

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2404-022X-2020-10-1-36-54  
УДК 338.12.017(045)  
JEL A12, L63, O14, O31

## Цифровизация экономики в контексте волнообразного характера инновационного развития

Р.М. Нуреев<sup>а</sup>, О.В. Карапаев<sup>б</sup>

<sup>а, б</sup> Финансовый университет, Москва, Россия;

<sup>а</sup> НИУ ВШЭ, Москва, Россия;

Институт экономики РАН, Москва, Россия

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1407-2657>; <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4382-1883>

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена рассмотрению подходов к исследованию периодичности инновационного развития и некоторых аспектов происходящей цифровизации экономики. Методология исследования основана на теории инноваций и эволюционной теории экономической динамики. Исследование выполнено с применением сравнительного анализа, абдуктивного и индуктивного методов. По результатам определен перечень технологий Индустрии 4.0 на основе их влияния на ключевой фактор цифровой экономики – цифровые данные. Приводятся примеры реализации концепции созидательного разрушения Й.А. Шумпетера посредством интегрирования технологий, составляющих основу цифровизации экономики. При рассмотрении инновационного контекста цифровизации показывается взаимосвязь подчинения общим закономерностям смены технологических этапов в экономике и прямого естественного отбора в биологии. На основе проведенного исследования рекомендуется приоритизировать развитие и/или внедрение третьего компонента цифровой экономики, передовых технологий в соответствии с их представленными функциями. Практическая значимость исследования для государственных органов, коммерческих и международных организаций заключается в возможности построения стратегических и тактических планов цифрового развития и отслеживания и учета результатов цифровизации в разрезах технологий, относящихся к каждому из четырех этапов процесса извлечения ценности из цифровых данных.

**Ключевые слова:** цифровая экономика; цифровизация; Индустрия 4.0; четвертая промышленная революция; эволюционная теория; инновации; технологические уклады

**Для цитирования:** Нуреев Р.М., Карапаев О.В. Цифровизация экономики в контексте волнообразного характера инновационного развития. *Управленческие науки = Management Sciences in Russia*. 2020;10(1):36-54. DOI: 10.26794/2404-022X-2020-10-1-36-54

ORIGINAL PAPER

## Economy Digitalization under the Wave Nature of Innovation Development

R.M. Nureev<sup>а</sup>, O.V. Karapaev<sup>б</sup>

<sup>а, б</sup> Financial University, Moscow, Russia;

<sup>а</sup> NRU HSE, Moscow, Russia;

RAS, Moscow, Russia

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1407-2657>; <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4382-1883>

### ABSTRACT

The paper is devoted to the consideration of approaches to the study of innovative development frequency and some aspects of the ongoing economy digitalization. The research methodology is based on the innovation theory and the

© Нуреев Р.М., Карапаев О.В., 2020

evolutionary theory of economic change. The study was performed using comparative analysis, abductive and inductive methods. The authors proposed to determine the list of technologies of Industry 4.0 based on their influence on the development of the digital economy key factor – digital data. The realization examples of the J.A. Schumpeter's creative destruction concept by mean of technologies integration that are the basis of the economy digitalization are stated. During the consideration of the innovative context of the economy digitalization, the interrelation of the general patterns of development between the nature of the changes in technological stages in economy and direct natural selection of biological creatures is shown. Having based on the study authors recommend to prioritize the development and / or implementation of the third component of the digital economy, advanced digital technologies, in conformity with the functions they allow to perform extracting the value from digital data. The study may be of interest to government agencies, commercial and international organizations. The practical significance of the study for government agencies, commercial and international organizations consists of the possibility of building strategic and tactical plans for digital development and recording the digitalization results in the context of technologies related to each of the four stages of extracting value from digital data.

**Keywords:** digital economy; digitalization; Industry 4.0; fourth industrial revolution; evolutionary theory; innovation; technological paradigm

**For citation:** Nureev R.M., Karapaev O.V. Economy digitalization under the wave nature of innovation development. *Upravlencheskie nauki = Management Sciences in Russia*. 2020;10(1):36-54. (In Russ.). DOI: 10.26794/2404-022X-2020-10-1-36-54

## Введение

Современные тенденции к цифровизации экономических и социальных процессов представляют собой градуальный переход к применению возникших естественным эволюционным путем технологий, направленных на более эффективное решение существовавших ранее задач. Общество сталкивается с проблематикой распространения стремительно растущего многообразия нововведений, тем самым являясь одновременно ключевым актором и предметом изучения теории инноваций. Другими словами, текущая цифровизация экономики представляет собой современный этап инновационной диффузии [1]. В свою очередь, специалисты Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Евростата формулируют понимание цифровизации и как инновационный процесс, и как ключевой фактор, стимулирующий инновации<sup>1</sup>. Принимая данную предпосылку, представляется обоснованным кратко осветить фундаментальные положения, состояние и развитие относящихся к предмету аспектов теории инноваций.

## Инновационный контекст технологических изменений

Начало научного изучения инноваций принято ассоциировать с именем Й. А. Шумпетера,

сформировавшего основы инновационной теории. Суть шумпетерианского инновационного процесса заключается в осуществлении нового комбинирования уже имевшихся ресурсов: физических объектов и природных сил. Искомое комбинирование является функцией центральной фигуры теории — *предпринимателя*, наряду с которым также обособленно существуют *капиталист*, чья задача сводится к предоставлению необходимых средств, *менеджер*, выполняющий управленческие рутинные работы, и *изобретатель*, деятельность которого реализуется самим *предпринимателем* в одном или нескольких из пяти направлений:

- а) улучшение текущего продукта или создание нового;
- б) модернизация производственного процесса;
- в) использование других ресурсов;
- г) выход на новые рынки сбыта;
- д) преобразование организационного процесса [2, с. 132–133].

Ресурсы сами по себе являются важным элементом инновационного процесса и связаны с введенным введенного Й. А. Шумпетером понятием «созидательного разрушения» [2, с. 459–463]. Его суть заключается в том, что предприятия, внедрившие новейшие технологии, начинают вести свою деятельность более эффективно и тем самым вынуждают конкурентов либо использовать аналогичные нововведения, либо, при отсутствии соответствующих возможностей, сталкиваться с недостаточным уровнем выручки для покрытия

<sup>1</sup> Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and using data on innovation. 4th ed. The Measurement of scientific, technological and innovation activities. Paris: OECD Publishing. Luxembourg: Eurostat; 2018.

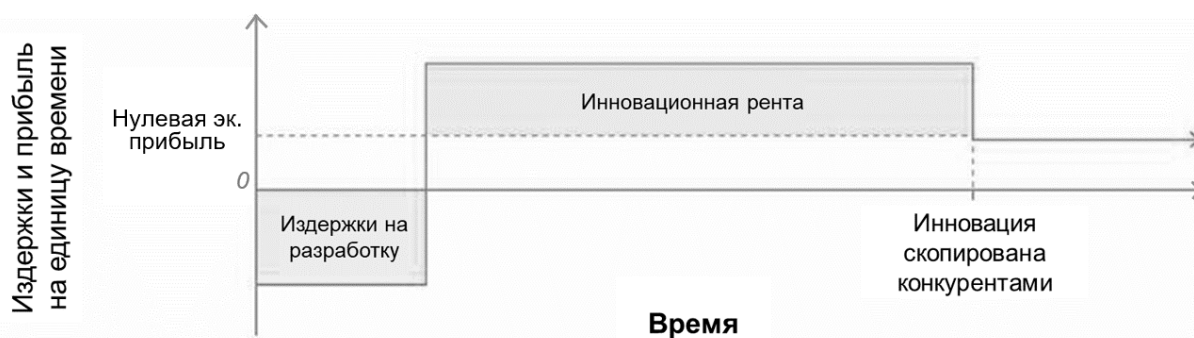


Рис. 1 / Fig. 1. Инновационная рента и издержки / Innovative rent and costs

Источник / Source: составлено авторами на основе The Core Team, The Economy. URL: <https://core-econ.org/the-economy/index.html> (дата обращения 23.12.2019) / compiled by the authors based on The Core Team, The Economy. URL: <https://core-econ.org/the-economy/index.html> (accessed on 23.12.2019).

