

# Анализ и моделирование диффузии облачных вычислений в России и за рубежом

М.Г. Дубинина

**Аннотация.** В работе рассматриваются современное состояние и факторы, влияющие на показатели распространения облачных вычислений в регионах мира, анализируются подходы к моделированию процессов диффузии информационных технологий в общем и облачных вычислений в частности, сопоставляются прогнозы рынка облачных вычислений ведущих аналитических компаний с данными патентного анализа. На основании оценки модели диффузии Басса делается вывод о верхней границе и времени достижения пика облачного трафика в разных регионах мира. Сравниваются результаты приближения доли облачных вычислений в общем рынке ИТ-услуг в России, полученные автором с помощью различных моделей диффузии, оценивается влияние внешних факторов на скорость распространения облачных вычислений в России.

**Ключевые слова:** *облачные вычисления, модели диффузии, патентный анализ, виртуализация, трафик, публичные облака.*

## Введение

Одно из современных направлений развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) – облачные вычисления, которые предоставляют пользователям доступ к вычислительной инфраструктуре, операционным системам, программным приложениям с помощью интернета по запросу без необходимости значительных капитальных вложений. Облачные вычисления представляют собой сближение двух основных тенденций в области информационных технологий (ИТ): повышение эффективности их использования (мощности современных компьютеров используются более эффективно благодаря высокомасштабируемому оборудованию и программному обеспечению) и роста гибкости бизнеса (ИТ могут использоваться как инструмент конкурентной борьбы благодаря быстрому развертыванию, возможности параллельной пакетной обработки, использованию вычислительной инфраструктуры и мобильных интерактивных приложений, отвечающих в реальном времени требованиям пользователя).

Используя облачные вычисления, малые и средние предприятия экономят на инвестиционных затратах и в то же время получают выгоду от доступа к передовым технологиям и услугам, в том числе к обновлению программного обеспечения. Крупные компании, учреждения и правительства рассматривают облачные вычисления как важный вариант экономии для снижения затрат на ИТ-инфраструктуру и услуги и текущих расходов на тех-

ническое обслуживание.

Облачные вычисления - это сочетание многих ранее существовавших технологий, которые возникали и развивались с разной скоростью и в разных контекстах, но были сведены в единую техническую систему. Новые достижения в процессорах, технология виртуализации, дисковое хранилище, широкополосное подключение к интернету и быстрые, недорогие серверы сделали более привлекательными облачные решения.

В первой части данной работы рассматривается современное состояние и факторы, влияющие на распространение облачных технологий в России и за рубежом, исследуется диффузия моделей облаков (IaaS, SaaS, PaaS и др.) и типов их реализации (публичные, частные, общие, гибридные). Во второй части статьи описываются некоторые подходы к моделированию диффузии информационных технологий (модель Басса-Маркова, асимметричные модели, модели с учетом конкуренции, модели на основе библиографических данных и патентной активности), анализируется динамика количества патентов по облачным вычислениям и связанным с ними технологиям, оцениваются параметры модели диффузии и делается прогноз распространения облачных технологий на краткосрочный период для регионов мира, сопоставляются оценки параметров диффузии облачных вычислений в России, полученные с помощью различных моделей, и делается прогноз доли облачных вычислений в общем рынке ИТ-услуг в России.

## 1. Современное состояние и факторы, влияющие на распространение облачных технологий в России и за рубежом

**Мировой рынок облачных вычислений.** В качестве того, что понимается под облачными вычислениями, широко используется определение, предложенное National Institute of Standards and Technology (NIST) [1, p.2]: «это модель для обеспечения повсеместного, удобного доступа к сети по запросу к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетей, серверов, хранилищ, приложений и сервисов), которые могут быть быстро подготовлены и предоставлены с минимальными требованиями управления или взаимодействия поставщиком услуг». Таким образом, облачные вычисления характеризуются 5 основными признаками: 1) самообслуживанием по требованию (клиентская организация может автоматически обновлять ресурсы по мере необходимости, без взаимодействия с поставщиком услуг); 2) широким сетевым доступом (вычислительные возможности становятся доступными по независимым клиентским платформам); 3) объединением ресурсов (физические и виртуальные вычислительные ресурсы объединяются и используются несколькими арендаторами); 4) быстрой эластичностью (автоматическая масштабируемость вычислительных возможностей при необходимости); 5) наличием службы измерения (система автоматически измеряет, контролирует, оптимизирует вычислительные ресурсы и сообщает клиентам статистику их использования, обеспечивая прозрачность облачных сервисов).

В настоящий момент на рынке облачных технологий существуют следующие основные модели облаков: IaaS (infrastructure as a service, аренда ИТ-инфраструктуры), SaaS (software as a service, аренда приложений), PaaS (platform as a service, разработка приложений). Кроме того, выделяются модели VPaaS (услуги по решению бизнес-задач), DaaS (виртуальный рабочий стол), SecaaS (информационная безопасность в аренду), BaaS (резервное копирование как сервис), DRaaS (решения по обеспечению катастрофоустойчивости), SCaaS (виртуальный контакт-центр).

Аренда приложений (SaaS) предоставляет возможность потребителю использовать приложения провайдера, работающие на облачной инфраструктуре. Приложения доступны из различных клиентских устройств, при этом пользователь не управляет и не контролирует лежащую в основе облака инфраструктуру.

Разработка приложений (PaaS) предоставляет пользователю возможность развернуть созданное

или приобретенное приложение на облачной инфраструктуре. Приложения создаются с помощью языков программирования, библиотек, услуг и инструментов, поддерживаемых поставщиком. Пользователь не управляет облачной инфраструктурой, но контролирует развернутое приложение и, возможно, конфигурационные настройки для приложения-хостинга.

Инфраструктура как услуга (IaaS) предоставляет пользователям вычислительные мощности и хранилища информации центров обработки данных (ЦОД), а также сетевые ресурсы (резервирование пропускной способности, VPN и т.д.). Услуги IaaS призваны заменить и дополнить услуги вторичного хостинга и услуги коммерческих ЦОД. Потребитель может контролировать операционные системы, системы хранения данных, а также развернутые приложения. Кроме того, он может иметь ограниченный контроль над выбранными компонентами сети, такими как хост-брандмауэры.

В настоящее время SaaS является наиболее распространенной облачной технологией в мире. В 2015 г. ее использовали 77,3% всех организаций (на 9% больше, чем в 2014 г.) Исследование, проведенное совместно компаниями North Bridge и Wikibon, показало, что 81,3% продаж и маркетинга, 79,9% бизнес-аналитики, 79,1% обслуживания клиентов и 73,5% деятельности кадровых служб предприятий перешли в облако. Кроме того, значительная часть деятельности в области информационных технологий также переходит в облака (85,9% управления веб-контентом, 82,7% коммуникаций, 80% разработки приложений и 78,9% аварийного восстановления). При этом, согласно отчету, 35% данных в 2015 г. было перемещено из публичных в частные или гибридные облака [2].

По способам реализации облака можно разделить на частные, публичные, общие и гибридные. Частные облака представляют собой инфраструктуру, предназначенную для использования в масштабах одной организации. Публичные позволяют широкой аудитории свободно использовать инфраструктуру облачных вычислений. Общие облака используются определенными командами, решающими общие задачи, а гибридные представляют собой комбинацию различных облачных инфраструктур.

