

## Архитектурный подход к управлению государственной программой «Цифровая экономика России»

Кефели И. Ф.<sup>1,\*</sup>, Колбанёв М. О.<sup>2</sup>, Шамин А. А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Северо-Западный институт управления РАНХиГС), Санкт-Петербург, Российская Федерация; \*geokefeli@mail.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Нижний Новгород, Российская Федерация

### РЕФЕРАТ

Цель работы — построение архитектурной модели цифровой экономики, объединяющей весь комплекс основополагающих принципов ее технологической организации, которые воплощены в наборе цифровых технологий, связей технологий друг с другом и с внешним окружением. При этом решены следующие задачи:

- проанализированы свойства и признаки цифровой экономики;
- выявлены предпосылки для архитектурного описания цифровой экономики;
- разработана стратифицированная архитектурная модель цифровой экономики.

Показано, что архитектурная модель цифровой экономики должна содержать инфраструктурные и предметно-ориентированные уровни. К первой группе следует отнести физические законы и технологии построения реальных и виртуальных источников цифровых данных, систем и сетей сохранения, распространения и обработки данных, а также облачные, туманные и росистые вычисления. Ко второй — технологии создания структур и анализа данных, построения цифровых платформ и приложений, создания экосистемы цифровых платформ, цифровых рынков и моделей процессов деятельности.

Методология проведенного исследования использует принципы конструирования системных моделей, развиваемых при построении архитектур цифровых систем инфокоммуникаций, облачных вычислений, индустриального интернета, больших данных, наложенных сервисов и других технологий третьей платформы информатизации.

Использованная методология позволила разделить весь сложный процесс создания цифровой экономики на более простые части — уровни и подпроцессы, выработать общие понятия и терминологию, выделить базовую функциональность технологий для всех уровней иерархии, сформировать базовые компетенции специалистов, изучающих и реализующих разные подпроцессы, упростить задачу организации взаимодействия продуктов, реализующих подпроцессы и др.

**Ключевые слова:** информационное общество, цифровая экономика, архитектура системы, стратифицированное описание системы, инфраструктурные уровни и предметно-ориентированные уровни цифровой экономики

Igor F. Kefeli, Mikhail O. Kolbanjov, Alexey A. Shamin

### Architectural Approach to the Management of the State Program of the «Digital Economy»

Igor F. Kefeli<sup>a,\*</sup>, Mikhail O. Kolbanjov<sup>b</sup>, Alexey A. Shamin<sup>c</sup>

<sup>a</sup> The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (North-West Institute of Management), St. Petersburg, Russian Federation; \*geokefeli@mail.ru

<sup>b</sup> Saint-Petersburg State Economic University, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>c</sup> Nizhny Novgorod Engineering-economic State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

### ABSTRACT

The purpose of the work is to build an architectural model of the digital economy, which combines the whole set of fundamental principles of its technological organization, which are embodied in a set of digital technologies, technology links with each other and with the external environment. The following tasks have been solved:

- the properties and features of the digital economy are analyzed,
- the preconditions for the architectural description of the digital economy are identified,
- a stratified architectural model of the digital economy has been developed.

It is shown that the architectural model of the digital economy should contain infrastructure and domain specific levels. The first group includes physical laws and technologies for building real and virtual sources of digital data, systems and networks for storing, distributing and processing data, as well as cloud, foggy and dew computations. The second group is the technology of creating data structures and analysis, building digital platforms and applications, creating an ecosystem digital platforms, digital markets and business process models

The basic methodology of the study uses the principles of designing system models developed in the construction of architectures of digital systems of Infocommunications, cloud computing, industrial Internet, big data, overlay services and other technologies of the third platform of informatization.

The methodology used allowed us to divide the whole complex process of creating a digital economy into simpler parts — levels and sub-processes; to develop common concepts and terminology; to identify the basic functionality of technologies for all levels of the hierarchy; to form the basic competencies of specialists who study and implement different sub-processes; to simplify the task of organizing the interaction of products that implement sub-processes, etc.

*Keywords:* information society, digital economy, system architecture, stratified description of the system, infrastructure levels and subject-oriented levels of the digital economy

## Введение

Построение цифровой экономики стало политической целью всех развитых стран. Не является исключением и Россия, политическое руководство которой взяло на себя строгие обязательства в этом направлении. В официальных документах РФ дается два типа определений цифровой экономики, ключевыми элементами которых является следующее:

- цифровая экономика — это новый экономический уклад;
- цифровая экономика — это деятельность, основанная на информационных технологиях.

Во всех случаях понятие «цифровая экономика» трактуется расширительно, включает и медицину, и образование, и безопасность, и государственное управление, и другие общественные институты. Атрибутом цифровой экономики являются цифровые данные и технологии работы с ними, организованные в единую сложную цифровую систему, способную поддерживать модели деятельности в прикладных областях за счет новых способов информационного взаимодействия при помощи технологий сохранения, распространения и обработки данных [7]. В настоящей работе решается задача построения архитектурной модели цифровой экономики. Исследование учитывает особенности технологий третьей платформы информатизации<sup>1</sup> и основывается на методологии и принципах разработки архитектур цифровых систем<sup>2</sup>. Полученная в результате архитектура цифровой экономики систематизирует весь комплекс технологических проблем, возникающих при ее создании.

