

МОСКОВСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ журнал 8/2021



Научная статья

Original article

УДК 330.3 : 378

doi: 10.24411/2413-046X-2021-10457

ГЕНЕЗИС КЛЮЧЕВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗВИТИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕВОЛЮЦИЙ

GENESIS OF KEY REQUIREMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF HUMAN CAPITAL IN THE CONTEXT OF TECHNOLOGICAL REVOLUTIONS

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 19-29-07328

Андрющенко Галина Ивановна, доктор экон. наук, профессор кафедры

безопасности цифровой экономики и управления рисками, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 119991, РФ, г. Москва, Ленинский проспект, дом. 63, E-mail: galina1853@rambler.ru тел. 8 916 446 0048, ORCID ID: 0000-0003-3914-7619

Орехов Виктор Дмитриевич, канд. техн. наук, научный сотрудник, факультет экономики, Университет «Синергия», 125190, РФ, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 80, E-mail: vorehov@yandex.ru тел. 8 903 258 3075, ORCID ID: 0000-0002-5970-207X

Блинникова Алла Викторовна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры информационных систем, Государственный университет управления (ГУУ), 109542 РФ, г. Москва, Рязанский пр., д. 99, E-mail: allarest@mail.ru тел. 8(903) 258 3041, ORCID ID: 0000-0003-4561-8894

Andryushchenko Galina Ivanovna, Doctor of Economics Sciences, professor of the department digital economy security and risk management, Russian state University of Oil and Gas THEM. Gubkina, 119991, Russian Federation, Moscow, Leninsky prospect, building. 63, E-mail: galina1853@rambler.ru tel. 8 916 446 0048, ORCID ID: 0000-0003-3914-7619

Orekhov Viktor Dmitrievich, Cand. tech. Sci., Researcher, Faculty of Economics, Synergy University, 125190, Russian Federation, Moscow, Leningradsky Prospect, 80, E-mail: vorehov@yandex.ru tel. 8 903 258 3075, ORCID ID: 0000-0002-5970-207X

Blinnikova Alla Viktorovna, Cand. econom. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems, State University of Management (SUU), 109542 RF, Moscow, Ryazansky pr., 99, E-mail: allarest@mail.ru tel. 8 (903) 258 3041, ORCID ID: 0000-0003-4561-8894

Аннотация. В работе проведен анализ зависимости требований к развитию человеческого капитала от характеристик очередной технологической революции, а также от изменения факторов социально-экономической среды, включая образование.

Исследование формфакторов технологических революций показало, что, несмотря на лучшие научные и продуктовые характеристики медико-биологического направления, силы, поддерживающие реализацию киберфизической революции, доминируют в настоящее время, что приведет к задержке реализации очередной технологической революции.

Ключевое требование к развитию человеческого капитала, связанное с технологической революцией, ввиду неопределенности

ее направления, заключается в необходимости подготовки специалистов по киберфизическому и медико-биологическому профилям, включая интеграцию этих двух профессиональных компетенций.

Ключевые требования к развитию человеческого капитала, связанные с динамикой образовательных факторов, состоят в следующем: обеспечение роста доли работников с третичным образованием до 75% в течение 10–20 лет; поддержание числа работников НИОКР на уровне 90 человек на млрд междунар. долл. ВВП; регулярная переподготовка взрослых работников на протяжении всей жизни с использованием дистанционных и андрагогических методов обучения; подготовка высококвалифицированных работников к выполнению управленческих функций в соответствии с требованиями Национальной рамки квалификаций РФ; подготовка специалистов к владению универсальными навыками будущего.

Материалы работы могут быть использованы для стратегического планирования развития человеческого капитала, а также в учебных целях.

Abstract. The paper analyzes the dependence of the requirements for the development of human capital on the characteristics of the next technological revolution, as well as on changes in the factors of the socio-economic environment, including education.

The study of the form factors of technological revolutions showed that, despite the best scientific and product characteristics of the biomedical direction, the forces supporting the implementation of the cyber-physical revolution dominate at the present time, which will lead to a delay in the implementation of the next technological revolution.