Разные консалтинговые компании по-разному оценивают мировой рынок облачных услуг. Например, Gartner [3] в мировых затратах на облачные технологии учитывает расходы на рекламу, доля которых превышает 40%. По данным компании, в 2016 г. мировой рынок публичных облачных услуг оценивался в 209 млрд. долл. Предполагается, что

он вступает в период стабилизации, в 2017 г. его темпы роста достигнут 18%, а затем сократятся в течение следующих нескольких лет. Gartner прогнозирует, что до 2020 г. стратегии облачных технологий будут влиять на более чем 50% сделок по ИТ-аутсорсингу.

Согласно прогнозу компании Wikibon [4], мировой рынок публичных облачных технологий, оценивавшийся в 2012 г. в 26 млрд. долл., к 2026 г. вырастет до 493 млрд. долл. (в 19 раз по сравнению с 2012 г.), при этом ожидается значительный рост рынка PaaS (с 2,7% в 2012 г. до 13,9% в 2026 г.) при снижении доли моделей SaaS (с 75,4% в 2012 г. до 60,5% в 2026 г.) и почти постоянной доле моделей IaaS (около 26% в 2023-2026 гг.).

Перспективы развития рынка облачных услуг связаны с тем, что 56% пользователей интернета используют почтовые сервисы, 34% хранят фотографии онлайн, 29% используют онлайн-приложения, 7% смотрят видео онлайн, 5% - оплачивают хранение файлов онлайн, 5% хранят копии жестких дисков онлайн [5].

**Развитие облачных вычислений в России.** Особенностью распространения облачных сервисов в России является их медленное развитие на начальном этапе. В странах, где облачные технологии находят поддержку со стороны правительств и где активно стимулируется развитие «облаков» (например, в США, Японии, Индии, Китае), существенно выше скорость распространения технологии и прибыль от ее внедрения. Принятый в 2015 г. в России закон о хранении персональных данных заказчиков только на российских серверах привел к тому, что многие мировые разработчики облачных технологий перестают ориентироваться на российский рынок. Такая ситуация дает определенные преимущества российским компаниям, позволяя распространять в России продукты отечественных производителей.

Доля частных и публичных облачных сервисов в рынке ИТ-услуг в России выросла с 0,75% в 2010 г. до 7,15% в 2014 г. (табл.1). Сложности в экономическом положении страны вынуждают российские компании все чаще обращаться к облачным сервисам. По данным опроса компаний SAP и Forrester Russia, 68,6% крупного бизнеса, 56,8% среднего и 59,7% малого бизнеса потенциально готовы использовать облачные сервисы для оптимизации своих бизнес-процессов. Некоторые отрасли в 2 раза увеличили долю пользователей облачных вычислений по сравнению с 2014 г. Это оптовая и розничная торговля, бытовые услуги (с 10,4% до 20,7%), пищевая промышленность (с 11,1% до 24,5%), транспорт и логистика (с 12,3% до 29,6%) [6].

Табл. 1

Динамика рынка ИТ-услуг и доли в нем частных и публичных облачных сервисов в России

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014
Рынок ИТ-услуг в России, млн. долл.	4700	5940	6580	7700	6570
Доля частных и публичных облачных сервисов, %	0,75	2,07	3,17	4,58	7,15

Источник: [7]

В отличие от развитых стран, где облачные услуги ориентированы на малый и средний бизнес, в России около 80% предприятий, использующих эти технологии, являются крупными предприятиями, что связано со слабым развитием малого и среднего бизнеса в стране. Крупные предприятия в большей степени используют услуги IaaS, в то время как во всем мире более распространены технологии SaaS. Аналитики CNews прогнозируют, что в ближайшее время тренды поменяются: в мире будут больше распространяться технологии IaaS, а в России – SaaS [6]. По оценкам компании Parallels, объем облачного рынка России в 2012 г. оценивался в 34 млрд. руб. (около 0,5% мирового рынка, [8]).

Большую роль в распространении облачных вычислений играет доступность и скорость широкополосного подключения к интернету. В России существует значительная разница в стоимости доступа в интернет по регионам: если в 2011 г. стоимость доступа в интернет со скоростью 1 Мбит/с в Москве составляла 71 руб., то средняя цена по России — 356 руб.. Цена доступа для корпоративных пользователей превышала цену для частных лиц в 20-30 раз (за рубежом – в 1,5-2 раза) [9].

**Факторы, влияющие на распространение облачных технологий.** Факторы, влияющие на скорость и характер распространения облачных вычислений, можно разделить на три категории: технологические, организационные и факторы окружающей среды.

Технологические факторы положительно связаны с вероятностью принятия облачных вычислений и определяются преимуществами новой технологии по сравнению с предшествовавшими. Преимуществом облачных вычислений является их экономическая эффективность (Etro [10]) было получено, что эффект воздействия облачных вычислений на ВВП стран ЕС составит от 0,05% в

краткосрочном периоде при пессимистическом сценарии развития до 0,3% - при оптимистическом, что приведет к снижению уровня безработицы в Европе в краткосрочной перспективе - от 0,5 до 0,6%, и в среднесрочной - от 0,2 до 3%), сокращение инвестиций в ИТ, а также снижение общей стоимости вычислительных ресурсов.

Анализ организационных факторов показал, что крупные предприятия имеют дополнительные ресурсы, которые стимулируют принятие новшества. Малый бизнес, как правило, испытывает недостаток средств, чаще всего не имеет профессиональных экспертов в области новых технологий. Следовательно, размер фирмы и квалификация персонала являются одними из основных факторов принятия ИТ-технологий вообще и облачных – в частности.

К факторам окружающей среды обычно относят как вопросы экологической безопасности и эффективности использования природных ресурсов, так и общее состояние предпринимательского сектора. Эти факторы могут как ускорять распространение технологии, так и замедлять ее скорость. Наличие конкурентной среды заставляет компании повышать эффективность своей деятельности, в том числе, с использованием облачных сервисов. В то же время эффективность использования ресурсов при переходе на облачные вычисления способствует улучшению окружающей среды. Критически важным для эффективного использования облачных вычислений является требование быстрого и надежного подключения к интернету, а также его высокой скорости и высокой пропускной способности.

Потребительский спрос на большие данные и контент с высокой пропускной способностью вызывает повышенный спрос на центры обработки данных. Однако рост числа и размеров дата-центров приводит к высоким затратам энергии. По данным The Natural Resources Defense Council (NRDC), в 2013 г. американские центры обработки данных потребляли приблизительно 91 млрд кВт\*ч электроэнергии и, по прогнозам, к 2020 г. потребление энергии увеличится на 53% [11]. При этом вычислительные мощности большей части ЦОД были загружены на 10-15%. Виртуализация и консолидация серверов являются одним из способов повышения энергоэффективности ЦОД, а переход на облачные технологии, по расчетам специалистов Google, позволит сократить расход электроэнергии на 68-87% [12]. Таким образом, распространение облачных вычислений будет оказывать положительное воздействие на состояние окружающей среды.