## Анализ свойств и признаков цифровой экономики

В последние годы понятие «информационное общество» наполняется новым содержанием. Все более очевидно, что тип общества в большей степени определяется технологией информационного взаимодействия, а «...коммуникации — это не просто сектор экономики. Коммуникации — это сама экономика» [13]. Это обстоятельство демонстрирует инвестиционный банк Goldman Sachs, который является одной из крупнейших финансовых империй в мире. В 2017 г. там внедрены новые модели деятельности, основанные на цифровой экономике. Вместо шестисот теперь работают два трейдера, а внедренное программное обеспечение обслуживают двести программистов<sup>3</sup>. Финансовое предприятие стало информационным, подобным Яндекс или Google. Треть сотрудников — это уже разработчики программного обеспечения трейдинга, которое проектируется так, чтобы максимально повторять логику и стратегии эффективных трейдеров-людей, но, при этом, обеспечивать практически мгновенное принятие всех решений.

Goldman Sachs не исключение. Алгоритмический трейдинг внедряют все инвестиционные компании мира, и уже 45% торговли в мире происходит в электронном виде, без прямого участия людей. Кроме того, Goldman Sachs формализовал 146 конкретных шагов, которые необходимо сделать для проведения публичного размещения акций компании, открыл полностью автоматиче-

<sup>1</sup> Найдич А. «Третья платформа» — платформа трансформации ИТ [Электронный ресурс]. URL: <https://compress.ru/Article.aspx?id=24166> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>2</sup> Интернет вещей // Recommendation Y. 2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. June 2012; IoT World Forum [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cisco.com/c/ru\\_ru/about/press/press-releases/2015/07-30a.html](https://www.cisco.com/c/ru_ru/about/press/press-releases/2015/07-30a.html); NIST Cloud Computing Standards Roadmap // National Institute of Standards and Technology // [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=909024](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=909024); Introduction to big data classification and architecture // [https://www.ibm.com/developerworks/library/bd-archpatterns1/index.html?S\\_TACT=105AGX99&S\\_CMP=CP](https://www.ibm.com/developerworks/library/bd-archpatterns1/index.html?S_TACT=105AGX99&S_CMP=CP) (дата обращения: 20.07.2018); Недельский В. Мировой опыт внедрения промышленного интернета — проекция на Россию [Электронный ресурс]. URL: <http://unicongress.ru/wp-content/uploads/iot16/s2-2.pdf> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>3</sup> Chavez speaks at Harvard computer science symposium [Электронный ресурс]. URL: <https://www.seas.harvard.edu/audiences/alumni/alumni-news-briefs/2017/01/chavez-speaks-at-harvard-computer-science-symposium> (дата обращения: 20.07.2018).

скую платформу потребительского кредитования и т.д. Отталкиваясь от этого примера, можно отметить следующие последствия перехода к цифровой экономике.

1. Использование цифровых технологий принципиально меняет модели деятельности.
2. Новые модели во многом опираются на специалистов информационного профиля, сменяющих традиционных работников.
3. Одним из объектов цифровизации становится деятельность на верхних уровнях принятия решений, появляется возможность отказаться от так называемых топ-менеджеров, заменив их на программное обеспечение. Поскольку аналогичные изменения происходят не только в экономике, но и в других сферах деятельности людей, можно утверждать, что информационное общество достигло очередного этапа развития — стало цифровым. Данное заявление прямо указывает на способ деятельности всех общественных институтов: деятельность реализуется через цифровое представление объектов. Элементами цифрового общества становятся: цифровая технология, цифровая политика, цифровая экономика, цифровое образование, цифровая медицина, цифровое государство, цифровая культура, цифровой спорт, цифровое сельское хозяйство, цифровой транспорт, цифровая безопасность, цифровая энергетика, цифровая экология и т. д. В Государственной программе «Цифровая экономика России» под цифровой экономикой понимают комплекс возможностей применения цифровых технологий в социально-экономической сфере, но главное — цифровая экономика рассматривается как новый способ деятельности, основанный на данных, ставших ключевым фактором производства<sup>1</sup>. Во всех развитых странах приняты государственные программы развития цифровой экономики, в которых можно выделить следующие ключевые акценты:
  - поддержка развития интернета в качестве глобальной платформы для общения, торговли и инноваций в интересах бизнеса<sup>2</sup>;
  - интеграция государственных и корпоративных информационных систем и доступ бизнеса ко всему объему данных, характеризующих состояние всех экономических ресурсов, в режиме онлайн<sup>3</sup>;
  - создание безопасной инфраструктуры для жизни и работы в онлайн, поддержка нового уровня качества обслуживания людей в интернете<sup>4</sup>;
  - прорыв в области цифровых промышленных технологий, подключение к инфокоммуникационной сети промышленного оборудования и целых производств<sup>5</sup>;
  - обеспечение более широкого взаимодействия людей с машинами и принятие всем обществом моральных, этических и экономических аспектов цифровизации<sup>6</sup> и др.

