

Поступила в редакцию: 24.03.2017; одобрена: 31.05.2017; опубликована онлайн: 26.06.2017

*Об авторах:*

**Данилин Иван Владимирович**, заведующий сектором инновационной политики, Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е. М. Примакова Российской академии наук (117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 23), кандидат политических наук, danilin.iv@imemo.ru

**Тихомиров Илья Александрович**, заведующий лабораторией «Интеллектуальные технологии и системы» Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9), кандидат технических наук, tih@isa.ru

**Десяткин Дмитрий Алексеевич**, младший научный сотрудник, Лаборатория «Интеллектуальные технологии и системы» Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9), devyatkin@isa.ru

*Заявленный вклад соавторов:*

Необходимо отметить особый вклад И.А. Тихомирова и Д.А. Десяткина в адаптацию методов семантического анализа текстов для целей проведенного исследования, а именно для анализа и прогнозирования динамики развития «умных сетей» и патентной активности по данной тематике.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

Submitted 24.03.2017; revised 31.05.2017; published online 26.06.2017

*About the authors:*

**Ivan V. Danilin**, Head of Innovation Policy Section, Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences (23, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997), Moscow, Russian Federation, Candidate of Political Science, danilin.iv@imemo.ru

**Ilya A. Tikhomirov**, Head of Laboratory Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences (9, pr. 60-letiya Oktyabrya, Moscow, 117312), Moscow, Russian Federation, Candidate of Technical Sciences, tih@isa.ru

**Dmitry A. Devyatkin**, Junior researcher Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences (9, pr. 60-letiya Oktyabrya, Moscow, 117312), Moscow, Russian Federation, devyatkin@isa.ru

*Contribution of the authors:*

Contribution of I. Tikhomirov and D. Devyatkin should be noted in adaptation of semantic text analysis for goals of the research (analysis and forecasting of Smart Grid technologies development and associated patenting dynamics).

*All authors have read and approved the final manuscript.*