Мобильные устройства представляют собой один из самых быстрорастущих секторов в потребительских и корпоративных технологиях. Они не способны выполнять вычислительно-интенсивные задачи, однако через облачные вычислительные службы эти устройства предоставляют пользователям множество функций, которые способны выполнять только персональные компьютеры или мощные ноутбуки. Это может иметь чрезвычайно позитивные последствия для регионов мира, где основным средством доступа к интернету является мобильное устройство.

**Риски и угрозы при использовании облачных вычислений.** Особенностью облачных вычислений является централизация. Сбой или масштабное нарушение безопасности у поставщика услуг могут иметь разрушительные последствия для тысяч людей, которые полагаются на доступность своих данных. Несколько инцидентов уже имели место и показали, что облачные услуги уязвимы для таких сбоев.

Техническая несовместимость между облачными системами также представляет проблему взаимодействия для инновационного потенциала облака. Смена поставщика облачных услуг может стать технически сложной или непомерно дорогостоящей проблемой из-за отсутствия единых стандартов, наличия ограничительных договорных условий или закрытых форматов данных у разных компаний. Провайдеры облачных вычислений заинтересованы в том, чтобы свести к минимуму потерю клиентов перед конкурентами.

Многопользовательский характер публичных сервисов облачных вычислений угрожает нарушением безопасности и конфиденциальности. Хотя многие поставщики облачных услуг особое внимание уделяют безопасности (например, создают «виртуальные стены» между арендаторами), возникают риски нарушения пространства и неправомерного доступа одного арендатора к цифровым активам другого. Таким образом, публичное облако может оказаться непрактичным для некоторых типов отраслей промышленности, таких как здравоохранение или финансовые услуги.

Кроме того, могут оказывать сдерживающее влияние различия в местных законах и юрисдикции, существующие правовые ограничения (например, в некоторых странах ЕС определенные типы данных не могут быть экспортированы).

**Технологии, предшествовавшие появлению облачных вычислений.** Теория диффузии инноваций, предложенная Роджером, описывает распространение любой инновации с точки зрения прохождения ею определенных этапов развития.

Это распространение может быть постепенным, иногда медленным, даже когда чистые выгоды для общества от принятия технологии велики и хорошо изучены.

Распространение облачных технологий также последовательно проходит все этапы развития. В начале 1990-х гг. появились сетевые вычисления (несколько слабо связанных между собой компьютеров для решения общих задач), в конце 1990-х началось предоставление вычислительных ресурсов как измеряемых услуг, в начале 2000-х были созданы первые SaaS, предоставлявшие доступ к обновляемому программному обеспечению с использованием интернет-технологий (web-браузеров).

В работах Вуууа и др. [13], Oludele и др. [14] в качестве предшественниц облачных вычислений называются технологии виртуализации, появление открытых стандартов веб-сервисов (Web 2.0), сетевые вычисления (Grid Computing), коммутаторы (Utility Computing), виртуальные устройства и общий виртуальный формат (Virtual Appliances and the Open Virtualization Format), автономные вычисления (Autonomic Computing), сервис-ориентированная архитектура (Service Oriented Architecture, SOA).

## 2. Моделирование диффузии облачных вычислений

Основные модели и подходы, применяемые для описания диффузии информационно-коммуникационных технологий с точки зрения распространения их на рынке, были описаны в работе автора [15]. В этой статье рассматриваются некоторые другие подходы, которые могут быть использованы при моделировании диффузии облачных вычислений.

**Гибридная модель Басса-Маркова.** Эта модель объединяет модель диффузии инноваций Басса с моделью случайных процессов Маркова, которая является вероятностной моделью для прогнозирования будущих событий на основе динамических характеристик прошлых событий. Объединенная модель Басса-Маркова, ориентированная на сферу услуг, была применена в работе Song и др. [16] для случая, при котором один тип устройства является новым для рынка, а другой тип имеет существующие конкурирующие устройства. Модель Басса выбрана для моделирования диффузии услуг через тип устройства, не имеющего аналогов на рынке, а модель случайного процесса Маркова используется для описания диффузии второго типа устройства с учетом влияния конкуренции на рыночный потенциал.

Вероятность перехода пользователя от услуги X в момент времени t на услугу Y, определяется величиной  $p_{xy}$ , а изменение спроса на услугу X в период t определяется как сумма притока из другой услуги в сервис X и отток из услуги X в другую услугу в период t-1. В сфере услуг обслуживание продолжается до тех пор, пока пользователь не отменяет контракт или не переходит к другому поставщику услуг. Если на рынке существует I услуг и общее количество принявших услугу i в момент времени t определяется как  $F_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ ), то общее число принявших услугу i может быть представлено в виде:

$$F_i(t) = p_{1,i}F_1(t-1) + p_{2,i}F_2(t-1) + \dots + p_{I,i}F_I(t-1) = \sum_{k=1}^I p_{k,i}F_k(t-1),$$

где  $p_{kk}$  соответствует вероятности пользователя услуги k в момент t-1 продолжать пользоваться услугой k в момент t, а  $p_{jk}$  соответствует вероятности перехода от услуги k к услуге j в момент времени t).

Функция может быть получена с помощью оценок экспертов. Затем с помощью гибридной модели Басса-Маркова оценивается совокупный спрос, который состоит из трех элементов: общего спроса за предыдущий период, растущего спроса на услугу устройства первого типа и изменения в спросе на услугу от устройства второго типа. Модель была применена для описания диффузии беспроводного широкополосного подключения в телекоммуникационном секторе Южной Кореи для случая нескольких поставщиков услуг и возможностей подключения к интернету через модем или мобильный телефон.

**Модели диффузии с учетом конкуренции.** В работе Kim и др. [17] предложена модифицированная модель Басса с учетом конкуренции, которая содержит допущение, что потенциальный размер рынка и внешнее влияние увеличиваются с ростом числа конкурентов

$$\frac{dF(t)}{dt} = \left[ \alpha_1 C(t) + \frac{\alpha_2 F(t)}{m(1 - e^{-kC(t)})} \right] \left[ m(1 - e^{-kC(t)}) - F(t) \right],$$

где k – коэффициент, измеряющий конкуренцию на доступном потенциале рынка,  $\alpha_1$  – коэффициент, измеряющий влияние конкуренции,  $\alpha_2$  – коэффициент имитации, эквивалентный коэффициенту имитации в модели Басса, C(t) указывает количество конкурентов в период t. Таким образом, величина внешнего влияния и рыночный потенциал варьируется в зависимости от количества конкурентов.

**Асимметричные модели диффузии.** Асимметричные модели диффузии с фиксированной точкой перегиба были предложены Gompertz и Floyd [18]. Дальнейшее развитие таких моделей было осуществлено в работах Easingwood и др. [19], Skiadas [20], Sharif и Islam [21], Mahajan и Peterson [22] и других авторов.