Как показывает приведенный обзор, в принятых программах акцент делается на развитие инфраструктуры и отдельных технологий, необходимых для создания цифровой экономики. При этом выбор тех или иных целей внедрения информационных технологий не учитывает архитектурные свойства цифровых систем, взаимную зависимость и иерархическую соподчиненность процессов, происходящих на ее архитектурных уровнях.

Главная особенность цифровой экономики выделяется в Указе Президента России «О Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017–2030 годы»: «... увеличение объема данных ... от промышленных и социальных объектов, различных электронных устройств приводит к

<sup>1</sup> Государственная программа «Цифровая экономика России» [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB7915v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>2</sup> Davidson A. Commerce Department Digital Economy Agenda 2016, The Digital Economy: Key to Prosperity and Competitiveness [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/alan\\_davidson\\_digital\\_economy\\_agenda\\_deba\\_presentation\\_051616.pdf](https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/alan_davidson_digital_economy_agenda_deba_presentation_051616.pdf); The digital attache program // <https://www.export.gov/Digital-Attache> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>3</sup> Институт экономики роста им. Столыпина П.А. [Электронный ресурс]. URL: [http://институт.рост.рф/upload/iblock/f87/16.-elektronnaya-\\_tsifrovaya\\_-ekonomika.pdf](http://институт.рост.рф/upload/iblock/f87/16.-elektronnaya-_tsifrovaya_-ekonomika.pdf); Технологии цифровой экономики в стратегических документах России [Электронный ресурс]. URL: <http://ac.gov.ru/files/content/11704/cifrovaya-ekonomika-pushkin-v-1-6-dlya-mozgovogo-shturma-pdf.pdf> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>4</sup> Cavanillas J. M., Curry E., Wahlster W. (eds.) (2016): New Horizons for a Data-Driven Economy. A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe. Springer 2016 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.wolfgangwahlster.de/wordpress/wpcontent/uploads/Industrie\\_4\\_0\\_Mit\\_dem\\_Internet\\_der\\_Dinge\\_auf\\_dem\\_Weg\\_zur\\_vierten\\_industriellen\\_Revolution\\_2.pdf](http://www.wolfgangwahlster.de/wordpress/wpcontent/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf) (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>5</sup> Industrie 4.0. Smart Manufacturing for the Future. Berlin: Germany Trade and Invest Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH, 2013.; От индустрии 4.0 к Обществу 5.0 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osp.ru/cw/2017/04/13051715/> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>6</sup> Тимонина И.Л. Стратегия инновационного развития Японии [Электронный ресурс]. URL: [https://mgimo.ru/upload/iblock/a53/0128\\_0142\\_\(13\)%20Тимонина\\_ID9494.pdf](https://mgimo.ru/upload/iblock/a53/0128_0142_(13)%20Тимонина_ID9494.pdf) (дата обращения: 20.07.2018).

формированию новых технологий ...». И далее: «Конкурентным преимуществом обладают государства, отрасли экономики которых основываются на технологиях анализа больших объемов данных»<sup>1</sup>.

Если в XX в. кибернетические (управляющие) системы стали источником малых данных, то в XXI в. источником больших данных стала цифровизации не только процессов управления, но и любой другой деятельности. Таким образом, в основе цифровой экономики лежат: цифровые данные, большие объемы цифровых данных, методы анализа больших объемов цифровых данных в реальном времени, повышение эффективности деятельности, основанной на больших данных.

Прогноз роста объема цифровых данных, производимых человечеством<sup>2</sup>, показан на рис. 1. Оценка объема мирового рынка больших данных в денежном выражении затруднена из-за отсутствия стандартизированной архитектуры цифровой экономики, что не позволяет однозначно отнести ту или иную технологию к работе именно с большими данными, а не к цифровым технологиям другого рода. Отсюда существенные отличия в оценках: от 38 млрд долл. (по данным Wikibon) до 134 млрд (по версии IDC)<sup>3</sup>. По прогнозам<sup>4</sup>, за период с 2015 по 2020 гг. рынок будет расти в среднем на 11,7% ежегодно и превысит 203 млрд долл.

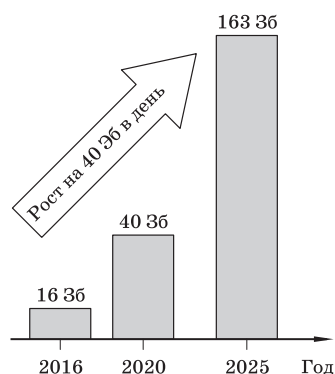


Рис. 1. Рост объема цифровой Вселенной

Обладателями (собственниками) больших данных являются:

- государство, которое получает самые разнообразные данные через органы государственной власти и государственную информационную систему взаимодействия с гражданами;
- бизнес-структуры, такие как операторы связи, провайдеры инфокоммуникационных услуг, социальные сети и операторы других наложенных сервисов, крупные финансовые, транспортные и торговые компании и другие организации такого рода.