The key requirement for the development of human capital associated with the technological revolution, in view of the uncertainty of its direction, is the need to train specialists

in cyberphysical and biomedical profiles, including the integration of these two professional competencies.

The key requirements for the development of human capital associated with the dynamics of educational factors are as follows: ensuring the growth of the share of workers with tertiary education up to 75% within 10–20 years; maintaining the number of R&D workers at the level of 90 people per billion int. dollars of GDP; regular retraining of adult workers throughout their lives using distance and andragogical teaching methods; training highly qualified employees to perform managerial functions in accordance with the requirements of the National Qualifications Framework of the Russian Federation; training specialists to master the universal skills of the future.

The materials of the work can be used for strategic planning of human capital development, as well as for educational purposes.

Ключевые слова: технологическая революция, человеческий капитал, образование, медико-биологическая революция, ВВП, профессиональные стандарты, навыки будущего

Key words: technological revolution, human capital, education, biomedical revolution, GDP, professional standards, skills of the future

Введение

Современное общественное развитие характеризуется высоким уровнем нестабильности, что накладывает новые требования на развитие человеческого капитала (ЧК). Одним из важнейших факторов, генерирующих нестабильность, является затянувшееся ожидание очередной технологической революции [1], [2] и неопределенность с направлением ее реализации. Существует еще ряд мощных активаторов нестабильности, среди которых наиболее фундаментальным является переход человечества как системы в новое состояние – демографический переход [3]. Он

сопровождается депопуляцией развитых стран, взрывным ростом беднейших и активными миграционными процессами. Третий из факторов нестабильности проявляется в быстром росте доли специалистов, получающих третичное образование в крупнейших развивающихся странах [4], что способствует их экономическому росту и тенденции к смене когорты стран, имеющих наибольший экономический вес [5].

Все эти факторы взаимосвязанно формируют генезис требований к развитию человеческого капитала. Новая технологическая революция требует быстрого роста числа специалистов новых профессий. Но если направление революции не определено, то не ясно, специалистов каких квалификаций нужно готовить и в какой пропорции они будут востребованы. Ожидание того, что это будет еще одна кибернетическая (информационная, цифровая) революция, вызывает опасения в том, что ИскИны заменят не только водителей, но и работников простого умственного труда. Опасность автоматизации угрожает всем рутинным профессиям. С другой стороны, лауреат Нобелевской премии James Heckman утверждает, что дополнительное обучение взрослых специалистов экономически невыгодно [6], поскольку для них мало времени на возврат инвестиций. В этих условиях актуальным становится переобучение на протяжении всей жизни и овладение универсальными «навыками будущего», позволяющими специалисту без больших затруднений овладевать новыми профессиями.

Идеолог киберфизической революции Klaus Schwab в своей очередной книге о четвертой промышленной революции [7] ощутимо меняет оценки роли технологий по сравнению с предыдущей книгой [8]. Он пишет: «Одно из наиболее актуальных применений ИИ – это сфера здравоохранения... Для укрепления здоровья всего человечества с помощью точной медицины – которая требует учета индивидуальных особенностей ДНК, иммунной системы, среды и образа жизни каждого человека – понадобятся общесетевое машинное обучение, когнитивные сервисы и глубокие нейросети».

Также он подчеркивает, что важнейшими задачами современного развития является обеспечение справедливого распределения

благ, которые принесет промышленная революция, а также контроль за ее негативными последствиями и рисками. Такой дрейф его точки зрения, как интегратора мнения Всемирного экономического форума, говорит о происходящих процессах переосмысления того, к чему может привести промышленная революция. Это накладывает отпечаток и на требования к развитию человеческого капитала. Не случайно поднимается вопрос, о необходимости включить этику как обязательный курс для инженеров и управленческих кадров.

Целью настоящей работы является анализ зависимости ключевых требований к развитию человеческого капитала от факторов очередной технологической революции, а также от изменения других факторов нестабильности внешней социально-экономической среды, включая образование.