В работе Skiadas [23] рассматривается модель вида:

$$\ln f - \sigma \ln(F - f) = c_1 + bt, \sigma \geq 0, b, F > 0,$$

где  $f$  – число принявших новую технологию в году  $t$ ,  $F$  – общее число принявших технологию к моменту  $t$ ,  $b$  – параметр диффузии,  $\sigma$  – безразмерная величина, мера асимметрии модели. В случае влияния на динамику диффузии внутренних или внешних сил модель может быть представлена в виде:

$$\ln(f + g) - \ln(F - f) = c + bt,$$

где  $g$ , отражающая влияние внешних сил, может быть положительной или отрицательной. Обобщенная модель Скиадаса может быть представлена в виде:

$$\ln(f + g) - \sigma \ln(F - f) = c + bt,$$

где  $c = \ln(f_0 + g) - \sigma \ln(F - f_0)$ ,  $f_0$  – значение  $f$  при  $t=0$ . В дифференциальной форме

$$\frac{df}{dt} = b \frac{(F - f)(f + g)}{F - f + \sigma(f + g)}.$$

Точка перегиба такой функции находится в точке

$$f_k = \frac{F - g\sqrt{\sigma}}{1 + \sqrt{\sigma}}.$$

Модель является асимметричной и параметр  $g$  отражает положительное или отрицательное влияние внешних сил на характер диффузии. Таким образом, модель является объединением трех базовых моделей диффузии (экспоненциальной, логистической и модели Coleman [24]).

Если обозначить через  $F^*$  рыночный потенциал исследуемого продукта или технологии, то модель Skiadas может быть записана в виде:

$$\begin{aligned} \ln(f(t)) - \sigma \ln(F^* - f(t)) &= \\ = \ln(f_0) - \sigma \ln(F^* - f_0) + bt, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $f_0$  – количество принявших технологию или продукт в начальный момент времени,  $\sigma$ ,  $b$ ,  $F^*$  – параметры модели. Точка перегиба этой модели определяется соотношением

$$f_{\text{inf}} = F^* \frac{1 - \sqrt{\sigma}}{1 - \sigma}.$$

Когда  $\sigma=1$ ,  $f_{\text{inf}}=F^*/2$  – точка перегиба логистической модели.

Модель была применена в работе Giovanis и Skiadas [25] для оценки диффузии технологии мобильной связи в странах ЕС. Авторами было показано, что эта модель может эффективно применяться для ранжирования или кластеризации в случаях, когда изучается диффузия нового продукта или технологии в разных странах и предполагается, что процесс диффузии происходит не мгновенно, а через некоторое определенное время. Было установлено, что временная задержка между стадиями осознания и принятия нового продукта играет важную роль в его проникновении на рынок в различных группах потенциальных агентов.

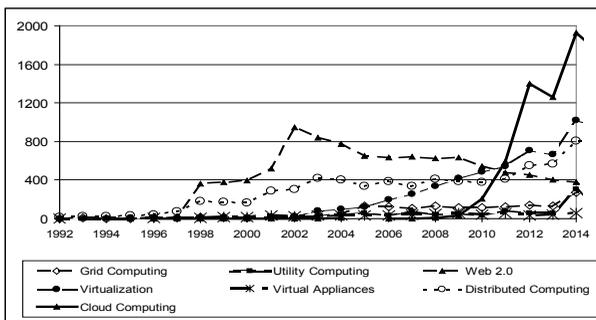
**Моделирование в условиях неполноты информации** Особенностью распространения облачных вычислений является отсутствие общепринятых показателей для измерения скорости принятия этой технологии по странам, единой статистики. Это затрудняет выбор подходящей для анализа модели и снижает точность прогнозов [26].

Один из подходов основан на использовании библиометрического метода для описания диффузии. В работе Sheikh и др. [27] утверждается, что при прогнозировании диффузии технологий использование интеллектуального анализа данных и анализа библиометрических сведений из различных источников (данных по числу патентов, количеству опубликованных статей и т.д.) как индикатора технологического развития дает способ определения возможного положения технологии с точки зрения ее зрелости. Предполагается, что технология, которая находится в разработке, сопровождается большим числом статей и публикаций в отраслевых и академических журналах. В то же время технология в стадии зрелости может характеризоваться сокращением числа опубликованных работ. Эта информация может затем использоваться при построении моделей диффузии.

В работе Adamuthe и др. [28] патентный анализ был применен для оценки параметров диффузии облачных вычислений. Авторы оценивали количество патентов USPTO по технологиям облачных вычислений, а также по предшествовавшим им технологиям (виртуализация, web 2.0, сервис-ориентированная архитектура, распределенные вычисления, сетевые вычисления, автономные вычисления). С помощью методов прогнозирования тренда и построения кривой роста на основе патентных данных авторы получили, что все предшествующие технологии, кроме автономных вычислений, показывают положительный восходящий тренд. Результаты построения кривой

роста показывают, что технологии распределенных и сетевых вычислений, а также технологии виртуализации следуют схеме S-кривой. Оставшиеся технологии показывают очень быстрый рост на раннем этапе развития. Точка перегиба всех технологий достигается примерно в 2013 г.

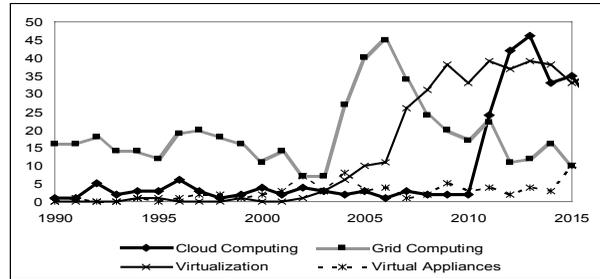
**Построение моделей диффузии облачных вычислений.** В настоящей работе аналогичное исследование было проведено автором по базе патентов World Intellectual Property Organization (WIPO). Поиск патентов осуществлялся по ключевым словам «Grid Computing», «Utility Computing», «Web 2.0», «Virtualization», «Virtual Appliances», «Distributed Computing», «Service-Oriented Architecture» и «Cloud Computing» в заглавных страницах описания. Полученные результаты представлены на рис.1. Проведенный анализ показал, что, если количество патентов по технологии «Web 2.0» достигло максимума в 2002 г., после чего последовало сокращение количества патентов, то по остальным технологиям продолжается рост этого показателя. После некоторого сокращения количества патентов в 2013 г., в 2014 г. последовал рост их количества практически по всем технологиям. Это говорит о том, что технологии облачных вычислений пока не достигли стадии зрелости.



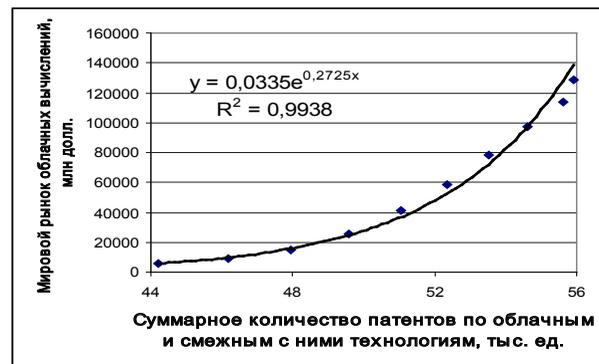
**Рис. 1** Динамика количества полученных за год патентов по облачным вычислениям и некоторым связанным с ними технологиям (по данным WIPO [29])

По данным Японского патентного бюро, некоторые из смежных и предшествовавших облачным вычислениям технологий уже достигли стадии зрелости. В первую очередь это относится к технологиям web 2.0, коммутаторам и распределенным вычислениям, максимальное число патентов по которым пришлось на 2002 г. Количество патентов по сетевым вычислениям достигло точки максимума в 2006 г., остальные технологии продолжают развиваться (рис.2).