Огромный потенциал роста цифровой экономики как раз и заключается в объединении этих информационных ресурсов в интегральную информационную систему, в создании общедоступных инструментов для их комплексного использования.

Данные табл. 1 иллюстрируют коренное отличие задач, решаемых в рамках методологии кибернетики и цифровой экономики. Можно сказать, что цифровая экономика характеризует принципиально новый этап развития науки, основанный на новой научной методологии, отличной и от классической науки с ее анализом бесконечно малых и эксперименте, и от кибернетики с ее субъект-объектным подходом и прикладной математикой. В XX в., благодаря развитию кибернетики, получило распространение сочетание терминов «Информационная система в...», где многоточие можно было заменить названием практически любой предметной области. В цифровой экономике отделить информационные процессы управления от процессов деятельности уже невозможно. Поэтому, в частности, информационные системы в экономике, медицине, образовании и др. превращаются в цифровую экономику, цифровую медицину, цифровое образование. Такая глубокая цифровизация ведет к трансформации всех процессов жизнедеятельности людей.

<sup>1</sup> «О Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017–2030 годы» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>2</sup> Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical [Электронный ресурс]. URL: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>3</sup> Цифровая крепость [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3379657> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>4</sup> Большие данные (Big Data) мировой рынок [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 20.07.2018).

Цифровизация видов человеческой деятельности

Пример вида деятельности	Пример задач кибернетики	Пример задач цифровой экономики
Медицина	Электронные истории болезни	Цифровизация лечения
Транспорт	Автоматизация диспетчерской	Беспилотный транспорт
Производство	АСУ ТП	Индустриальный интернет
Коммуникация	Цифровая связь	Социальные сети

С учетом отмеченных особенностей, цифровую экономику необходимо рассматривать как большую цифровую информационную систему. С этих позиций ее создание, как и создание любых других глобальных систем подобного рода, должно основываться на архитектурном подходе. Основные понятия, связанные с архитектурой систем, сформулированы в стандартах ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288, ANSI/IEEE 1471, ISO/IEC/IEEE 42010 и др. Согласно этим документам, архитектура системы (ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288) — это комплекс основополагающих принципов организации системы, которые воплощены в наборе ее компонентов, связях компонентов друг с другом и с внешним окружением, а также принципов проектирования и развития системы. Архитектура системы нужна для решения следующих задач (ANSI/IEEE 1471): анализ альтернативных вариантов построения; планирование изменений; взаимодействие между организациями, занятыми на этапах жизненного цикла; выработка критериев введения в эксплуатацию; разработка материалов для использования и сопровождения; проектирование и разработка элементов системы; внесение изменений и поправок в документацию на этапах жизненного цикла; планирование ресурсов в проектах разработки, сопровождения и эксплуатации системы; оценка качества системы.

### Предпосылки для архитектурного описания цифровой экономики

Архитектурные модели цифровых информационных систем всегда имеют уровневое представление. Сама идея многоуровневых описаний была развита в ставшей классической работе М. Месаровича, Д. Мако и И. Такахары «Теория иерархических многоуровневых систем» [10], где выделены три вида иерархий: страты (уровни описаний), слои (уровни принятия решений) и эшелоны (уровни управления). Страта описания системы — это уровень абстрагирования при ее создании и изучении. Применительно к цифровым системам, каждой страте описания соответствуют информационные процессы преобразования цифровых блоков данных на этой страте; множества функционально идентичных цифровых технологий, которые отличаются методом или способом реализации информационных процессов на этой страте; временные, пространственные и энергетические характеристики информационных процессов при их выполнении теми или иными цифровыми технологиями. В совокупности страты характеризуются вертикальной декомпозицией, последовательностью реализации операций обработки цифровых блоков данных на этих стратах и взаимосвязью показателей, характеризующих комплексный процесс формирования блока данных в целом.

Объективно существующая необходимость стратификации цифровых систем является следствием иерархической организации информационных ресурсов, т. е. доступной людям информации, которая может быть использована для поддержки процессов деятельности в предметных областях. Обобщающий взгляд на иерархию информационных ресурсов отражает модель DIKW (data, information, knowledge, wisdom-данные (Д), информация (И), знания (З), мудрость (М)) [14]. Переход на верхние уровни этой модели добавляет новые связи между элементами данных, что способствует более эффективному использованию исходных данных. Модель DIKW не зависит от технологий и отражает творческий мыслительный процесс работы человека с данными [9]. Предполагается, что объем упорядоченных информационных ресурсов меньше, чем исходных (рис. 2).

Информационные системы сами по себе не могут мыслить. Процесс обработки исходных данных связан здесь с добавлением к исходным данным метаданных (МД). Без МТ было бы невозможно отличить друг от друга два цифровых блока, подготовленных разными устройствами, в разное время, в разных точках пространства и несущих совершенно разную информацию. Степень организации цифровых данных и, в конечном итоге, возможность их использования по назначению зависят от вида и объема сопоставленных им метаданных. При этом в практических реализациях цифровых технологий объемы данных и метаданных сопоставимы друг с другом.