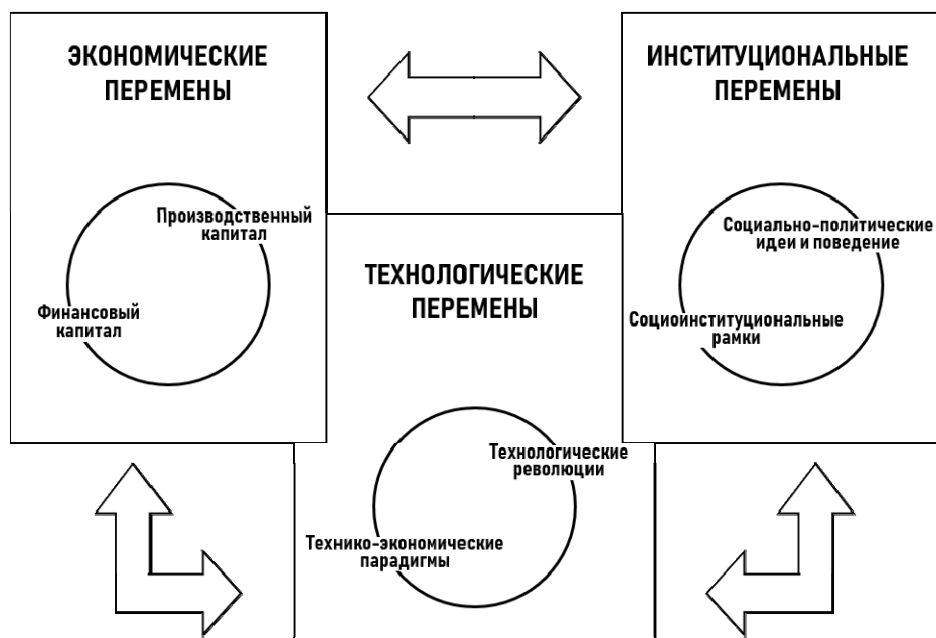


Рис. 2 / Fig. 2. Три сферы становления новой технологической парадигмы / Three areas of a new technological paradigm development

Источник / Source: составлено авторами на основе [4, с. 201] / compiled by the authors based on [4, p. 201].

прежнего уровня издержек, что в конечном итоге приводит к уходу с рынка посредством банкротства с последующим высвобождением задействованных ими ранее ресурсов.

Таким образом, в теории инноваций возникает экономический аспект: как оказалось, одних технологических возможностей недостаточно для повсеместного распространения и использования новых достижений даже с учетом того, что они ведут к увеличению маржинальности. Одной из причин данного явления служит процесс возникновения и исчезновения инновационной ренты,

так же известной как шumpетерианская рента [3]. На рис. 1 схематично изображен общий случай коммерческой целесообразности внедрения инноваций.

На первом этапе предприятие сталкивается с определенным уровнем издержек, сопряженным с разработкой и/или перестройкой прежней практики ведения деятельности. Далее, после успешного внедрения, начинается период извлечения экономической прибыли (с учетом альтернативной стоимости капитала) за счет, как уже было сказано, сократившихся издержек и увеличившейся мар-



Рис. 3 / Fig. 3. Классификация приемников инноваций / Classification of innovation adopters

Источник / Source: составлено авторами на основе [5, с. 247] / compiled by the authors based on [5, p. 247].

жинальности. Это длится до тех пор, пока конкуренты не отреагируют соответствующим образом, уравнивая тем самым степень доходности в отрасли.

Однако инновационный процесс все еще не ограничивается технологическим и экономическим аспектами. Й.А. Шумпетер по этому поводу писал: «В том, что тот или иной факт характеризуется как экономический, уже заключается абстракция — первая среди многих, навязанных нам технической необходимостью мысленного отображения действительности. Тот или иной факт никогда не является, если брать в расчет его глубинные причины, исключительно или „чисто“ экономическим; постоянно существуют и другие, часто более важные его стороны» [2, с. 47].

Так, в 1979 г. нобелевский лауреат С. Кузнец представил результаты своей работы, в которой продемонстрировал что теории инноваций также присущ и социологический аспект. В соответствии с его пониманием, реализации технологического потенциала должны сопутствовать преобразования в идеологии общества, а также в сложившихся институтах [4]. Его идеи нашли свое развитие в трудах К. Перес, выделяющей три сферы становления новой технологической парадигмы<sup>2</sup>, изображенные на рис. 2.

Институциональную составляющую автор описывает следующим образом: «Институциональная сфера — вместилище политиков, идеологии и общих ментальных схем общества в каждый период. Она также представляет собой целую сеть норм, законов, регуляций, надзорных единиц и всей

структуры, отвечающей за общественное управление. Будучи олицетворением общества, она в некотором смысле пересекается с двумя другими сферами. Люди, участвующие в технологических и экономических изменениях, переносят „здоровый смысл“ каждой новой парадигмы и на другие сферы своей деятельности» [4].

Инновация может быть хороша сама по себе, но, тем не менее, ее широкого распространения может не происходить. Мы также не можем до конца знать, какие инновации могли бы применяться в обществе сегодня, так как некоторые из них оказались неэффективными в отношении собственной диффузии.

Как правило, новые комбинации (или воплощающие их фирмы, промышленные предприятия и т.п.) вначале не просто вытесняют старые, а сосуществуют наряду с ними. Известен, к примеру, продолжительный период, во время которого автомобили делили пространство на дорогах вместе с лошадиными упряжками. Это обыкновенная практика процесса инновационной диффузии, к описанию которой одним из первых подошел американский социолог Э. Роджерс. В опубликованной в 1962 г. книге «Инновационная диффузия» он разделил общество, сталкивающееся с распространением новой технологии на пять категорий, изображенных на рис. 3. В целом функция распределения имеет приближенный к нормальному вид, а для запуска самого процесса диффузии необходима критическая масса новаторов, которую автор определяет в размере 2,5%.

Далее Э. Роджерс выделяет пять факторов, влияющих на то, насколько успешно инновация будет принята обществом:

<sup>2</sup> Сама концепция технологических парадигм рассматривается во втором разделе данной статьи.

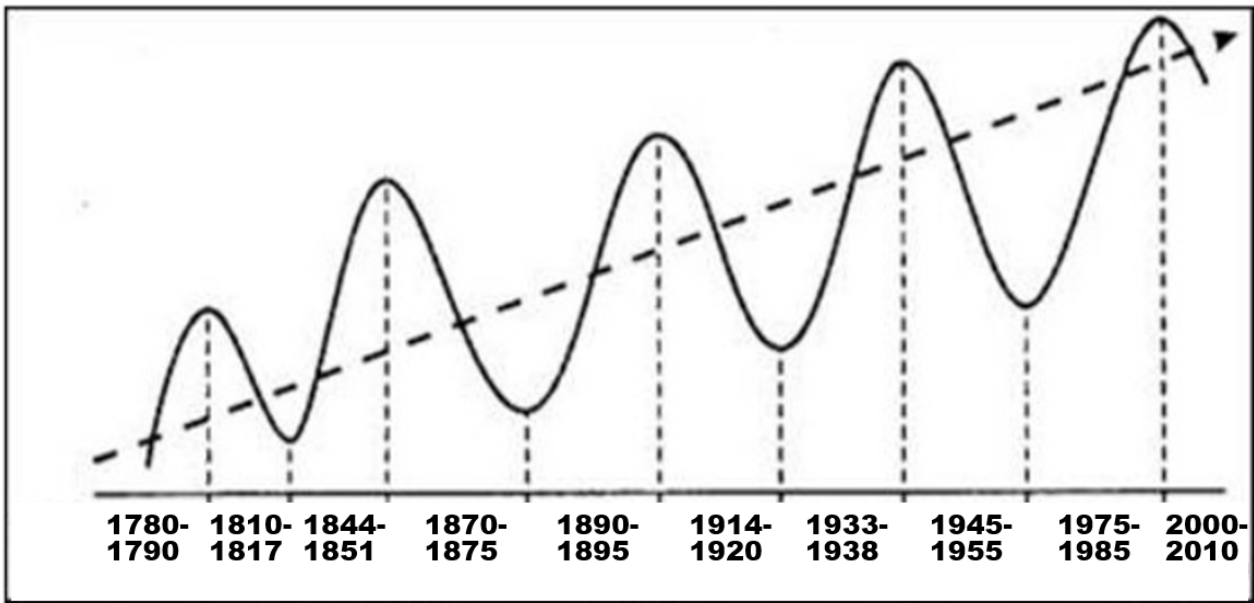


Рис. 4 / Fig. 4. Волнообразный характер циклов конъюнктуры Н.Д. Кондратьева /  
The wave nature of Kondratiev's business cycles

Источник / Source: составлено авторами на основе [6] / compiled by the authors based on [6].

1) относительное преимущество — восприятие инновации как лучшей идеи, программы или продукта, который она заменяет;

2) совместимость — соответствие инновации ценностям, опыту и потребностям потенциальных пользователей;

3) сложность — уровень усилий, необходимый для того, чтобы понять и/или использовать нововведение;

4) тестируемость — возможность инновации быть испытанной или опробованной до полного перехода к ее применению;

5) наблюдаемость — осязаемость результатов инновации.

На данном этапе следует отметить, что адаптация новых технологий представляет собой многогранный процесс, включающий в себя помимо технологического экономического и институциональный аспекты.