Суммарное количество патентов, полученных по областям, связанным с облачными вычислениями (в т.ч. Service-Oriented Architecture), служит



**Рис. 2** Динамика количества полученных за год патентов по облачным вычислениям и предшествовавшим им технологиям (по данным JPO [30])



**Рис. 3** Зависимость между оценкой мирового рынка облачных услуг компании Forrester Research и суммарным количеством патентов по облачным и смежным с ними технологиям (по данным [31, 29])

мерой развития мирового рынка облачных услуг по оценке компании Forrester Research (рис.3).

Аналогичная зависимость между прогнозируемым Smart Cloud Study Group рынком облачных вычислений в Японии [32] и суммарным количеством патентов по облачным и предшествующим им технологиям, полученным в Японском патентном офисе (JPO), наблюдается в период с 2009 по 2015 гг.

Мерой диффузии облачных вычислений могут служить показатели IP трафика облачных центров обработки данных. Для оценки параметров диффузии в данной работе автором были использованы данные отчетов Cisco [33] об облачном трафике (в экзабайтах) за 2010-2017 гг. Общий вид модели диффузии Басса [34]

$$\frac{df}{dt} = \left( p + \frac{q}{F^*} F(t) \right) (F^* - F(t))$$

был приведен к разностному виду:

$$f(t + 1) = pF^* + (q - p)F(t) - \frac{q}{F^*} F^2(t), \quad (2)$$

где  $f(t)$  – облачный трафик в году  $t$ ,  $F(t)$  суммарный трафик в регионе с 2010 г.,  $F^*$  - верхний предел

облачного трафика.  $T^*$  - точка перегиба S-кривой, описывающей динамику облачного трафика, которая определяется соотношением:

$$T^* = \frac{1}{p+q} \ln\left(\frac{q}{p}\right).$$

Полученные оценки модели диффузии представлены в табл.2

**Табл. 2**

Оценка параметров модели Басса для диффузии облачного трафика по регионам мира за 2010-2017 гг. (в скобках указаны t-статистики)

Регион	F*	q	p	T*	R <sup>2</sup>
Весь мир	82371	0,577	0,007	7,6	0,993
	(3,6)	(18,3)	(7,6)		
Ближневосточный регион	1770	0,543	0,013	8,7	0,999
	(8,5)	(21,5)	(6,6)		
Северная Америка	26527	0,729	0,012	7,5	0,994
	(3,3)	(10,7)	(5,0)		
Азиатско-Тихоокеанский регион	32369	0,450	0,011	10,1	0,995
	(8,7)	(21,1)	(7,7)		
Западная Европа	11637	0,628	0,013	8,1	0,996
	(4,7)	(14,7)	(6,4)		

Таким образом, страны Азиатско-Тихоокеанского региона, согласно оценкам, имеют самый высокий предел облачного трафика, и его рост будет продолжаться дольше, чем в других регионах. Для стран этого региона получено самое низкое значение коэффициента имитации.

Оценка диффузии облачных вычислений в России осуществлялась на основании данных отчетов компании IDC [35]. Уровень распространения технологий оценивался как доля рынка частных и публичных облаков в общем рынке ИТ-услуг в России. Для моделирования процесса диффузии была оценена модель Гомпертца [36] в виде:

$$f(t) = a * \exp(-b * \exp(-c * t)),$$

где a, b и c – параметры.

В результате оценки параметров модели Гомпертца (табл. 3) было получено, что точка перегиба у кривой наступает при  $T^*=5,2$  года, а рыночный потенциал технологии оценивается в 14,4%. Кроме того, были оценены параметры логистической модели

$$f(t) = \frac{a}{(1 + \exp(-b - ct))}$$

и модели Ротбарда [37] вида:

$$f(t) = \frac{1 - a}{1 + ((t - 2008)/b)^c} + a,$$

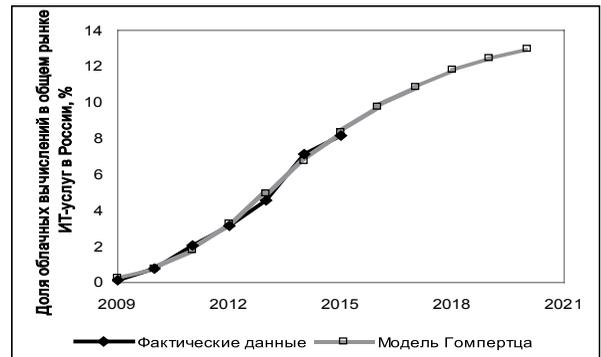
где a, b и c – параметры модели. Модель Ротбарда используется в радиоиммунологии, но применяется и для описания процессов диффузии (например, Newell и др. [38]).

**Табл. 3**

Оценка параметров моделей (в скобках – t-статистики)

Модель	a	b	c	R <sup>2</sup>	SSE
1. Модель Гомпертца	14,41	5,66	0,33	0,992	0,451
	(3,71)	(5,72)	(3,87)		
2. Логистическая модель	10,07	-3,92	0,78	0,992	0,476
	(8,35)	(-10,4)	(6,47)		
3. Модель Ротбарда	11,38	5,64	4,01	0,977	1,299
	(2,66)	(4,25)	(2,65)		

Из всех рассмотренных моделей наибольшая оценка потенциала рынка была получена в модели 1, модели 1 и 2 имеют одинаковые значения R<sup>2</sup>, но сумма квадратов остатков меньше у модели 2. Модель 3 оценивает потенциал рынка, выше, чем модель 2, но ниже модели 1. По всем параметрам модель 1 оказалась предпочтительнее, поэтому она была выбрана для прогноза динамики доли рынка облачных вычислений в общем рынке ИТ-услуг. Прогноз на 2020 г. оценивает эту долю в 13% (рис.4)..



**Рис. 4** Фактические данные и прогноз оценки доли облачных вычислений в России в общем рынке ИТ-услуг с помощью модели Гомпертца

Далее было исследовано воздействие на процесс диффузии облачных вычислений в России факторов, не связанных с прямым влиянием принявших технологию на тех, кто этого еще не сделал. Для этого была построена модель Скиадаса (1), в которой параметр g отражает влияние

внешних факторов,  $\sigma$  является мерой асимметрии кривой.

$$\ln(f + g) + \sigma \ln(F^* - f) = c + b(t - 2008) \quad (3)$$

Если для симметричных моделей ( $\sigma=1$ ) точка перегиба соответствует достижению уровня  $F^*/2$ , то при  $\sigma > 1$  точка перегиба смещена влево относительно этого значения, а при  $0 < \sigma < 1$  – вправо. При оценке параметров модели диффузии облачных технологий в России было получено значение  $0 < \sigma < 1$ , что соответствует более медленному развитию процесса (табл.4). Значение  $g$  положительно, что соответствует общему положительному внешнему воздействию на распространение технологии, время задержки распространения облачных вычислений в России составляет 3,4 года.