1. Влияние направления технологической революции на требования к ЧК

Важным фактором, влияющим на ключевые требования к подготовке человеческого капитала, как отмечалось выше, является направление технологической революции. Однако к настоящему времени это направление четко не обозначено. Наиболее настойчиво было заявлено Клаусом Швабом о том, что четвертая промышленная революция будет киберфизической [8]. Однако это утверждение не выглядит убедительным, тем более что в другой книге он уже подчеркивает важность сферы здравоохранения [7]. Нужно отметить, что традиционно технологические революции нумеровались в соответствии с результатами исследований Н.Д. Кондратьева [9], и последовательность дат начала этих революций округленно до десятков лет имела следующий вид: 1770, 1840, 1890, 1940, 1960, 1980 [10]. Эти революции попарно имеют единую технологическую основу. Две первых – механика и сила пара, две вторых – автоматика и электричество, и третья пара – кибернетические (информационные) технологии. Технологические революции были и ранее, например 1500, 1670 годы – Возрождение и революция зарождения классической науки [11], [12]. Клаус Шваб фактически нумерует пары революций, и

очередная из них, начиная с 1770 года, будет уже не седьмой, а четвертой.

Несложно заметить, что физические основы пар технологических революций принципиально отличаются друг от друга: механика, электричество, информация. И даже названия ключевых специальностей у них различны: механики и техники – первая пара, инженеры и электрики – вторая, программисты и системные администраторы – третья. Нужно также отметить, что пары революций объединены единой закономерностью экспоненциального роста характерного показателя. Для первой пары – экспоненциальный рост мощности паровых двигателей [13], для второй – экспоненциальное увеличение мирового производства электроэнергии [10] и для третьей – закон Мура [14].

И логика парного следования революций совершенно не случайна – первая революция из пары обеспечивает внедрение новой технологии, а вторая – ее мощный рост и превращение в реальную силу экономики. В результате экспоненциального роста уровня внедрения технологии многие ее характеристики существенно меняются. Так, с 1960 по 1980 год количество транзисторов на микрочипе выросло примерно в 1000 раз, а к 2015 году еще в миллион раз, причем внедрение персональных компьютеров многократно увеличило число пользователей. По внешним проявлениям это разные технологические эпохи, но основа у них одна – кибернетика (компьютерная техника). Предположение о том, что следующая революция опять будет кибернетического типа, нарушает логику парного следования. Большая часть того, что могла сделать кибернетика, она уже сделала. А от того, что вместо слова «информационная» будет использоваться «цифровая», мало что существенно изменится.

Другая неувязка заключается в том, что не выделено ключевое направление очередной революции и к ней относят и цифровые, и биологические, и физические мегатренды [8], а это принципиально различные сущности, базирующиеся на разных физических принципах. Фактически это свидетельствует о сложности выявления основного мегатренда. Это связано с тем,

что на фоне экспоненциального роста предыдущих технологий сложно выявить ростки новой революции.

Для того чтобы прояснить эту неопределенность, рассмотрим систему формфакторов технологической революции. Основным из них является рост знания [12]. Содержание знаний можно исследовать путем анализа публикаций в научных журналах. Второй важный аспект – проблемы, стоящие перед обществом. Тяжесть физического труда дала толчок развитию механики и паровых двигателей. Проблема управления механизмами привела к созданию автоматического управления и электрического привода. Необходимость проведения сложных расчетов дала толчок информационной революции. Поэтому важно понять, какие проблемы наиболее актуальны сейчас. Но решение этих проблем происходит через разработку и внедрение инновационных продуктов. В целом же система формфакторов технологической революции представлена на рис. 1.

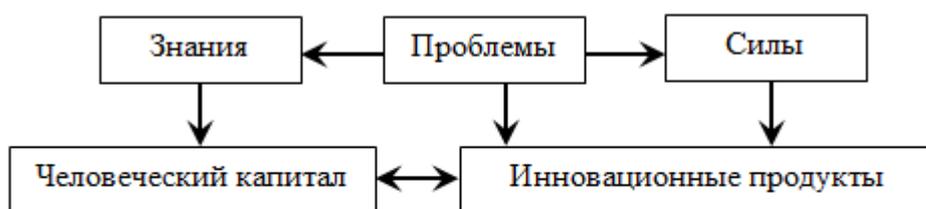


Рис. 1. Система формфакторов технологической революции

Чтобы оценить потенциальные направления технологических революций, рассмотрим, по каким направлениям наиболее активно ведутся исследовательские работы. С этой целью проведем анализ тематики научных работ в мире на основе библиометрической базы SCImago Journal & Country Rank. Всего в базе в 2019 году представлено 33,3 тысячи журналов [15]. На рис. 2 представлено распределение статей по предметным областям, количество которых несколько сжато по сравнению с данными SCImago JR.