### Цифровизация экономики и волнообразный характер смены технологических эпох

К вопросу распространения и адаптации инновационных идей существует множество подходов. На пороге новой эпохи всегда возникает вопрос о том, как сократить время переходного периода и начать повсеместно пользоваться благами но-

вейших достижений человечества. С определенной степенью условности, предпосылками становления инновационной теории можно считать труды Н. Д. Кондратьева, выдвинувшего теорию больших циклов конъюнктуры, согласно которой динамика экономической активности подвержена волновым колебаниям, вызванным нарастающими друг на друге техническими достижениями. Каждая волна имеет повышательную и понижательную фазы. Как следствие, каждому этапу подъема в экономике должна предшествовать стадия депрессии или замедления. Схематично концепция больших циклов представлена на рис. 4.

Согласно некоторым исследователям, текущая экономическая действительность находится на завершающем этапе пятой рецессивной стадии, предшествующей наступлению новой технологической эпохи — цифровой экономики, которую также иногда называют «Индустрией 4.0». Данное отождествление не в полной мере корректно ввиду того, что «Индустрия 4.0» охватывает только одну категорию экономических агентов — бизнес, в то время как преобразования цифровизации экономики охватывают в том числе государственные органы и домохозяйства [1]. С одной стороны, рецессивная фаза означает, что процесс цифровизации имеет соответ-



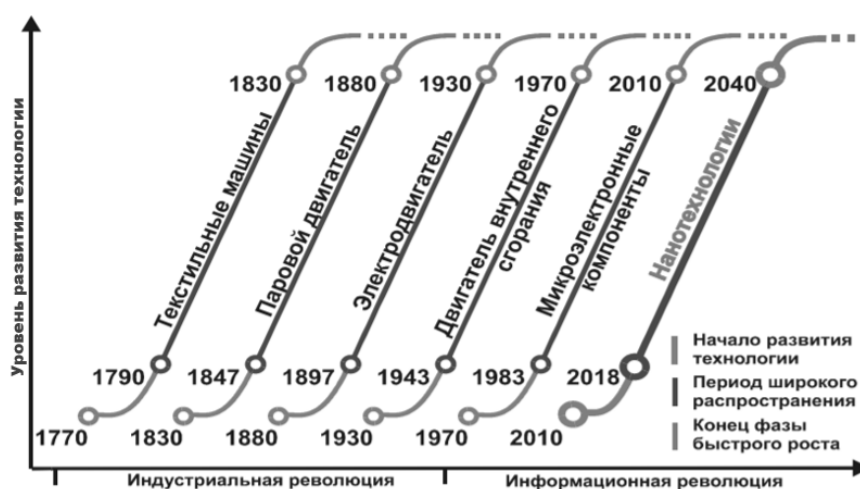


Рис. 5 / Fig. 5. Технологические уклады по С. Глазьеву / Technological paradigms according to S. Glazyev

Источник / Source: составлено авторами на основе [7] / compiled by the authors based on [7].

Таблица 1 / Table 1

**Хронология установления рекордов скорости на одномоторных винтовых самолетах / Timeline of speed records on single-engine propeller aircrafts**

Наименование / Name	Год / Year	Скорость, миль/ч / Speed, mph	Абсолютное изменение скорости / Absolute speed change	Изменение скорости, % / Change in speed, %	Количество лет с прошлого рекорда / Number of years since last record
Самолет братьев Райт / Wright brothers airplane	1903	35	-	-	-
Рекорд Годона Беннета / Godon Bennett's record	1910	60	25	71	7
Supermarine Sea Lion	1922	145,7	85,7	143	12
Curtiss R3C-2	1925	232,6	86,9	60	3
Macchi MC72	1934	423,8	191,2	82	9
Heinkel H100V8	1939	463,9	40,1	9	5
Hawker Sea Fury	1966	520	56,1	12	27
Grumman F8F Beocat	1989	528,7	8,7	2	23

Источник / Source: составлено авторами на основе [9, с. 16] / compiled by the authors based on [9, p. 16].

вующую точку отсчета для своего становления, а с другой, как замечал один из последователей трудов Н. Д. Кондратьева, каждый бизнес-цикл является уникальным, ввиду уникальности как его технологических основ, так и исторического контекста.

Позднее рядом отечественных ученых была сформирована школа, модифицировавшая идеи Н. Д. Кондратьева и предложившая концепцию

технологических укладов, согласно которой каждому циклу конъюнктуры предшествует взаимосвязанная технологическая совокупность. На рис. 5 продемонстрирован основной тезис, в соответствии с которым она включает в себя ядро и сопутствующие технологии, которые являются временным драйвером экономического развития, ключевая роль которого каждый раз переходит к вновь сложившемуся укладу [8].

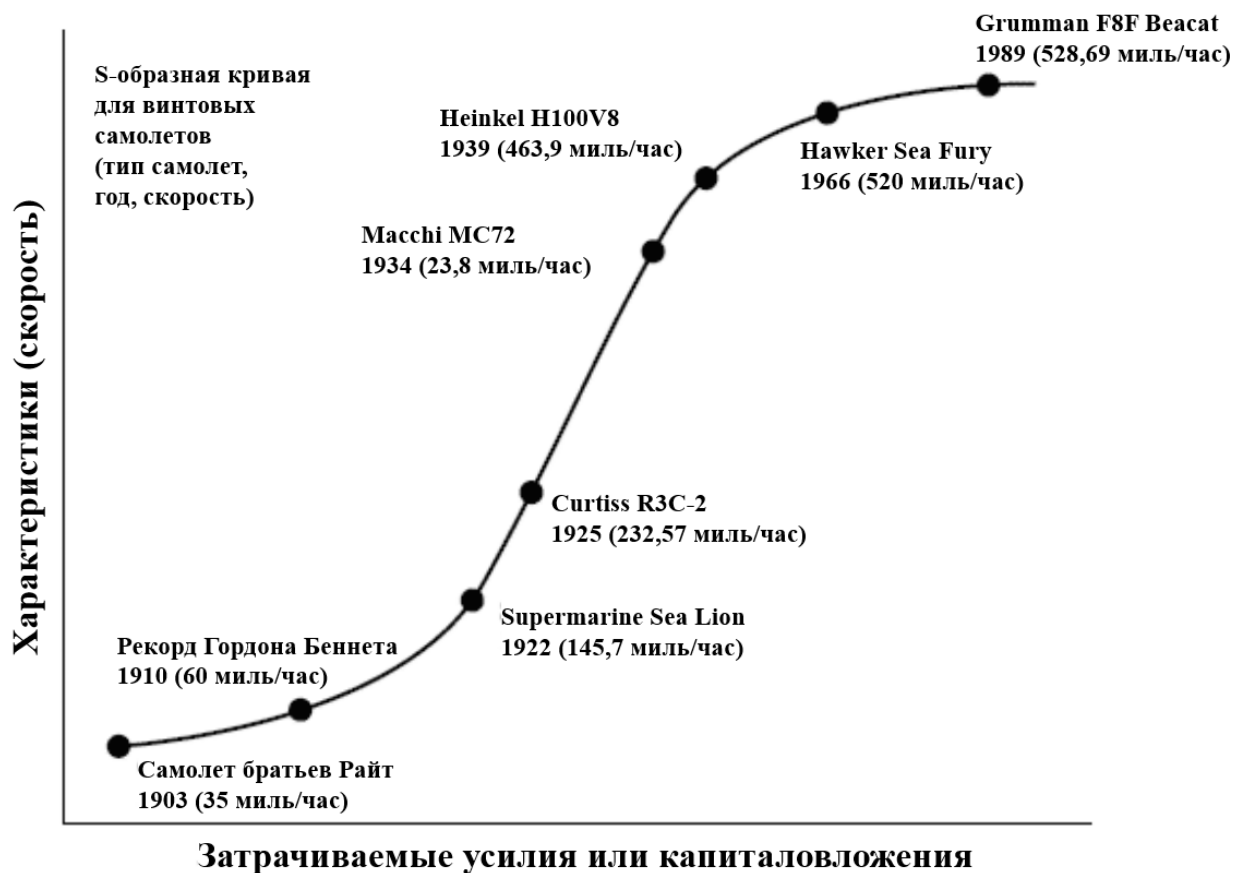


Рис. 6 / Fig. 6. S-кривая рекордов скорости одномоторных винтовых самолетов / S-curve of speed records of a single-engine propeller aircraft

Источник / Source: составлено авторами на основе [9, с. 17] / compiled by the authors based on [9, p. 17].

Исходя из данной концепции, общество находится на пороге шестого технологического уклада, основой которого будут являться нанотехнологии [7]. Таким образом, технологическое развитие общества представляет собой волнообразные этапы или стадии, начало каждого из которых является завершением предыдущего.