**Табл. 4**

Оценка параметров модели (3)

Параметр модели	Значение	Параметр модели	Значение
$g$	5,08	$F^*$	14,40
$\sigma$	0,28	$f_k$	7,66
$c$	0,81	$T$	3,35
$b$	0,22	SSE	0,00756

Один из факторов, влияющих на скорость диффузии облачных вычислений – это обеспечение безопасности хранения данных в облаке. Автором была построена модель, описывающая зависимость доли облачных вычислений в общем рынке ИТ-услуг в России от количества серверов, использующих технологии шифрования при передаче данных через интернет (Secure Internet servers), на 1 млн. человек ( $x_1$ ), инвестиций в основной капитал сектора ИКТ ( $x_2$ ) и доли затрат на программное обеспечение в общих затратах на ИКТ ( $x_3$ ) (использовались данные [39,40]):

$$y(t) = c + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad (4)$$

Результаты оценки приведены в табл. 5. Все рассмотренные факторы оказывают значимое положительное влияние на долю облачных вычислений в рынке ИТ-услуг в России, при этом наиболее существенно влияние увеличения доли затрат на программное обеспечение в общих затратах на ИКТ. Увеличение этого показателя на 1% приводит к росту доли облачных вычислений в рынке ИТ-услуг в России на 0,38%. Рост количества серверов, использующих технологии шифрования при передаче данных через интернет, способствует большей безопасности облачных вычислений, что положительно сказывается на уровне их распространения.

**Табл. 5**

Оценка параметров регрессионной зависимости (4)

Переменная	Значение	t-статистика
C	-9,63	-5,2
$a_1$	0,11	18,4
$a_2$	0,03	2,8
$a_3$	0,38	5,1
$R^2$	0,995	-
F-statistic	137,6	-

**Заключение**

Рынок облачных вычислений во всем мире растет. Размер облачного трафика, по прогнозам компании Cisco, к 2020 г. составит 92% общего трафика ЦОДов. Если в 2015 г. 47% пользователей интернета имели персональные облачные хранилища данных, то к 2020 г. их количество возрастет до 59% [33].

Преимущества публичного облака многим очевидны - неограниченная масштабируемость и эластичность по привлекательным ценам. Благодаря публичным облакам отдельные пользователи и небольшие компании получили доступ к решениям, ранее доступным только крупным организациям. Часть положительных эффектов облачных вычислений будет зависеть от скорости внедрения новой технологии. Скорейшему их распространению содействовало бы принятие ряда мер, например, заключение международных соглашений о единой политике конфиденциальности, разработка технологических стандартов для предоставления услуг облачных вычислений, гарантирующих безопасность данных, и другие меры.

Проведенный патентный анализ показал, что облачные технологии пока не достигли стадии зрелости. Облачный трафик стран Азиатско-Тихоокеанского региона имеет потенциал превысить показатели стран Северной Америки, а в целом время до достижения точки пика траектории его развития составляет для разных регионов 7-10 лет.

Для описания диффузии облачных вычислений в России автором были построены логистическая модель, модели Гомпертца, Ротбарда и Скиадаса, оценены их параметры. Расчеты показали, что рыночный потенциал этой технологии в России не превышает 15%, однако положительное воздействие внешних факторов может его увеличить. Построенная модель зависимости доли облачных вычислений на рынке ИТ-услуг в России от ряда факторов свидетельствует о положительном влиянии расширения и модернизации сектора ИКТ, совершенствования программного обеспечения и

мер по обеспечению кибербезопасности на скорость диффузии этой технологии.

### Литература

1. Mell, P., & Grance, T. The NIST Definition of Cloud Computing. Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology, United States Department of Commerce. Gaithersburg, MD 20899-8930: National Institute of Standards and Technology. Retrieved January 28, 2014.
2. *Five Key Take-Aways From North Bridge's Future Of Cloud Computing Survey*, 2015 URL: <https://softwarestrategiesblog.com/tag/cloud-computing-forecasts/> (дата обращения – 12.04.2017)
3. *Gartner Says Worldwide Public Cloud Services Market to Grow 18 Percent in 2017* URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3616417> (дата обращения – 26.04.17)
4. *Finos R. Public Cloud Market Forecast 2015-2026*. – Wikibon, 2015. URL: <https://wikibon.com/public-cloud-market-forecast-2015-2026/> (дата обращения – 26.06.17)
5. *10 Compelling Keys for Business Success with Google* URL: <http://www.inescalate.com/wp-content/uploads/2014/02/10-Compelling-Keys-for-Business-Success-with-Google-Inescalate-2.pdf> (дата обращения – 26.06.17)
6. *CNews. Облачные сервисы 2016*. URL: [http://www.cnews.ru/reviews/oblachnye\\_servisy\\_2016](http://www.cnews.ru/reviews/oblachnye_servisy_2016) (дата обращения – 04.04.2017)
7. *Russia Cloud Services Market 2015-2019 Forecast and 2014 Analysis*. – IDC, September 2015.
8. *Наступивший 2016 год может пройти под знаком виртуальной реальности // Виртуализация. Облачные структуры. Системы хранения данных*. – № 4 (70). – апрель 2016. – С. 1–6.
9. *Облачные сервисы. Взгляд из России*. Под ред. Е. Гребнева. — М.: CNews, 2011. — 282 с.
10. *Etro F. The Economic Consequences of the Diffusion of Cloud Computing. Ch.1.9. in The Global Information Technology Report 2009-2010- 2010 World Economic Forum*. – P.107-112.
11. *Delforge P. America's Data Centers Are Wasting Huge Amounts of Energy// National Resources Defense Council, Issue Brief 14-08-A, August 2014* URL: <https://www.nrdc.org/resources/americas-data-centers-consuming-and-wasting-growing-amounts-energy> (дата обращения – 03.05.2017)
12. *Варшавский Л.Е. Проблемы повышения энергоэффективности аппаратных средств в области информационных технологий. // Труды ИСА РАН*. – 2013. – Т. 63. – Вып. 3. – С. 3–19.
13. *Buyya R., Broberg J., Goscinski A. M. Cloud Computing Principles and Paradigms*. – WILEY Publication, 2010, 674 P.
14. *Oludele A., Ogu E.C., Shade K., Chinecherem U. On the Evolution of Virtualization and Cloud Computing: A Review // Journal of Computer Sciences and Applications*, 2014, Vol. 2, No. 3, 40-43.
15. *Дубинина М.Г. Исследование современных подходов к моделированию процессов распространения технологий в наукоемких отраслях // Труды ИСА РАН*. – 2015. . – Т. 65. . – № 3. . – С. 43-54.
16. *Song Y., Lee S., Zo H., Lee H. A hybrid Bass-Markov model for the diffusion of a dual-type device-based telecommunication service: The case of WiBro service in Korea // Computers & Industrial Engineering*. – 79 (2015). – P. 85–94.
17. *Kim N., Bridges E., Srivastava R. A simultaneous model for innovative product category sales diffusion and competitive dynamics// International Journal of Research in Marketing*. – 16. – 1999. – P. 562–583.
18. *Floyd A. A methodology for trend forecasting of figures of merit In Technological Forecasting for Industry and Government: Methods and Applications*, James R. Bright (ed.), Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 1968.
19. *Easingwood C., Mahajan V., Muller E., A Nonsymmetric Responding Logistic Model for Forecasting Technological Substitution // Technological Forecasting and Social Change* 20, 1981, P. 199-213.
20. *Skiadas C.H. Two Generalized Rational Models for Forecasting Innovation Diffusion // Technological Forecasting and Social Change* 27, 1985, P. 39-61.
21. *Sharif M.N., Islam, M.N. The Weibull Distribution as a General Model for Forecasting Technological Change // Technological Forecasting and Social Change* 18, 1980. – P. 247-256.
22. *Mahajan V., Peterson R.A. Models for Innovation Diffusion*. Beverly Hills, CA: Sage, 1985.
23. *Skiadas C.H. Innovation Diffusion Models Expressing Asymmetry and/or Positively or Negatively Influencing Forces // Technological Forecasting and Social Change*. – 30. – 1986. – P. 313-330.
24. *Coleman, J.S., Katz, E., & Menzel, H. Medical innovation: Diffusion of a medical drug among doctors.. — Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1966.*
25. *Giovanis A.N., Skiadas C.H. A new modeling approach investigating the diffusion speed of mobile telecommunication services in EU-15 // Comput Econ*. – 2007. – 29. – P.:97–106.