Рис. 2. Распределение статей базы SCImago JR по предметным областям

Для учета значимости публикаций были использованы значения индексов Хирши журналов, которые характеризуют число ссылок на статьи. При этом для каждой предметной области была определена сумма произведений числа статей в каждом журнале на его индекс Хирши.

Видно, что максимальное число статей относится к блоку дисциплин: медицина, здоровье, фармакология, токсикология, стоматология и сестринское дело – 19,5%, с учетом веса. Вместе с близкими к ним науками (биохимия, генетика, молекулярная биология, иммунология, психология, нейронауки, агрокультура, биология и ветеринария) они занимают с учетом веса 35,4% статей.

Второе место по числу статей с весом, кроме медико-биологического блока, занимает химия и химические технологии – 11,6%, а третье – физика и астрономия (8,9%). Далее следуют технические науки – 8,5%, материаловедение – 7,3% и лишь потом компьютерные науки и искусственный интеллект – 6,6% статей с

учетом веса и 8% без его учета. Несколько неожиданно, что направлению «энергетика» посвящено лишь 2,4% статей с учетом веса и 2,7% без веса. В сфере образования и E-learning с учетом веса в 2019 году было опубликовано 1,1% статей.

Разница доли статей с учетом веса и без него связана с тем, что в некоторых дисциплинах большую долю занимают журналы, на которые относительно редко ссылаются в публикациях и которые имеют квартиль Q3 или Q4, или совсем без квартиля. Так, в области компьютерных наук и искусственного интеллекта 72% журналов не имеют квартиля и индекса Хирши, а соответственно, и численность ссылок на эти журналы в среднем в 4 раза меньше, чем на журналы с первым квартилем. Для того чтобы оценить разницу по численности ссылок на статьи в разных дисциплинах, на рис. 3 показано, сколько журналов, относящихся к Q1 и Q2, действует в различных предметных областях.



Рис. 3. Число журналов с 1-м и 2-м квартилем в различных предметных областях

Видно, что в сфере медицины журналов с высоким уровнем ссылок значительно больше, чем в других областях, и в 4,5 раза больше, чем в сфере компьютерных наук и искусственного интеллекта. В целом же проведенный анализ показывает, что ключевыми научными направлениями являются те, которые нацелены на улучшение здоровья человека и, соответственно, развитие человеческого капитала.

Для проверки востребованности различных инновационных продуктов [1], [8], [16] из киберфизической и медико-биологической областей был проведен опрос с помощью системы интернет-анкетирования (Яндекс-Взгляд). В составе выборки присутствовали граждане России обоих полов в возрасте свыше 25 лет, в количестве 400 человек, полностью заполнившие анкеты. При статистической обработке вначале определялась доля продуктов (D_i), которые получили оценки 5, 4, 3 и 2 (здесь 5 – наиболее востребованные продукты, а 2 – те, которые могут вызвать негативный эффект). Затем определялась средняя оценка по формуле

$$C_{2-5} = (5 \cdot D_5 + 4 \cdot D_4 + 3 \cdot D_3 + 2 \cdot D_2) / (D_5 + D_4 + D_3 + D_2) \quad (1)$$

Результаты оценивания инновационных продуктов из киберфизической и медико-биологической областей с использованием формулы (1) приведены в таблице 1.