К выводам подобного характера, но относительно каждого технологического направления в 1986 г. пришел Р. Фостер. Среди его идей о S-образных кривых и разрывах между ними можно выделить аналогичные три фазы жизненного цикла каждой успешной технологии:

- 1) медленное становление;
- 2) активное развитие;
- 3) постепенное угасание.

К концу завершения третьей фазы с определенной задержкой возникает новое технологическое решение, развитие которого графически имеет тот же вид.

Существуют различные примеры, среди которых известна история рекордов скорости (основного показателя развития) одномоторных винтовых самолетов. В табл. 1 представлена хронология установления новых рекордов при их эксплуатации. Резкий скачок в скорости самолетов начинался с периода постепенной подготовки и завершился исчерпанием своего потенциала.

По приведенным данным Л. Фостер строит S-образную кривую, представленную на рис. 6.

Далее отмечается возникновение самолетов на реактивной тяге, описывающееся аналогичным характером развития. Таким образом, в полном виде концепция находит свое отражение на рис. 7.

На данном этапе следует вернуться к трудам К. Перес, также понимающей технологическое развитие в схожей манере. Распространение применения новых технологий она рассматривает в контексте становления новой технологической парадигмы в обществе. При этом необходимым



Рис. 7 / Fig. 7. Парное появление S-образных кривых / Pairwise appearance of S-curves

Источник / Source: составлено авторами на основе [10, с. 62] / complied by the authors based on [10, p. 62].

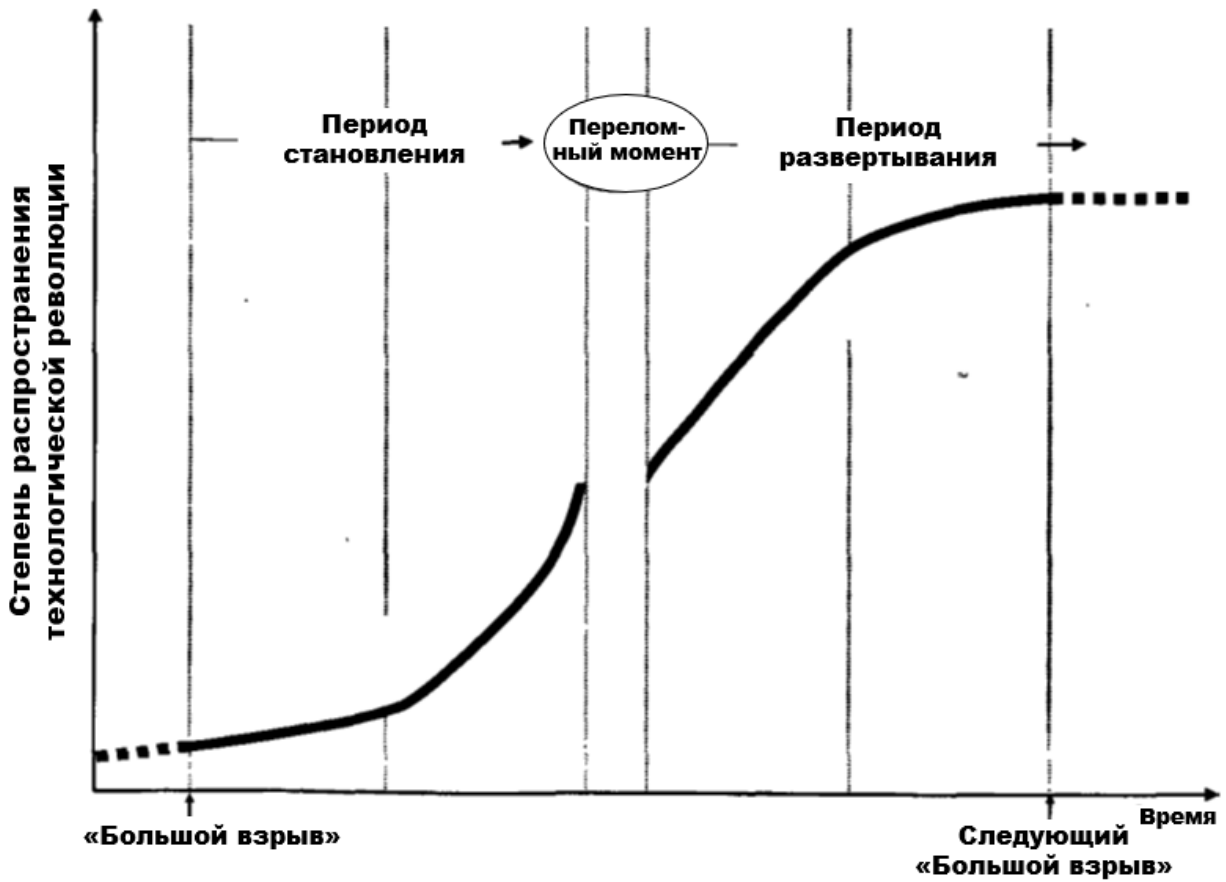


Рис. 8 / Fig. 8. Два периода технологической волны / Two periods of technological wave

Источник / Source: составлено авторами на основе [4, с. 65] / complied by the authors based on [4, p. 65].





Рис. 9 / Fig. 9. Технологическая парадигма и ее фазы / Technological paradigm and its phases

Примечание:

Фаза 1. Бурный рост и распространение инноваций в новых отраслях / Phase 1. Rapid growth and diffusion of innovations in new industries.

Фаза 2. Стремительное распространение новых технологий, сопровождаемое расцветом новых отраслей, технологических систем и массовых инвестиций / Phase 2. The rapid spread of new technologies, accompanied by the flowering of new industries, technological systems and massive investments.

Фаза 3. Продолжение второй фазы, характеризуемое полным распространением новой технологической парадигмы / Phase 3. The continuation of the second phase, characterized by the full spread of the new technological paradigm.

Фаза 4. Стадия зрелости, постепенное исчерпание потенциала технологической революции / Phase 4. The stage of maturity, the gradual exhaustion of the technological revolution potential.

Источник / Source: составлено авторами на основе [4, с. 57] / compiled by the authors based on [4, p. 57].

условием является «старение» текущего экономического уклада, также заключающиеся в исчерпании потенциала роста эффективности. К моменту завершения данного процесса в обществе начинает активизироваться предпринимательство, направленное на внедрение назревавших нововведений, динамично стимулируемое финансовым капиталом, с одной стороны, и институциональными преобразованиями — с другой. Описанный процесс предлагается разделять на два стадии: период становления и период развертывания, представленные на рис. 8.

В общем виде технологическая парадигма после периода вынашивания имеет четыре фазы, представленные на рис. 9.

Однако «не все инновации связаны с цифровизацией, но вся цифровизация реализуется через инновации<sup>3</sup>». Под реализацией цифровизации через инновации понимается внедрение и последующее использование цифровых технологий. Но «цифровые технологии» — это обширное понятие, к нему можно отнести множество способов решения различных задач с использованием данных в цифровой форме, которые в совокупности должны сформировать новый технологический уклад или парадигму.

<sup>3</sup> Двас Г.В. (2018) Цифровизация в региональной экономике (статистические аспекты). URL: <https://www.gks.ru/publish/conf0918/dvas.pdf> (дата обращения: 23.12.2019).

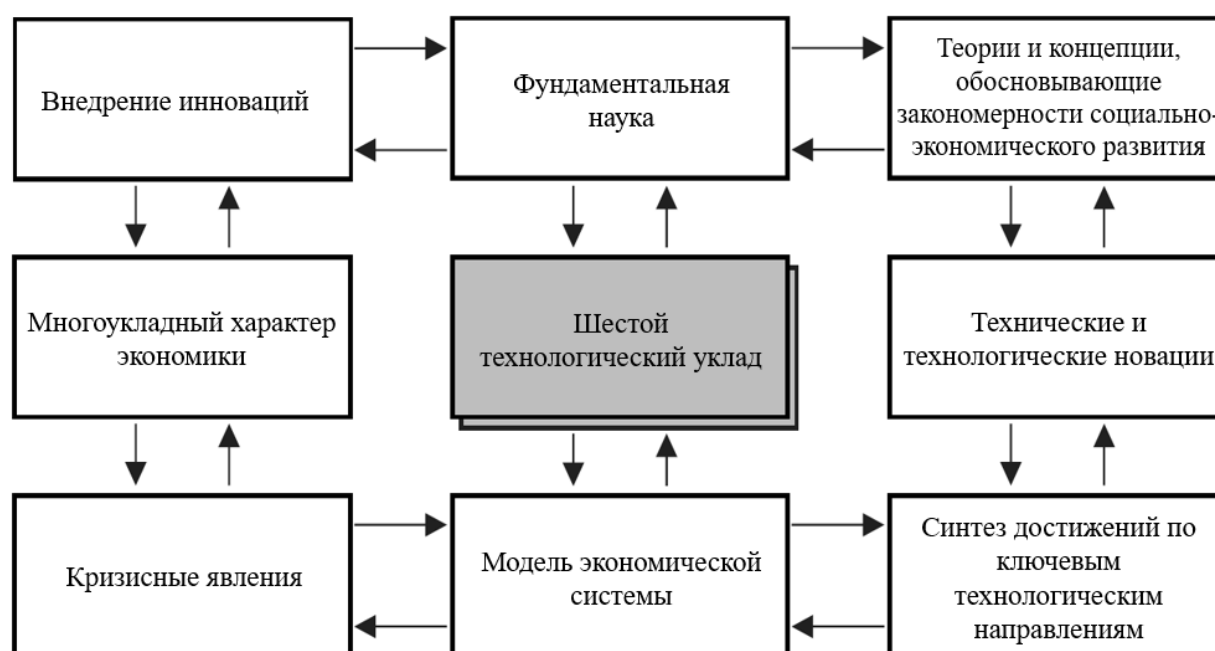


Рис. 10 / Fig. 10. Ключевые аспекты перехода к шестому технологическому укладу / Key aspects to the sixth technological paradigm transition

Источник / Source: составлено авторами на основе [11] / compiled by the authors based on [11].