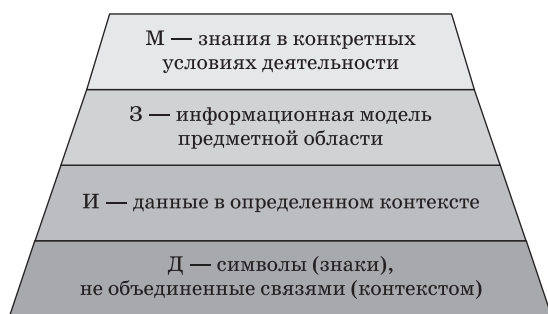


Рис. 2. Модель DIKW

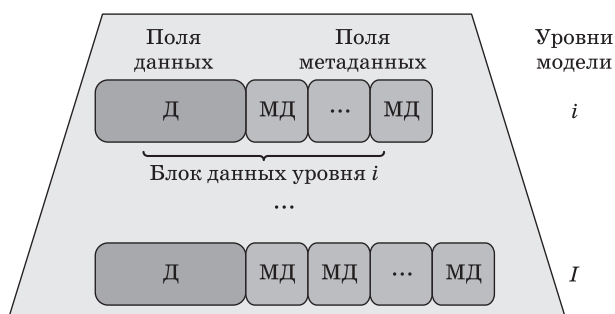


Рис. 3. Многоуровневая модель цифровой системы

Правила формирования метаданных задаются стандартами на построение цифровых систем и технологий и имеют иерархическую архитектуру, подобную той, которая представлена на рис. 3. Количество уровней иерархии и полей метаданных на каждом уровне модели зависит от вида цифровой технологии и стандарта, в соответствии с которым она построена. Наибольший размер имеют блоки данных нижнего первого уровня, поскольку он сохраняет метаданные, которые были сопоставлены данным на всех вышележащих уровнях. Особенности принципов построения цифровых систем и цифровой экономики позволяют выделить следующие предпосылки построения архитектурной модели:

- теоретически доказанная необходимость стратифицированного описания сложных систем;
- последствия цифровизации деятельности, приводящие к возникновению больших объемов цифровых данных и изменению характера деятельности, которая все в большей степени сводится к преобразованию данных при помощи цифровых технологий;
- принцип построения любых цифровых технологий, который заключается в поблочном преобразовании исходного массива цифровых данных по определенному алгоритму, разработанному в предметной области, и формировании новых цифровых блоков из исходных с сопоставлением им новых метаданных. Преобразование исходных данных и метаданных может повторяться многократно, в зависимости от количества фаз, предусмотренных алгоритмом преобразования.

Стратифицированные описания превращают процесс создания цифровой системы из абстрактной концепции в обозримую задачу и задают архитектуру будущей цифровой системы в виде совокупности функциональных компонентов, иерархических связей этих компонентов друг с другом и внешней средой, а также принципов проектирования структуры и поведения системы.

## Архитектурная модель цифровой экономики

Разработанная архитектурная модель цифровой экономики представлена на рис. 4. На страте 1 расположены технологии, обеспечивающие цифровизацию естественных аналоговых процессов и представление их в виде цифровых сигналов. Они являются фундаментом цифровой экономики и развиваются благодаря фундаментальным научным исследованиям и открытию новых физических принципов представления данных. К числу технологий такого рода относятся электроника, фотоника, радиотехника, квантовые, оптические, НБИК и другие технологии.

Страте 2 соответствуют технологии создания киберпространства, которое сегодня стало пятой средой деятельности людей наряду с сушей, морем, воздухом и космосом. Здесь создаются условия для взаимодействия источников цифровых данных во времени, в пространстве и при помощи обработки данных. Используемые для этого технологии сохранения, распространения и компьютерных вычислений вышли на новый виток развития. Их объемные характеристики измеряются в Петабайтах, Терабит/с, Петафлопсах, соответственно, и продолжают рост в соответствии с достижениями фундаментальной науки. Важными достижениями стало создание интернета вещей, дающего возможность внедрять самые разнообразные приложения [1; 2], тактильного интернета, масштабных центров обработки данных, суперкомпьютеров и т. п.

Страта 3 объединяет технологии сохранения и обработки данных, вертикально распределенные между пулом централизованных ресурсов и местами возникновения и использования данных. Их главное предназначение — это организация процессов предоставления услуг, сохранения, распространения и обработки данных конечным пользователем. Здесь создается вертикально-распределенная иерархия данных и вычислительных процессов, включающая уровни облака, тумана и росы.



**Рис. 4.** Архитектурная модель цифровой экономики

Как и в архитектурных моделях других цифровых систем, отношения соседних страт цифровой экономики характеризуются иерархической подчиненностью. Так, первая страта предоставляет страте 2 цифровые данные в определенном формате. На второй страте эти данные получают новые метаданные, определяющие их расположение в киберпространстве. Передача данных на третью страту со второй сопровождается выработкой дополнительных метаданных, связанных с характером информационных услуг, предоставляемых пользователям.