26. *Вариавский А.Е.* Проблемные инновации в обработке данных без полноценной информации об объекте исследования и ограничений на область применения // Прикладная эконометрика. – №4 (16). – 2009. – С. 116-133.
27. *Sheikh, N., Gomez, F. A., Cho, Y. and Siddappa J.* Forecasting of advanced electronic packaging technologies using bibliometric analysis and Fisher-Pry diffusion model Picmet: Portland International Center For Management of Engineering and Technology, Proceedings, 2011.
28. *Adamuthe A.C., Tomake J.V., Thampi G.T.* Technology Forecasting: The Case of Cloud Computing and Sub-Technologies // International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 106 – No.2, November 2014. – P. 14 – 19.
29. *WIPO.* URL: <https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf> (дата обращения – 28.06.17)
30. *Japan Platform for the Patent Information J-PlatPat* URL: <https://www19.j-platpat.inpit.go.jp/PA1/cgi-bin/PA1LIST> (дата обращения – 24.06.17)
31. *Sizing The Cloud.* – Forrester Research Inc. URL: <http://licensinglive.com/wp-content/uploads/2012/03/Hybrid-Customer-Insight-Data-Collection-and-Analysis-from-on-premise-in-the-cloud.pdf> (дата обращения – 28.06.17)
32. *Smart Cloud Study* Group Report. – Ministry of Internal Affairs and Communications. – 2010. URL: [http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/joho\\_tsusin/eng/councilreport/pdf/100517\\_1.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/eng/councilreport/pdf/100517_1.pdf) (дата обращения – 01.07.17)
33. *Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2015–2020 White Paper.* – Cisco. – 2016. URL: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.pdf> (дата обращения – 28.06.17)
34. *Bass F.* A New Product Growth for Model Consumer Durables // Management Science. 15 (5). 1969. P. 215-227.
35. *Russia Cloud Services Market 2016–2020 Forecast and 2015 Vendor Shares.* – IDC, 2016. URL: <http://idcrussia.com/ru/about-idc/press-center/64185-press-release> (дата обращения – 28.06.17)
36. *Gompertz B.* On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies. – Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 115. 1825. – pp. 513-585.
37. *Rodbard D.* Statistical quality control and routine data processing for radioimmunoassays and immunoradiometric assays // Clin Chem. 1974 Oct;20(10):1255–1270.
38. *Newell J., Genschel U., Zhang N.* Media Discontinuance: Modeling the Diffusion “S” Curve to Declines in Media Use // Journal of Media Business Studies. – 11(4). – 2014. P. 1-35.
39. *WorldBank Infrastructure Indicators* URL: <http://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.SECR?view=chart> (дата обращения – 01.07.17)
40. *Индикаторы информационного общества: 2016 : статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, М. А. Кевеш и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики».* – М.: НИУ ВШЭ, 2016. – 304 с.

**Дубинина Марина Геннадьевна.** Экономист ФИЦ ИУ РАН, научный сотрудник ЦЭМИ РАН. Окончила в 1986 г. МГУ. Количество печатных работ: 25. Область научных интересов: экономика фирм высокотехнологических отраслей, технологическое прогнозирование, информационно-коммуникационные технологии. E-mail: mgdub@yandex.ru

### Analysis and modeling of cloud computing diffusion in Russia and abroad

*M.G. Dubinina*

**Abstract.** This paper examines the current state and factors that influence the diffusion of cloud computing in the regions of the world, analyzes approaches to modeling the diffusion of information technologies in general and cloud computing in particular, compares the forecasts of the cloud market of leading analytical companies with the data of patent analysis. The Bass diffusion model was estimated to define time and magnitude of peak of cloud traffic in different regions of the world. The results of approximating the share of cloud computing in the IT services market in Russia, obtained by the author using various diffusion models, is compared, the influence of external factors on the speed of cloud computing in Russia is estimated.