На практике повсеместное применение технологий нового уклада еще не означает полного перехода к нему, более того, экономика отдельно взятой страны никогда не находится в рамках одного технологического уклада [12]. Российская экономика, например, функционирует на ~10% производительных сил второго технологического уклада, ~30% третьего, ~50% четвертого и ~10% пятого<sup>4</sup>. Базисом для перехода на шестой уклад является синтез фундаментальной науки с изменениями в экономической системе, которые должны повлечь за собой сопутствующие преобразования, представленные на рис. 10.

На сегодняшний день, с определенной долей условности, можно утверждать, что под технологиями шестого технологического уклада понимают то же, что и под Индустрией 4.0. Однако здесь тоже существуют разные подходы. В табл. 2 представлено понимание ключевых технологий Индустрии 4.0 представителей бизнеса (BCG — 2015 г.), государственных органов (Правительство РФ — 2017 г.)

<sup>4</sup> Паршин М.А., Круглов Д.А. Переход России к шестому технологическому укладу: возможности и риски. Современные научные исследования и инновации. 2014;5(Ч. 2). URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/33059> (дата обращения: 23.12.2019).

и международных организаций (Всемирный Банк в лице К. Шваба — 2016 г.).

В табл. 2 видно, что, несмотря на перекрестные сходства между предлагаемыми перечнями, некоторые из технологических кластеров могут существенно отличаться. Технологии в каждом примере перечисляются списком, без выделения определяющего критерия.

Каждый из трех подходов к определению перечня технологий Индустрии 4.0 своеобразен. Наиболее приближенные к реально происходящим процессам представители BCG фокусируются на тех инновациях, примеры которых уже можно было считать относительно распространенными на момент публикации (2015 г.) [14]. В предлагаемом материале содержится множество примеров внедрения технологий в основном предприятиями Германии как «мирового лидера в промышленной автоматизации»<sup>5</sup>. Термином «Индустрия 4.0» была также названа немецкая государственная инициатива по цифровизации промышленных предпри-

<sup>5</sup> Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P., Harnish M. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group. 2015.

Таблица 2 / Table 2

**Подходы к определению технологий Индустрии 4.0 и цифровой экономики /  
Approaches to determine Industry 4.0 and digital economy technologies**

№	BCG (бизнес) / BCG (business)	Правительство РФ (государственный орган) / Government of the Russian Federation (state unit)	К. Шваб (международная организация) / C. Schwab (international company)
1	Большие данные и их анализ / Big data and its analysis	Большие данные / Big data	Новые вычислительные технологии / New Computing Technologies
2	Горизонтальная и вертикальная интеграция систем / Horizontal and vertical system integration	Нейротехнологии и искусственный интеллект / Neurotechnology and Artificial Intelligence	Блокчейн и технологии распределенного реестра / Blockchain and distributed registry technology
3	Математическое моделирование / Mathematical modeling	Системы распределенного реестра / Distributed Registry Systems	Интернет вещей / Internet of things
4	Автономные роботы / Autonomous robots	Квантовые технологии / Quantum technology	Искусственный интеллект и роботы / Artificial Intelligence and Robots
5	Промышленный интернет вещей / Industrial Internet of Things	Новые производственные технологии / New manufacturing technologies	Передовые материалы / Advanced materials
6	Кибербезопасность / Cybersecurity	Промышленный интернет / Industrial Internet	Аддитивное производство и многомерная печать / Additive manufacturing and multidimensional printing
7	Облачные решения / Cloud solutions	Компоненты робототехники и сенсора / Robotics and sensor components	Биотехнологии / Biotechnology
8	Аддитивные методы производства / Additive methods of production	Технологии беспроводной связи / Wireless technology	Нейротехнологии / Neurotechnology
9	Дополненная реальность / Augmented Reality	Технологии виртуальной и дополненной реальностей / Technologies of the virtual and augmented realities	Виртуальная и дополненная реальности / Virtual and Augmented Reality
10			Получение, накопление и передача энергии / Receiving, accumulation and transfer of energy
11			Геоинженерия / Geoengineering
12			Космические технологии / Space technology

*Источник / Source:* составлено авторами на основе Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. URL: [http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives\\_Industry.4.0\\_2015.pdf](http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf) (дата обращения 23.12.2019); распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 1632-р «Об утверждении программы „Цифровая экономика Российской Федерации”». URL: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm> (дата обращения 23.12.2019); [13] / compiled by the authors based on Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. URL: [http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives\\_Industry.4.0\\_2015.pdf](http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf) (accessed on 23.12.2019); Order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 no. 1632-p “About Approval of the Program “Digital Economy of the Russian Federation” URL: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm> (accessed on 23.12.2019); [13].

ятий [15]. Подход VCG больше ориентирован на текущие практические реалии, потенциальный компонент в нем имеет второстепенное значение. Об этом можно судить, например, по отсутствию в списке квантовых технологий.

Несколько иначе обстоит дело с определением перечня технологий «цифровой экономики» у российской исполнительной власти. В списке, составленном Правительством также большое значение имеют инновации, некоторое внедрение которых можно видеть уже сегодня, однако в целом подход более ориентирован в будущее, хотя и не столь отдаленное — опубликованные в конце 2019 г. дорожные карты развития предполагают достижение существенных результатов уже в 2024 г.

Наиболее оптимистичный взгляд на технологии Индустрии 4.0 можно наблюдать у К. Шваба, относящего к своему перечню добычу ресурсов из космоса, искусственное изменение климата, преобразование человеческого генома и т.д. Имея более консервативный взгляд на происходящие события, считаем, что не все перечисленное имеет достаточно сформировавшиеся условия для реализации своего потенциала именно в рамках четвертой промышленной (по характеру скорее научно-технической [1]) революции, и в целом к определению соответствующий технологий можно подойти несколько иначе.

Принимая во внимание как минимум широко распространенный, а скорее общепризнанный, тезис о том, что в основе Индустрии 4.0, четвертой промышленной революции и цифровой экономики в целом лежат данные в цифровой форме (наравне с энергией пара первой промышленной революции, конвейерным производством второй и вычислительной скоростью полупроводников третьей), их стремительно растущая роль как актива и новые способы их применения, поддерживаем точку зрения, что именно их следует считать новым источником ценности. Как следствие, считаем, что перечень технологий Индустрии 4.0 должен формироваться таким образом, чтобы быть направленным на процесс извлечения этой ценности посредством технологических инноваций в каждой из осуществляемых в отношении цифровых данных операций, к которым относятся: сбор, передача, хранение и обработка. Также следует обозначить тот факт, что мы фокусируемся именно на преобразованиях промышленных предприятий, оставив в стороне те технологии, которые в основ-

ном относятся к домохозяйствам, государству, их взаимоотношениям и т.п.

Всего у процесса четыре стадии.

**Сбор.** Сбор и создание данных, осуществляемые как посредством аккумулирования изначально цифровой информации, так и путем преобразования аналоговых данных в цифровые с помощью специальных датчиков, являются частью технологий промышленного интернета вещей. Здесь стоит отметить, что сам по себе сбор тех или иных показателей датчиками на предприятиях начался более 15 лет назад, и то стремительное развитие, которое можно наблюдать сегодня, является следствием существенного снижения цен на необходимые для него компоненты<sup>6</sup>.

**Передача.** Повышение эффективности передачи существующих данных на объекты их хранения и обработки достигается за счет увеличения скорости телекоммуникаций. Наиболее существенным критерием здесь является пропускная способность, и в связи с этим к этой стадии относятся развитие пятого поколения интернет-связи (5G) и квантовая передача данных.