Таблица 1. Оценка востребованности потенциальных инновационных продуктов

Киберфизические	C_{2-5}	Медико-биологические	C_{2-5}
Компактные суперкомпьютеры	4,02	Успешное лечение инфаркта и инсульта	4,13
Умный дом	4,00	Восстановление зрения	4,11
Системы защиты от киберпреступности	3,95	Успешное лечение 95% больных раком	4,09
Цифровые платформы для бизнеса	3,89	Предотвращение генетических заболеваний	4,09
Игровые обучающие ИскИны	3,85	Лечение наркомании и алкоголизма	4,08
Интернет вещей	3,82	Восстановление слуха	4,08
Мультимедийные обучающие технологии	3,82	Регенерация органов человека	4,06
Открытые электронные библиотеки	3,76	Физическая реабилитация органов	4,05
Беспилотные автомобили	3,75	Безвредная вакцина от Covid-19	3,97
Идеальный синхронный перевод	3,70	Улучшение здоровья пожилых людей	3,96
Краудсорсинг и краудфандинг	3,64	Создание искусственного сердца	3,96
ИскИн высокого уровня	3,64	Выращивание искусственных органов	3,93
Полная компьютеризация банков	3,59	Вакцина от СПИД	3,91
Связь с квантовым шифрованием	3,58	Рост среднего срока жизни до 100 лет	3,90
Надежная биометрическая идентификация	3,57	Персонализированные лекарства	3,82
Доминирование электронной торговли	3,48	Усиление умственных способностей	3,80
Интерфейс человек – цифровая среда	3,45	Методы улучшения обучаемости	3,79
АСУ предприятия на основе ИскИнов	3,45	Системы направленной доставки лекарств	3,76
Широкое распространение криптовалют	3,41	Методы устранения ожирения	3,73
Компьютерные имитаторы реальности	3,30	Прогнозирование вирусных эпидемий	3,68
Роботизированная охрана	3,25	Система скоростного создания вакцин	3,64
Электронное правительство	3,22	Диагностика преступных наклонностей	3,56
Киберработники умственного труда	3,16	Диагностика повреждений генома людей	3,55
Тотальная видеорегистрация людей	2,94	Управление микрофлорой человека	3,39
Среднее	3,59	Среднее	3,88

Видно, что продукты медико-биологической нацеленности лидируют в области высоких оценок, а в области низких оценок разрыв возрастает. Поскольку область оценок достаточно узкая и лежит в диапазоне $2,94 - 4,13 \gg 1,2$, то различие оценок, приведенных в таблице 1, велико – их средние значения отличаются на четверть диапазона оценок.

Мы показали, что в сфере научных исследований и инновационных продуктов медико-биологическое направление более перспективно, чем киберфизическое, в качестве потенциальной технологической революции. Однако это еще не значит, что развитие пойдет именно по доминирующему в этой области пути. Важное значение имеют силы, которые продвигают одно из этих направлений.

Для оценки уровня различных сил (согласно модели Kurt Lewin [17]) из киберфизической и медико-биологической областей был проведен опрос с помощью системы интернет-анкетирования (Яндекс-Взгляд). Каждая сила оценивалась оценкой от 5 (наивысшая) до 3 (наименьшая). В составе выборки было 500 респондентов в возрасте свыше 25 лет.

Результаты опроса приведены в таблице 2. Первые семь сил нацелены на поддержку киберфизической революции, а остальные – на медико-биологическую.

Таблица 2. Оценка величины сил за различные технологические революции

	Название сил	Оценк а
1.	ИТ-компании, стремящиеся продолжить получение высоких доходов	4,3
2.	Элиты, объединенные Всемирным экономическим форумом	4,2
3.	Государства, стремящиеся использовать возможность контроля над обществом через социальные сети	4,2
4.	Молодежь, желающая жить и работать, используя новейшие ИТ-изделия и возможности сетевых сообществ	4,0
5.	Компании-инноваторы, стремящиеся использовать ИскИны высокого уровня для создания успешных бизнесов	4,2
6.	Государства, стремящиеся добиться технологического превосходства над другими странами за счет разработки квантовых компьютеров	4,2
7.	Компании, стремящиеся добиться конкурентных преимуществ путем разработки квантовых компьютеров	4,1
8.	Люди в возрасте 60+, желающие повысить качество жизни за счет медицины	3,5
9.	Компании, планирующие получать доходы на растущем рынке товаров для людей в возрасте 60+	3,8
10	Люди, нацеленные на высокое качество жизни и поддержание здоровья с использованием медицинских услуг	3,8
11	Передовые компании, стремящиеся реализовать новейшие достижения в области медицины и генетики	4,3
12	Государства, предпринимающие усилия по поддержанию стабильности общества в условиях угрозы пандемий	4,1
13	Фармкомпании, нацеленные на получение высоких доходов за счет массовой продажи вакцин	4,3
14	Люди, стремящиеся к значительному продлению сроков жизни за счет медицины и генетики	3,7
15	Люди, испытывающие страх перед возможностью заболеть раком и надежду получить лечение	3,5

В целом оценки сил за киберфизическую революцию выше, чем за медико-биологическую (4,2 против 3,9). Исследование выгод, которые получают эти силы, дает примерно такое же соотношение – выгоды сил за киберфизическую революцию выше (4,2 против 3,8).