Совместно технологии трех нижних страт образуют инфраструктурный технологический уровень цифровой экономики. Оценку количества данных, которые создаются на этих уровнях, позволяет сделать прогноз, представленный на рис. 1. За период с 2016 по 2025 г. в среднем будет создаваться около 6 Гб данных на каждого жителя Земли в день. Главный источник этих данных — автоматические системы, такие как системы видеонаблюдения, контроля над окружающей средой, медицинских приборов, разнообразных машин и роботов, бытовой электроники, RFID меток и т.п., создаваемые на страте 1.

Мировой IP-трафик, обрабатываемый на второй страте, будет изменяться такими темпами: 2016 г. — 96 Эб/мес. (Wi-Fi — 52%, сотовая связь — 10%, фиксированная связь — 38%), 2021 г. — уже 278 Эб/мес. (Wi-Fi — 53%, сотовая связь — 20%, фиксированная связь — 27%). В России IP-трафик за период с 2016 по 2021 гг. удвоится, мобильный вырастет в 5 раз (в 2016 г. — 13% от всего IP-трафика, в 2021 г. — 28%). Количество сетевых устройств с 3,6 шт./чел. в 2016 г. увеличится до 6 шт./чел. в 2021 г. Всего к 2021 г. ожидается, что в России будет использоваться не менее 841,3 млн устройств, из которых на долю M2M-модулей придется 57%<sup>1</sup>.

Главным ограничителем роста возможностей технологий инфраструктурных уровней являются их энергетические характеристики [4]. Вслед за увеличением объема и интенсивности информационных потоков и охватываемой ими территории расход энергии, требуемый для управления информационными потоками, резко возрастает [5]. Уже в ближайшие годы треть мировой генерации электроэнергии будет уходить на обеспечение работы сетей. Главные потребители — это терминальные устройства, маршрутизаторы, центры обработки данных, суперкомпьютеры и другие элементы киберпространства [8].

<sup>1</sup> Прогноз Cisco мирового объема IP-трафика к 2021 году [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cisco.com/c/ru\\_ru/about/press/press-releases/2017/06-09b.html](https://www.cisco.com/c/ru_ru/about/press/press-releases/2017/06-09b.html) (дата обращения: 20.07.2018).

На страте 4 располагаются технологии формирования таких структур данных, которые позволяют строить эффективные алгоритмы анализа данных и извлечения из них информации. Структура данных и алгоритмы их анализа тесно связаны друг с другом, при этом:

- выбор структуры для представления больших данных является значительно более сложной задачей по сравнению с упорядочиванием малых данных. Это объясняется увеличением масштаба, числом источников данных, разным составом данных (текущие, исторические, неструктурированные, мониторинга и др.), разными форматами представления данных, не однозначной интерпретацией смыслов данных и др.;
- алгоритмы анализа структурированных данных, как правило, проще вычислительных алгоритмов.

Логику анализа данных легче выстроить, если данным сопоставлены подробные метаданные, характеризующие их структуру и смысл. С другой стороны, метаданные существенно увеличивают объемы хранения. Типовыми структурами данных сегодня являются базы данных разного типа (SQL и NoSQL), хранилища и озера данных, а средствами анализа — OLAP (On-Line Analytical Processing) средства, статистические математические алгоритмы, методы Data Mining и др. Особый класс задач — это анализ больших данных в реальном масштабе времени. Технологии четвертой страты придают новые системные свойства цифровым данным, полученным от инфраструктурных уровней, добавляя к ним новые метаданные, повышающие степень организации информационных ресурсов в целом.

Страта 5 объединяет технологии создания информационного пространства для координации рыночных взаимодействий производителей и потребителей товаров и услуг. Это технологии создания цифровых платформ, которые являются основными строительными блоками для цифровой экономики. Их главные свойства:

- открытые защищенные интерфейсы для информационного взаимодействия с внешним окружением;
- предоставление виртуальных площадок для коммуникации участников рынка;
- сохранение, распространение и обработка огромных объемов данных;
- предоставление услуг клиентам, распределенным на большой территории;
- облачный характер услуг (XaaS — все как сервис), предоставление услуг в реальном времени по первому требованию с оплатой за реальный объем потребления;
- основные активы — это новые инновационные разработки и бизнес-идеи;
- отход от субъект-объектной концепции, интеграция материальной (предметной) и управленческой деятельности при производстве, распределении, обмене и потреблении благ;
- полная автоматизация практически всех видов деятельности;
- принятие решений в масштабе всего предприятия-платформы и др.

Главное для платформенных технологий — это организация связей с внешним окружением, а не внутреннее устройство. Цифровые платформы являются распределенными информационными системами, управление которыми, в зависимости от метода структурирования данных на четвертой страте, может быть централизованным или децентрализованным. Технологии страты 6 призваны создать экосистему (партнерство), обеспечивающее взаимодействие цифровых платформ на базе «цифрового кодекса», научно-технологических стандартов и гарантий безопасности [3; 6].

По современным представлениям цифровая среда должна быть подобна экологическим системам, созданным природой. Структуры экосистемы, производящие требуемые товары и услуги, формируются информационными потоками, которые циркулируют между платформами и пользователями и получают новые свойства каждый раз при достижении ими тех или иных цифровых платформ. В основе лежит три технологических принципа, поддерживаемых пятью нижележащими уровнями — сетевым, открытости технологий и открытости данных.