**Хранение.** Технологические инновации в отношении хранения данных на сегодняшний день представлены системами распределенного реестра, суть которых в основном заключается в децентрализации управления. Существенным драйвером развития здесь выступают потенциальные возможности решения институциональных аспектов осуществления транзакций<sup>7</sup>.

**Обработка.** Финальная стадия, на которой рождается ценность данных, заключается в их обработке и анализе, к ней относятся соответствующие технологии — большие данные и их анализ, обработка посредством искусственного интеллекта (за счет машинного обучения) и квантовые вычисления, носящие несколько своеобразный характер, ввиду особенностей функционирования квантовых систем при температуре, близкой к абсолютному нулю [16].

<sup>6</sup> Martin C., Leurent H. Technology and innovation for the future of production: Accelerating value creation. WEF White Paper. 2017. URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_White\\_Paper\\_Technology\\_Innovation\\_Future\\_of\\_Production\\_2017.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf) (дата обращения: 23.12.19).

<sup>7</sup> Индикаторы цифровой экономики: 2019: статистический сборник. Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ; 2019. 248 с.

Существенное значение имеют и инженерные совершенствования базовых элементов предполагаемого к использованию оборудования, таких как полупроводники, датчики и др., а также поиск решений и развитие используемых в оборудовании материалов. Известно, что потенциал уменьшения расстояния между компонентами кремниевых проводников почти исчерпал себя, обозначив конец функционирования Закона Мура<sup>8</sup>, и на данный момент осуществляется поиск его аналогов, таких как графен или арсенид галлия (галлия-индия). Тем не менее развитие оборудования в отношении приведенного перечня имеет в большей степени косвенное влияние и в связи с этим остается вне списка. То же следует сказать и про технологии аддитивного производства, робототехники и виртуальной и дополненной реальностей. Графически сформулированные технологии Индустрии 4.0 представлены на рис. 11.

На рис. 11 видно, что процесс носит циклический характер. Это происходит ввиду того, что результаты обработки информации также могут и используются для совершенствования технологий сбора и преобразования данных.

Сформированный перечень технологий четвертой промышленной революции уже начал реализовывать себя в рамках концепции созидательного разрушения Шумпетера. Однако если у Й.А. Шумпетера речь шла о перераспределении ресурсов на мезоуровне, то в нашем случае можно говорить и об изменениях внутри организации, т.е. микро. В принципе любое внедрение технологической инновации по своей сути является созидательным разрушением: наиболее подходящие в текущих условиях технологии изменяют установленные ранее менее эффективные процессы, тем самым способствуя перераспределению высвобожденных ресурсов.

Так, каждое технологическое направление, за исключением тех, разработка которых в первоначальном виде еще недостаточно сформировалась (5G, квантовые технологии), имеет примеры своего внедрения с соответствующим эффектом.

**Blockchain.** Компания Unilever, четвертая в мире по расходам на рекламу, столкнулась с про-

<sup>8</sup> Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «квантовые технологии». Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. 2019. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6650/> (дата обращения: 23.12.2019).



Рис. 11 / Fig. 11. Технологии взаимодействия с цифровыми данными Индустрии 4.0 и их функции / Industry 4.0. technologies and its functions

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

блемой посредников и мошенничества на рынке маркетинга. М. Пелусо, директор по маркетингу IBM, компании, занимающейся разработкой блокчейн-решений, отмечала, что если на пороге XX–XXI вв. примерно 85% расходов рекламодателя становилось доходами тех, кто непосредственно размещал рекламу, то к 2019 г. этот показатель снизился до 40% за счет возросшего количество посредников и мошенников. Интегрирование технологии на основе блокчейна позволило увеличить прозрачность всей цепочки рекламных процессов, тем самым сократив соответствующие расходы на 2–3%<sup>9</sup>.

**IoT.** Широко известен пример внедрения интернета вещей на заводе по производству мотоциклов Harley-Davidson. По результатам интеграции на предприятии удалось сократить фиксированный 21-дневный срок производства новых заказов до 6 часов, сократить эксплуатационные расходы на 200 млн долл., повысить эффективность производства в целом и сократить время простоев. Также за счет сокращения цикла сборки заказа в 25 раз в компании стало

<sup>9</sup> VentureBeat, IBM-Unilever blockchain pilot cuts wasteful ad spend. URL: <https://venturebeat.com/2019/08/15/ibm-unilever-blockchain-pilot-cuts-wasteful-ad-spend> (дата обращения 23.12.2019).



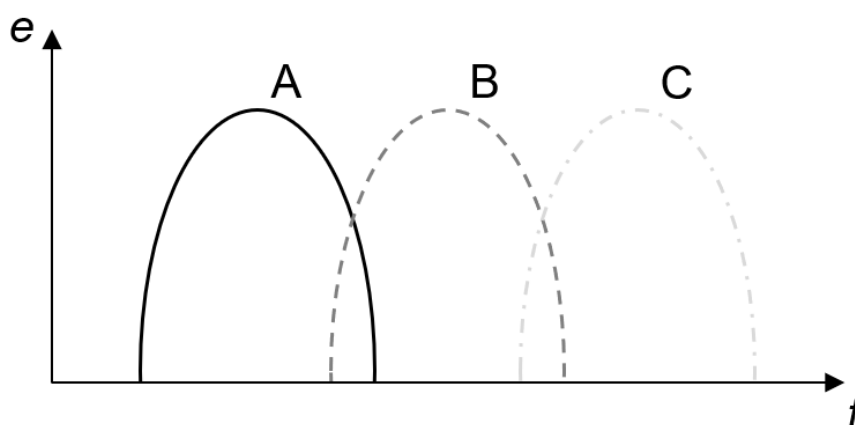


Рис. 12 / Fig. 12. Рост и снижение эффективности за счет применения новых технологий с течением времени / Increase and decrease in efficiency through the use of new technologies over time

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

возможно реагировать на пожелания клиентов более гибко<sup>10</sup>.

**Big data / AI.** Анализ больших данных уже относительно широко используется на промышленных предприятиях [17], например, для сокращения простоев оборудования [18]. Эффект также можно наблюдать в компании «Яндекс.Такси». Традиционный рынок такси имел существенную проблему — время простоя таксистов, которое составляло не менее трети. Как следствие, потребителям приходилось компенсировать как полезное время перевозки пассажиров таксистом, так и ожидание им заказа и дорогу до клиента. После пилотного внедрения алгоритма, комплексно анализирующего данные на дорогах, доходы водителей увеличились в среднем на 20% при том же времени рабочей смены<sup>11</sup>.

### Эволюционный характер технологического развития

На данном этапе следует отметить следующее наблюдение. Как видно на рис. 5–9, представленные графики функций заданы крайне схожим образом и предполагают свое поэтапное воспро-

изведение. Все они представляют собой кумулятивную функцию распределения, приближенного к нормальному, взяв от которой производную, ее снова можно привести к первоначальному виду. Таким образом, в условном виде получим изображение, представленное на рис. 12, где по оси  $x$  находится время, а по оси  $y$  — увеличение эффективности предприятий, обусловленное переходом на новые технологии. А — текущая технологическая совокупность, В и С — совокупности, внедрение которых осуществляется в будущем. Возрастание эффективности за счет новых технологий происходит на фоне повсеместного распространения и реализации потенциала текущих.

Далее обратим внимание на рис. 13, на котором представлен процесс одной из разновидностей естественного отбора, в соответствии с которым происходит распространение особей одного вида в природе.

Очевидно, что изображенные на рис. 12 и 13 процессы подчинены неким общим закономерностям функционирования, что обуславливает обоснованность рассмотрения данных явлений в определенной аналогии с друг с другом.

Описанные сходства, с одной стороны, могут вызвать предостережения относительно эклектичности в мотивационной части применения подхода эволюционного характера, а, с другой, еще Р. Нельсон и С. Уинтер отмечали, что, во-первых, «технический прогресс ныне признан экономистами главной силой, стоящей за разнообразными экономическими явлениями <...> важность технического прогресса была констатирована намного

<sup>10</sup> Success with the Internet of things requires more than chasing the cool factor. Harvard Business Review. URL: <https://hbr.org/2017/08/success-with-the-internet-of-things-requires-more-than-chasing-the-cool-factor> (дата обращения 23.12.2019).

<sup>11</sup> Как алгоритмы «Яндекс.Такси» распределяют автомобили в городе. URL: <https://vc.ru/yandex.taxi/76605-kak-algoritmy-yandeks-taksi-raspredelayut-avtomobili-v-gorode> (дата обращения 23.12.2019).