**Keywords:** cloud computing, diffusion models, patent analysis, virtualization, traffic, public clouds

## References

1. *Mell, P., & Grance, T.* 2011. The NIST Definition of Cloud Computing. Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology, United States Department of Commerce. Gaithersburg, MD 20899-8930: National Institute of Standards and Technology. Retrieved January 28, 2014, from <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>.
2. *Five Key Take-Aways From North Bridge's Future Of Cloud Computing Survey, 2015* Available at: <https://softwarestrategiesblog.com/tag/cloud-computing-forecasts/> (accessed April 12, 2017).
3. *Gartner Says Worldwide Public Cloud Services Market to Grow 18 Percent in 2017.* 2017. Available at: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3616417> (accessed April 26, 2017).
4. *Finos R.* 2015. Public Cloud Market Forecast 2015-2026. – Wikibon, 2015. Available at: <https://wikibon.com/public-cloud-market-forecast-2015-2026/> (accessed June 26, 2017).
5. *10 Compelling Keys for Business Success with Google.* 2014. Available at: <http://www.inescalate.com/wp-content/uploads/2014/02/10-Compelling-Keys-for-Business-Success-with-Google-Inescalate-2.pdf> (accessed June 26, 2017).
6. *CNews.* Oblachnye servisy 2016. [Cloud Services 2016] Available at: [http://www.cnews.ru/reviews/oblachnye\\_servisy\\_2016](http://www.cnews.ru/reviews/oblachnye_servisy_2016) (accessed April 4, 2017).
7. *Russia Cloud Services Market 2015-2019 Forecast and 2014 Analysis.* 2015. IDC Available at: <http://idcrussia.com/ru/research/published-reports/61077-russia-cloud-services-market-2015-2019-forecast-and-2014-analysis/2-abstract> (accessed June 17, 2017)
8. *Nastupivshij 2016 god mozhet projti pod znakom virtual'noj real'nosti.* 2016. Virtualizatsiya. Oblachnye struktury. Sistemy khraneniya dannykh [Virtualization. Cloud structures. Storage systems]. 4 (70):1–6.
9. *Grebnev, E.* Oblachnye servisy. Vzglyad iz Rossii. [Cloud services. View from Russia]. M.: CNews, 2011. 282 p.
10. *Etro, F.* 2010. The Economic Consequences of the Diffusion of Cloud Computing, Chapter 1.9 in Global Information Technology Report 2009-2010, World Economic Forum, Geneva, 107-112.
11. *Delforge P.* 2014. America's Data Centers Are Wasting Huge Amounts of Energy. National Resources Defense Council, Issue Brief 14-08-A. Available at: <https://www.nrdc.org/resources/americas-data-centers-consuming-and-wasting-growing-amounts-energy> (accessed April 26, 2017).
12. *Varshavskij L.E.* 2013. Problemy povysheniya energoehffektivnosti apparatnykh sredstv v oblasti informatsionnykh tekhnologij [Problems of energy efficiency increase of information technologies equipment infrastructure]. Trudy ISA RAN. 63. 3:3–19.
13. *Buyya R., Broberg J., Goscinski A.M.* 2010. Cloud Computing Principles and Paradigms. WILEY Publication, 2010. 674 P.
14. *Oludele, A., Ogu, E.C., Shade, K., Chinecherem, U.* 2014. On the Evolution of Virtualization and Cloud Computing: A Review. Journal of Computer Sciences and Applications, Vol. 2, No. 3: 40-43.
15. *Dubinina M.G.* 2015. Issledovanie sovremennykh podkhodov k modelirovaniyu protsessov rasprostraneniya tekhnologij v naukoemkikh otraslyakh [A study of current approaches to modeling the diffusion of technologies in high-tech industries]. Trudy ISA RAN. 65. 3: 43-54.
16. *Song, Y., Lee, S., Zo, H., Lee, H.* 2015. A hybrid Bass–Markov model for the diffusion of a dual-type device-based telecommunication service: The case of WiBro service in Korea. Computers & Industrial Engineering. 79: 85–94.
17. *Kim, N., Bridges, E., Srivastava, R.* 1999. A simultaneous model for innovative product category sales diffusion and competitive dynamics. International Journal of Research in Marketing. 16:562–583.
18. *Floyd, A.* 1968. A methodology for trend forecasting of figures of merit In Technological Forecasting for Industry and Government: Methods and Applications, James R. Bright (ed.), Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall.
19. *Easingwood, C., Mahajan, V., Muller, E.* 1981. A Nonsymmetric Responding Logistic Model for Forecasting Technological Substitution. Technological Forecasting and Social Change. 20:199-213.
20. *Skiadas, C.H.* 1985. Two Generalized Rational Models for Forecasting Innovation Diffusion. Technological Forecasting and Social Change 27:39-61.
21. *Sharif, M.N., Islam, M.N.* 1980. The Weibull Distribution as a General Model for Forecasting Technological Change. Technological Forecasting and Social Change. 18: 247-256.
22. *Mahajan, V., Peterson, R.A.* 1985. Models for Innovation Diffusion. Beverly Hills, CA: Sage, 1985.
23. *Skiadas, C.H.* 1986. Innovation Diffusion Models Expressing Asymmetry and/or Positively or Negatively Influencing Forces. Technological Forecasting and Social Change. 30: 313-330.
24. *Coleman, J.S., Katz, E., & Menzel, H.* 1966. Medical innovation: Diffusion of a medical drug among doctors. Indianapolis: Bobbs-Merrill.

25. *Giovanis, A.N., Skiadas, C.H.* 2007. A new modeling approach investigating the diffusion speed of mobile telecommunication services in EU-15. *Comput. Econ.* 29:97–106.
26. *Varshavskij, A.E.* 2009. Problemnye innovatsii v obrabotke dannykh bez polnotsennoj informatsii ob ob'ekte issledovaniya i ogranichenij na oblast' primeneniya [Questionable Innovations in Data Processing with Incomplete Information about the Analyzed System in Absence of Applications Limitations]. *Prikladnaya ehkonometrika [Applied Econometrics]* №4 (16): 116-133.
27. *Sheikh, N., Gomez, F. A., Cho, Y. and Siddappa J.* 2011. Forecasting of advanced electronic packaging technologies using bibliometric analysis and Fisher-Pry diffusion model *Picmet: Portland International Center For Management of Engineering and Technology, Proceedings.*
28. *Adamuthe, A.C., Tomake, J.V., Thampi, G.T.* 2014. Technology Forecasting: The Case of Cloud Computing and Sub-Technologies. *International Journal of Computer Applications* .V.106.2:14 – 19.
29. *WIPO.* Available at: <https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf> (accessed June 28, 2017).
30. *Japan Platform for the Patent Information J-PlatPat.* Available at: <https://www19.j-platpat.inpit.go.jp/PA1/cgi-bin/PA1LIST> (accessed June 24, 2017).
31. *Sizing The Cloud.* Forrester Research Inc. Available at: <http://licensinglive.com/wp-content/uploads/2012/03/Hybrid-Customer-Insight-Data-Collection-and-Analysis-from-on-premise-in-the-cloud.pdf> (accessed June 28, 2017).
32. *Smart Cloud Study Group Report.* 2010. Ministry of Internal Affairs and Communications. Available at: [http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/johotsusin/eng/councilreport/pdf/100517\\_1.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/johotsusin/eng/councilreport/pdf/100517_1.pdf) (accessed July 1, 2017).
33. *Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2015–2020 White Paper.* – Cisco. – 2016. Available at: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.pdf> (accessed June 28, 2017).
34. *Bass, F.* 1969. A New Product Growth for Model Consumer Durables. *Management Science.* 15 (5):215-227.
35. *Russia Cloud Services Market 2016–2020 Forecast and 2015 Vendor Shares.* 2016. IDC. Available at: <http://idcrussia.com/ru/about-idc/press-center/64185-press-release> (дата обращения – 28.06.17).
36. *Gompertz, B.* 1825. On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* 115: 513-585.
37. *Rodbard, D.* 1974. Statistical quality control and routine data processing for radioimmunoassays and immunoradiometric assays. *Clin Chem.* 20(10):1255–1270.
38. *Newell, J., Genschel, U., Zhang, N.* 2014. Media Discontinuance: Modeling the Diffusion “S” Curve to Declines in Media Use. *Journal of Media Business Studies.* 11(4):1-35.
39. *WorldBank Infrastructure Indicators.* Available at: <http://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.SECR?view=chart> (accessed July 1, 2017).
40. *Indikatoriy informatsionnogo obshchestva: 2016 : statisticheskij sbornik / G. I. Abdrakhmanova, L. M. Gokhberg, M. A. Kevesh i dr.;* [Indicators of the Information Society: 2016: Statistical Digest] Nats. issled.un-t «Vysshaya shkola ehkonomiki». – M.: NIU VSHEH, 2016. – 304 s.

**Dubinina M.G.** Economist of Federal Research Center “Informatics and Management” of the Russian Academy of Sciences, Researcher CEMI RAS, 117418 Moscow, Nakhimovsky prospect, 47. Number of publications: 25. Research interests: economy of high-tech firms, technological forecasting, information and communication technologies. e-mail [mgdub@yandex.ru](mailto:mgdub@yandex.ru).