На страте 7 располагаются технологии цифровых рынков в виде цифровых информационных систем, в которых посредники заменены на управляющее программное обеспечение. Критерии выбора рынков в России сформулированы в рамках государственной программы «Национальная технологическая инициатива»: рынок станет значимым и заметным в глобальном масштабе, его объем составит к 2035 г. более 100 млрд долл. На текущий момент рынка нет, либо на нем отсутствуют общепринятые/устоявшиеся технологические стандарты; рынок в первую очередь ориентирован на потребности людей как конечных потребителей (приоритет B2C над B2B); рынок будет представлять собой сеть, в которой посредники заменяются на управляющее программное обеспечение; рынок важен для России с точки зрения обеспечения базовых потребностей и безопасности; в России есть условия для достижения конкурентных преимуществ и занятия значимой доли рынка; в России есть технологические предприниматели с амбициями создать компании-лидеры на данном



высокотехнологичном новом рынке. В настоящее время разработаны или разрабатываются дорожные карты для развития более десяти цифровых рынков<sup>1</sup>.

## Обсуждение и результаты

Анализ экономической литературы по распространению термина «цифровой — digital» в описаниях публикаций EconLit по предметным областям JEL показывает, что более 80% публикаций рассматривают цифровую экономику как цифровизированные экономические отношения, позволяющие улучшить важные показатели экономической деятельности<sup>2</sup>. Так, например, Т. Н. Юдина ведет речь об увеличении числа коммерческих площадок, уменьшении размера компаний, кастомизированности, уменьшении числа посредников и издержек и предполагает, что для получения всех этих возможностей достаточно организовать информационное взаимодействие через интернет [12].

В упомянутой выше программе «Цифровая экономика России» и в соответствующем Плане мероприятий по направлению «Информационная инфраструктура» (утвержден Правительственной комиссией по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности, протокол от 18 декабря 2017 г. № 2), одним из базовых условий перехода к цифровой экономике выделяется создание информационной инфраструктуры, однако под инфраструктурой понимается лишь распространение интернета и развитие Единой сети электросвязи Российской Федерации. Конструктивную критику такого ограниченного подхода можно найти в [11].

В программе «Национальная технологическая инициатива» перечисляются сквозные технологии, необходимые для построения цифровых платформ. Это большие данные, искусственный интеллект, системы распределенного реестра, квантовые технологии, новые и портативные источники энергии, новые производственные технологии, сенсорика и компоненты робототехники, технологии беспроводной связи, технологии управления свойствами биологических объектов, нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности. При этом сквозные технологии перечислены как изолированные объекты, не связанные друг с другом, не проводится изучение их взаимозависимости на разных этапах жизненного цикла. Не делается оценка важности развития именно этих, а не других технологий, которые не упомянуты в документе, но также представляют тренд глобального технологического развития.

В отличие от этих подходов, в настоящей работе цифровая экономика исследуется как большая цифровая информационная система, объединяющая весь спектр технологий, необходимых для функционирования предприятий в новой цифровой среде. Это не только интернет, но и технологии построения реальных и виртуальных источников цифровых данных, систем и сетей сохранения, распространения и обработки данных, облачные, туманные и росистые вычисления, технологии создания структур и анализа данных, построения цифровых платформ и приложений, создания экосистемы цифровых платформ, цифровых рынков и моделей процессов деятельности. Особое значение при разработке архитектурной модели цифровой экономики и «интернета всего» занимают вопросы обеспечения глобальной безопасности (в том числе инфо- и когнитивной сферы), которая становится предметом нового научного направления — асфацефатроники [3; 6].

В работе представлены следующие научные результаты:

- произведен анализ свойств и признаков цифровой экономики, который, в отличие от известных, ставит во главу угла необходимость сохранения, распространения и обработки огромного объема цифровых данных, что позволяет рассматривать цифровую экономику как большую цифровую информационную систему;
- выявлены предпосылки для архитектурного описания цифровой экономики, в основе которых лежат ее системные, информационные и технологические особенности как большой цифровой информационной системы, что позволило установить необходимость и возможность стратифицированного описания процессов информационного взаимодействия ее компонент;
- разработана архитектура цифровой экономики в виде стратифицированной модели, отличающаяся от известных моделей иерархической упорядоченностью всех необходимых процедур и технологий, что позволило отобразить последовательное изменение исходных массивов данных и метаданных на этапах и фазах реализации процессов деятельности в рамках цифровой экономики.

<sup>1</sup> Государственная программа РФ «Национальная технологическая инициатива» [Электронный ресурс]. URL: <https://asi.ru/nti/> (дата обращения: 20.07.2018).

<sup>2</sup> Лычагин М.В., Лычагин А.М., Таратута В.П. Цифровой аспект в мировой экономической литературе [Электронный ресурс]. URL: <http://inecprom.spbstu.ru/files/inprom-2017/inprom-2017.pdf> (дата обращения: 20.07.2018).