раньше...» [19, с. 52], а во-вторых, «определение того, что является успехом для коммерческих фирм, дается рыночной средой, и это определение тесно связано со способностью фирм к выживанию и росту. Дифференциация в росте и жизнеспособности в пределах одной популяции фирм может породить изменения агрегированных экономических показателей популяции...» [19, с. 29].

На основании описанных концепций было отмечено, что инновационный процесс носит волнообразный характер. Эти волны, в свою очередь, формируются под воздействием эндогенных и экзогенных факторов по отношению к каждой конкретной фирме. К ним были отнесены:

- 1) технологический прогресс (есть что внедрять);
- 2) экономическая целесообразность (имеет смысл внедрять);
- 3) институциональные условия (общественное устройство позволяет внедрить).

Формируемое под воздействием данных факторов поведение фирмы влияет на внешнюю среду: внедряя инновации, она перераспределяет заданный спросом потенциально доступный объем ресурсов, принуждая остальных либо копировать ее деятельность, либо внедрять собственные инновации (что дороже), либо в конечном итоге уходить с рынка.

На данном этапе аналогия с биологическими процессами имитации, отбора, гибели и эволюции видов в целом становится слишком очевидной для того, чтобы ее игнорировать. В свое время А. Маршалл заметил, что экономика переняла методологию физики и механики, в то время как ей скорее присущи биологические черты [20]. Мысли эволюционного характера можно найти и у Й.А. Шумпетера, писавшего, что «открытие новых рынков, внутренних и внешних, и развитие экономической организации от ремесленной мастерской и фабрики до таких концернов, как USSteel, иллюстрируют все тот же процесс экономической мутации, — если можно употребить здесь биологический термин, — который непрерывно революционизирует экономическую структуру изнутри, разрушая старую структуру и создавая новую» [2, с. 461]. Так же, как и в проявлениях биологической жизни, в технологической сфере экономики происходит сменяемость волн. Технологическое ядро и сопутствующие технологии исчерпывают свой потенциал экономического



Рис. 13 / Fig. 13. Схема действия движущего естественного отбора / Illustration of direct natural selection force

Источник / Source: Общие биологические закономерности. URL: <https://www.yaklass.ru/p/biologia/obschie-biologicheskie-zakonovernosti> (дата обращения: 23.12.2019) / General biological patterns. URL: <https://www.yaklass.ru/p/biologia/obschie-biologicheskie-zakonovernosti> (accessed on 23.12.2019).

роста, потому что становятся обычным способом ведения дел. Прекращается увеличение эффективности ввиду абсолютного увеличения базы для сравнения. На смену технологической основы приходит новая парадигма или ядро. Здесь также прослеживается аналогия с биологическими процессами. Для ее проведения необходимо определиться с тем, что является критерием эффективности у биологической жизни. В долгосрочной перспективе ответом можно считать продолжение и распространение своего вида. Осуществление этого возможно только при соответствии условиям внешней среды, имеющих тенденцию меняться со временем. Этим изменениям противопоставляется природный механизм мутации. Большинство из них нейтральны или вредны [20, с. 337], поэтому организму необходима именно удачная (или полезная) мутация. Под «удачной» понимается мутация, которая видоизменяет организм таким образом, что он начинает лучше соответствовать текущим условиям внешней среды.

Технологии также бывают удачные и неудачные. Удачными можно, очевидно, назвать те, которым удалось успешно интегрироваться во внутреннюю и внешнюю среду компании. То есть технологический прогресс противопоставляется экономике и институтам. Если технология распространилась, значит условия оказались достаточно благоприятными. Таким образом, технологии для своего

распространения должны соответствовать требованиям внешней по отношению к ним среде.

Мутации (их эндогенная точечная разновидность) возникают постоянно ввиду «ошибок» в процессе репликации ДНК [22, с. 30]. В биологической сфере определить их можно как «наследуемые изменения генетического материала»<sup>12</sup>. Они «...являются основным источником всех генетических изменений и обеспечивают сырье для эволюции. Механизмы рекомбинации преобразуют генетическое разнообразие в новые комбинации, и естественный или искусственный отбор сохраняет комбинации, наилучшим образом адаптированные к существующим условиям окружающей среды...» [21, с. 321]. В свою очередь «эволюции необходимо генетическое изменение — мутационный процесс» [23, с. 147], а «частота мутаций — это верхний предел темпа эволюции» [22, с. 75]. В схожей манере постоянно возникают и новые технологии. Большинство из них также практически бесполезно. Мутация как следствие описанной ошибки по своей сути и является новой биологической технологией, т.е. способом осуществления какого-либо процесса определенным новым образом. Новым в том смысле, что до этого он осуществлялся по-другому.

Технологии в широком смысле также могут быть следствием ошибки. Широко известным примером является открытие свойств пенициллина А. Флемингом в 1928 г. Однако в нашем случае их конечная форма все-таки является результатом осознанной целенаправленной деятельности человека (или изобретателя по Й. А. Шумпетеру), и в этом заключается основное отличие. Биологическая эволюция слепа, она носит бесцельный характер: ее результат — это исключительно результат удачного стечения обстоятельств. Можно сказать, что технологическая эволюция человека — это игра азартного человека в рулетку, а биологическая — игра рулетки саму в себя. Несмотря на это, рассмотрение диффузии новых технологий представляется достаточно обоснованным для дальнейших исследований в рамках эволюционного подхода.

## Заключение

По результатам исследования можно сделать следующие выводы. Ранее утверждалось, что

<sup>12</sup> Инге-Вечтомов С. Г. Генетика с основами селекции. Учебник для биол. спец. ун-тов. М.: Высш. шк.; 1989. 294 с.

цифровая экономика состоит из трех компонентов: интернета, портативных устройств с доступом к нему и передовых цифровых технологий. К определению перечня последних на сегодняшний день существовало множество подходов и мнений. Их объединяло то, что результатом являлся набор тех или иных технологий, составленный на основе текущих технологических и экономических реалий, но без выделения единого объединяющего их критерия. Научной ценностью данной работы является предложение к формированию совокупности передовых технологических инноваций на основе их отношения к главному фактору цифровизации — данным в цифровой форме, которые являются новым источником ценности в процессе перехода к новой технологической парадигме. Искомая ценность извлекается посредством четырех типов операций с цифровыми данными: сбора, передачи, хранения и обработки. Для каждого из типов описан набор передовых технологий, наиболее соответствующих поставленным задачам. Интегрирование перечисленных инноваций уже начало осуществляться и приносить результаты в предпринимательской деятельности, в работе приведены соответствующие примеры. Тем самым текущая технологическая и экономическая реальность реализует себя в рамках концепции «созидательного разрушения» Й. А. Шумпетера.

Следующим наблюдением является тот факт, что смена технологических этапов носит волнообразный характер, и эта закономерность также присуща процессу прямого естественного отбора в биологии. Технологическая и биологическая эволюции имеют множество схожих черт. В частности, в обоих случаях новый, наиболее приспособленный к текущим внешним условиям элемент популяции претерпевает значительное распространение за счет преимущества в конкуренции за доступные ресурсы, что в конечном итоге приводит к вытеснению предыдущего, ранее доминирующего в количественном плане, вида популяции. Однако существуют и некоторые различия. В целом представляется, что существует достаточно сходств для дальнейшего изучения текущих технологических и экономических реалий в рамках эволюционной теории экономических изменений. Среди направлений для дальнейших исследований можно выделить проблематику технологических стратегий на микроуровне, сопоставление технологического поведения игроков внутри одной отрасли; между

отраслями; между странами. Также необходимым представляется выделение этапов развития внутри передовых цифровых технологий, определение эффектов от их внедрения в конкретных рутинных операциях коммерческих предприятий, описание специфики процесса перехода к текущей цифровой технологической парадигме.

В практическом отношении исследование может представлять интерес как для целей планирова-

ния процессов цифровизации на предприятиях, так и для целей контроля развития цифровых технологий на микро- и макроуровнях. Четыре направления технологического развития позволяют локализовать потенциальные барьеры для цифровой трансформации и отчетливее понимать опережающие или отстающие сегменты среди сбора (преобразования), передачи, хранения и обработки информации.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья выполнена в рамках исследований фундаментальной НИР Финансового университета «Участие России в экспорте и импорте институтов».