Предлагаемая архитектура цифровой экономики является реальным инструментом, позволяющим предприятиям и организациям сформировать политику формирования фундаментальных технологических задач, которые необходимо решить для построения моделей деятельности в условиях расширения горизонта цифровой экономики.

## Литература

1. *Афанасьев Д. С., Колбанёв М. О., Цехановский В. В.* Физический уровень системы мониторинга аромобезопасности // XX Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2017) : сб. докладов в 2 т. Санкт-Петербург. 24–26 мая 2017 г. Т. 2. С. 297–300.
2. *Быстряков Д. С., Колбанёв М. О., Цехановский В. В.* Архитектура сетевидной системы мониторинга аромобезопасности жизненного пространства // XX Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2017) : сб. докладов в 2 т. Санкт-Петербург. 24–26 мая 2017 г. Т. 2. С. 293–296. [Электронный ресурс]. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7970677/?part=1> (дата обращения: 20.07.2018).
3. *Васильев Ю. С., Кефели И. Ф., Колбанёв М. О.* Антропоцен и глобальная безопасность: научный прогноз В. И. Вернадского // Материалы международной научно-практической конференции «В. И. Вернадский и перспективы развития российской науки» (к 155-летию со дня рождения В. И. Вернадского), Санкт-Петербург, 12–13 марта 2018 г. / СЗИУ РАНХиГС. СПб. : ИПЦ СЗИУ РАНХиГС, 2018. 244 с. С. 30–38.
4. *Верзун Н. А., Колбанёв М. О., Колбанёв А. М.* Энергетическая эффективность помехоустойчивого кодирования в беспроводных сетях интернета вещей // Приборостроение. 2017. № 2. С. 143–149. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28369861> (дата обращения: 20.07.2018).
5. *Верзун Н. А., Колбанёв М. О., Пойманова Е. Д.* Энергетические характеристики процесса долговременного хранения данных // Приборостроение. 2017. № 2. С. 158–164. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28369863> (дата обращения: 20.07.2018).
6. *Кефели И. Ф., Колбанёв М. О.* К вопросу о формировании теории глобальной безопасности // Геополитика и безопасность. 2017. № 4 (40). С. 15–21.
7. *Колбанёв А. М., Колбанёв М. О., Цехановский В. В.* Модели информационного взаимодействия. СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016.
8. *Колбанёв М. О., Татарникова Т. М.* Физические ресурсы информационных процессов и технологий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. Т. 14. № 6. С. 113–123.
9. *Кузнецов Н. А., Мухоморов Н. Л., Шрейдер Ю. А.* Информационное взаимодействие как объект научного исследования // Вопросы философии. 1999. № 1. С. 77–87.
10. *Месарович М., Мако Д., Такахара И.* Теория иерархических многоуровневых систем. М. : Мир, 1973.
11. *Шнеппс-Шнеппе М. А., Сухолин В. А., Намиот Д. Е.* О программе «Цифровая экономика Российской Федерации»: как создавать информационную инфраструктуру // International Journal of Open Information Technologies. 2018. Т. 6. № 3. С. 37–47.
12. *Юдина Т. Н.* Осмысление цифровой экономики. Теоретическая экономика. 2016. № 3. С. 12–16.
13. *Kelly K.* New Rules for the New Economy. Ten Radical Strategies for a Connected World. N.Y., 1998.
14. *Weinberger D.* The Problem with the Data-Information-Knowledge-Wisdom Hierarchy // Harvard Business Review. 2010.

### Об авторах:

**Кефели Игорь Федорович**, доктор философских наук, профессор, директор Центра геополитической экспертизы Северо-Западного института управления РАНХиГС (Санкт-Петербург, Российская Федерация), эксперт РАН; [geokefeli@mail.ru](mailto:geokefeli@mail.ru)

**Колбанёв Михаил Олегович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного экономического университета (Санкт-Петербург, Российская Федерация); [mokolbanev@mail.ru](mailto:mokolbanev@mail.ru)

**Шамин Алексей Анатольевич**, кандидат экономических наук, доцент, декан факультета информационных технологий и систем связи Нижегородского государственного инженерно-экономического университета (Нижний Новгород, Российская Федерация); [ngiei-spo@mail.ru](mailto:ngiei-spo@mail.ru)

### About the authors:

**Igor F. Kefeli**, Doctor of philosophical Sciences, Professor, honoured worker of higher school of the Russian Federation, Director of the Center for geopolitical expertise of North-West Institute of Management (RANEP), first Vice President of the Academy of geopolitical problems, an expert RAS; [geokefeli@mail.ru](mailto:geokefeli@mail.ru)

**Mikhail O. Kolbanjov**, Doctor of technical sciences, Professor, Department of applied information technologies, Saint-Petersburg State Economic University; [mokolbanev@mail.ru](mailto:mokolbanev@mail.ru)

**Alexey A. Shamin**, candidate of technical sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty «information technology and communication systems», Nizhny Novgorod Engineering-economic State University; [ngiei-spo@mail.ru](mailto:ngiei-spo@mail.ru)