### ACKNOWLEDGEMENT

The paper has been prepared as a part of Financial University fundamental research “The participation of Russia in the export and import of institutions”.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карапаев О. В., Нуреев Р. М. Цифровизация экономики и производительная сила труда. *Journal of Economic Regulation*. 2019;10(3):76–91. DOI: 10.17835/2078–5429.2019.10.3.076–091
2. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. Пер. с нем., англ. М.: Эксмо; 2008. 864 с.
3. Kuznets S. Growth, population, and income distribution: Selected essays. New York: Norton; 1980. 308 p.
4. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания. Пер. с англ. М.: Дело; 2011. 232 с.
5. Rogers E. M. Diffusion of innovations. 3<sup>rd</sup> ed. New York, London: The Free Press; 1983. 453 p.
6. Смирнов А. С. Почему не существует больших циклов Кондратьева? *Вопросы управления*. 2012;(4):57–69.
7. Глазьев С. Ю., Харитонов В. В. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. М.: Тривант; 2009. 304 с.
8. Львов Д. С., Глазьев С. Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП. *Экономика и математические методы*. 1986;22(5):793–804.
9. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. Пер. с англ. М.: Техносфера; 2006. 352 с.
10. Фостер Р. Обновление производства: атакующие выигрывают. Пер. с англ. М.: Прогресс; 1987. 272 с.
11. Урасова А. А. Ключевые аспекты перехода экономической системы к шестому технологическому укладу. *Ars Administrandi. Искусство управления*. 2017;9(1):52–61. DOI: 10.17072/2218–9173–2017–1–52–61
12. Нуреев Р., Латов Ю. Что такое path dependence и как ее изучают российские экономисты. *Общественные науки и современность*. 2006;(2):118–130.
13. Schwab K. The fourth industrial revolution. London: Penguin Books; 2016. 192 p.
14. Erboz G. How to define industry 4.0: Main pillars of industry 4.0. 2017. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326557388\\_How\\_To\\_Define\\_Industry\\_40\\_Main\\_Pillars\\_Of\\_Industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/326557388_How_To_Define_Industry_40_Main_Pillars_Of_Industry_40) (дата обращения: 23.12.2019).
15. Hofmann E., Rüscher M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*. 2017;89:23–34. DOI: 10.1016/j.compind.2017.04.002
16. Wu L., Kim M., Park K., Tselvelik A., Aronson M. Quantum critical fluctuations in layered YFe<sub>2</sub>Al<sub>10</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014;111(39):14088–14093. DOI: 10.1073/pnas.1413112111
17. Lee I. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons*. 2017;60(3):293–303. DOI: 10.1016/j.bushor.2017.01.004



18. Seele P. Predictive sustainability control: A review assessing the potential to transfer big data driven “predictive policing” to corporate sustainability management. *Journal of Cleaner Production*. 2017;153:673–686. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.10.175
19. Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. Пер. с англ. М.: Дело; 2002. 536 с.
20. Marshall A. Principles of economics. London: Palgrave Macmillan; 2013. 731 p.
21. Snustad P., Simmons M. Principles of genetics. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2012. 767 p.
22. Докинз Р. Слепой часовщик. Как эволюция доказывает отсутствие замысла во Вселенной. Пер. с англ. М.: АСТ; Corpus; 2015. 496 с.
23. Докинз Р. Эгоистичный ген. Пер. с англ. М.: АСТ; Corpus; 2016. 512 с.

## REFERENCES

1. Карапаев О.В., Нуреев Р.М. Economy digitalization and labor productivity. *Journal of Economic Regulation*. 2019;10(3):76–91. (In Russ.). DOI: 10.17835/2078–5429.2019.10.3.076–091
2. Schumpeter J.A. Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus. Berlin: Duncker & Humblot GmbH; 1934. 369 p.; Schumpeter J.A. Capitalism, socialism and democracy. London: Routledge Publ.; 1976. 437 p. (Russ. ed.: Schumpeter J. Teoriya ekonomicheskogo razvitiya. Kapitalizm, sotsializm i demokratiya. Moscow: Eksmo; 2008. 864 p.).
3. Kuznets S. Growth, population, and income distribution: Selected essays. New York: Norton; 1980. 308 p.
4. Perez C. Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages. Northampton: Edward Elgar Publ.; 2003. 224 p. (Russ. ed.: Perez C. Tekhnologicheskie revolyutsii i finansovyy kapital. Dinamika puzыrey i periodov protsvetaniya. Moscow: Delo; 2011. 232 p.).
5. Rogers E.M. Diffusion of innovations. 3<sup>rd</sup> ed. New York, London: The Free Press; 1983. 453 p.
6. Smirnov A.S. Why are there no more Kondratiev large cycles? *Voprosy upravleniya = Management Issues*. 2012;(4):57–69. (In Russ.).
7. Glaz'ev S. Yu., Kharitonov V.V. Nanotechnology as a key factor in the new technological structure in the economy. Moscow: Trovant; 2009. 304 p. (In Russ.).
8. L'vov D.S., Glaz'ev S. Yu. Theoretical and applied aspects of scientific and technical progress. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*. 1986;22(5):793–804. (In Russ.).
9. Foster L.E. Nanotechnology: Science, innovation, and opportunity. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 2005. 336 p. (Russ. ed.: Foster L. Nanotekhnologii. Nauka, innovatsii i vozmozhnosti. Moscow: Tekhnosfera; 2006. 352 p.).
10. Foster R. Innovation: The attacker's advantage. New York: Summit Books; 1986. 316 p. (Russ. ed.: Foster R. Obnovlenie proizvodstva: atakuyushchie vyigryvayut. Moscow: Progress; 1987. 270 p.).
11. Urasova A.A. Key aspects of the economic system transition to the sixth technological order. *Ars Administrandi. Iskusstvo upravleniya = Ars Administrandi. The Art of Management*. 2017;9(1):52–61. (In Russ.). DOI: 10.17072/2218–9173–2017–1–52–61
12. Nureev R., Latov Yu. What is path dependence, and how it is studied by Russian economists. *Obshchestvennye nauki i sovremennost' = Social Sciences and Contemporary World*. 2006;(2):118–130. (In Russ.).
13. Schwab K. The fourth industrial revolution. London: Penguin Books; 2016. 192 p.
14. Erboz G. How to define industry 4.0: Main pillars of industry 4.0. 2017. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326557388\\_How\\_To\\_Define\\_Industry\\_40\\_Main\\_Pillars\\_Of\\_Industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/326557388_How_To_Define_Industry_40_Main_Pillars_Of_Industry_40) (accessed on 23.12.2019).
15. Hofmann E., Rüsч M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*. 2017;89:23–34. DOI: 10.1016/j.compind.2017.04.002
16. Wu L., Kim M., Park K., Tselik A., Aronson M. Quantum critical fluctuations in layered YFe<sub>2</sub>Al<sub>10</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014;111(39):14088–14093. DOI: 10.1073/pnas.1413112111
17. Lee I. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons*. 2017;60(3):293–303. DOI: 10.1016/j.bushor.2017.01.004



18. Seele P. Predictive sustainability control: A review assessing the potential to transfer big data driven “predictive policing” to corporate sustainability management. *Journal of Cleaner Production*. 2017;153:673–686. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.10.175
19. Nelson R.R., Winter S.G. An evolutionary theory of economic change. Cambridge, MA: Belknap Press; 1985. 454 p. (Russ. ed.: Nelson R., Winter S. Evolyutsionnaya teoriya ekonomicheskikh izmeneniy. Moscow: Delo; 2002. 536 p.).
20. Marshall A. Principles of economics. London: Palgrave Macmillan; 2013. 731 p.
21. Snustad P., Simmons M. Principles of genetics. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2012. 767 p.
22. Dawkins R. The blind watchmaker: Why the evidence of evolution reveals a Universe without design. New York, London: W.W. Norton & Co.; 2015. 496 p. (Russ. ed.: Dawkins R. Слепой часовщик. Как эволюция доказывает отсутствие замысла во Вселенной. Moscow: AST; Corpus; 2015. 496 p.).
23. Dawkins R. The selfish gene. Oxford: OUP Publ.; 2006. 384 p. (Russ. ed.: Dawkins R. Эгоистичный ген. Moscow: AST; Corpus; 2016. 512 p.).

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Рустем Махмутович Нуреев** — доктор экономических наук, научный руководитель департамента экономической теории, Финансовый университет; ординарный профессор, НИУ ВШЭ; главный научный сотрудник, Институт экономики РАН, Москва, Россия  
nureev50@gmail.com

**Олег Валерьевич Карапаев** — аспирант департамента экономической теории, Финансовый университет, Москва, Россия  
o.karapaev@gmail.com

### ABOUT THE AUTHORS

**Rustem M. Nureev** — Dr. Sci. (Econ.), Head of the Department of Economics, Financial University; Ordinary professor of NRU HSE, Honorary employee of Higher School of RF; Chief Researcher, Institute of Economics RAS, Moscow, Russia  
nureev50@gmail.com

**Oleg V. Karapaev** — Postgraduate, Department of Economics, Financial University, Moscow, Russia  
o.karapaev@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 10.01.2020; после рецензирования 27.01.2020; принята к публикации 05.02.2020.  
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.  
The article was submitted on 10.01.2020; revised on 27.01.2020 and accepted for publication on 05.02.2020.  
The authors read and approved the final version of the manuscript.*