Наиболее велики, по мнению респондентов, следующие силы: ИТ-компании, стремящиеся продолжить получение высоких доходов (4,3), передовые компании, стремящиеся реализовать новейшие

достижения в области медицины и генетики (4,3), фармкомпания, нацеленные на получение высоких доходов за счет массовой продажи вакцин. Наибольшие выгоды получают: ИТ-компании, стремящиеся продолжить получение высоких доходов (4,4), элиты, объединенные Всемирным экономическим форумом (4,4), государства, стремящиеся использовать возможность контроля над обществом через социальные сети (4,4), и фармкомпания, нацеленные на получение высоких доходов за счет массовой продажи вакцин (4,3).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что, несмотря на лучшие научные и продуктовые характеристики, реализация медико-биологической революции будет испытывать существенные трудности из-за слабости поддерживающих ее сил.

Из проведенных выше исследований следует, что неопределенность относительно направления очередной технологической революции будет продолжаться достаточно длительное время, пока силы, нацеленные на реализацию медико-биологической революции, не станут доминировать. Со времени потенциального начала новой технологической революции (кризис 2008 года) прошло уже 12 лет, а явного проявления симптомов начала технологической революции пока не наблюдается. Поэтому «инкубационный» период революции будет длиться еще не менее 10 лет. Тем не менее, скорее всего, медико-биологическое направление станет доминирующим. Во многом также будет происходить интеграция этих двух направлений, поскольку многие прорывные медико-биологические технологии широко используют кибернетические инструменты. Но в этом случае кибернетическая техника выступает как инструмент, а не как технология преобразования мира.

Ключевое требование к человеческому капиталу, связанное с фактором направления технологической революции, можно сформулировать следующим образом: «Подготовка специалистов по двум основным направлениям: киберфизическому (информационному) и медико-биологическому, включая интеграцию этих двух направлений».

2. Влияние научно-образовательных факторов на требования к развитию ЧК

Одним из важнейших факторов, определяющих требования к развитию человеческого капитала, является быстрое повышение уровня образования человечества. На рис. 4 в логарифмической системе координат приведена динамика по времени относительного числа студентов третичного (среднего и высшего профессионального) образования в мире [18] – Y в процентах (по отношению к численности населения – N). Здесь время X отсчитывается от 1900 года ($X = T - 1900$), что позволяет упростить аналитическое выражение тренда:

$$Y = 0,0386 \cdot 10^{0,01633 \cdot X} \quad (2)$$

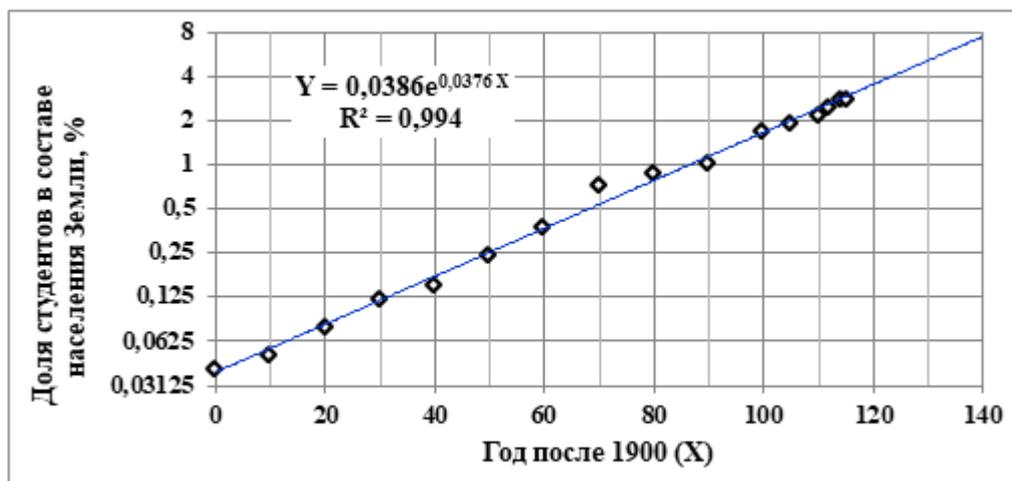


Рис. 4. Динамика доли студентов третичного образования в мире, %

На фоне таких быстрых темпов роста (в 2,1 раза за 20 лет) важно понимать, какая максимальная доля жителей страны может получить третичное образование? Согласно образовательной статистике максимальный охват третичным образованием населения в возрасте 25–64 года в 2019 году составлял: Ирландия – 60%, Канада – 59%, Россия – 57%, Израиль – 51%, Южная Корея – 51% [4]. Уровень охвата третичным образованием постоянно растет, и среди молодых людей он, как правило, выше. В 2019 году для лиц в возрасте 25–34 года наибольший охват третичным образованием составил: Ирландия – 70%, Южная Корея – 70%, Канада – 63%, Япония – 62%, Россия – 62%. Причем женщины несколько опережают мужчин по данному показателю, и рекордные цифры составляют: Южная Корея – 76%, Ирландия – 72%, Канада – 71%, Россия – 69%,

Япония – 64%. Таким образом, реальную возможность получить высшее образование имеют порядка 75% людей.

В настоящее время считается, что трудоспособный возраст работников составляет около 40 лет (от 25 до 64 лет). Продолжительность обучения студентов третичного образования, в среднем, составляет около 4 лет, хотя со временем эта цифра растет, и в развитых странах продолжительность третичного образования, как правило, выше. Таким образом, продолжительность трудовой деятельности примерно в 10 раз больше, чем время получения третичного образования. Из этого следует, что если доля студентов составляет 7,5% от трудового населения в стационарном режиме в течение порядка 40 лет, то доля работников, имеющих третичное образование, будет стремиться к 75%. При этом нужно учесть, что доля трудоспособного населения составляет 50% от всей численности. Отсюда следует, что для достижения 75% обеспеченности работников высшим образованием достаточно, чтобы в стационарном режиме студенты составляли порядка 3,7% численности населения (динамически этот процент может быть выше).

Для подтверждения оценок потребного количества студентов отметим, что во многих развитых странах их число остается относительно стабильным, и в период 2008–2015 годов колебалось вблизи $3,7 \pm 0,7\%$: Великобритания – 3,7–4,0%, Германия – 3,5–3,6, Франция – 3,5–3,7%, Испания – 3,9–4,3, Италия – 3,1–3,4%, Япония – 3,0–3,1%, Португалия – 3,5–3,8%, Швейцария – 2,9–3,5% [4].

При этом доля работников, имеющих третичное образование, в крупнейших мировых экономиках растет практически линейно. Годовой прирост доли работников с третичным образованием в них, в основном, составляет $0,8 \pm 0,2$, как видно из таблицы 3.

Таблица 3. Темп прироста уровня третичного образования в процентах за год

Страна	Китай	США	EU-22	Индия	Япония	Россия	Бразилия	Турция	Индонезия	Германия	Великобрит.	Ирландия	Южная Корея	Мексика
$\Delta Dtr, \%$	1,06	0,8	0,8	1,0	0,6	0,6	0,8	1,0	0,8	0,6	1,0	1,4	1,4	0

Таким образом, одним из ключевых требований к развитию человеческого капитала в современных условиях является рост доли работников с третичным образованием до 75% в течение 10–20 лет.

Не все страны следуют этому требованию, и в России в последнее время темпы роста снизились. Это является следствием того, что доля работников, имеющих третичное образование, в России одна из наибольших в мире. Кроме того, высокий уровень образования не приводит к адекватному росту ВВП на душу населения. В чем причина низкой конверсии образовательного уровня в ВВП на душу населения? Было показано, что аналогичные проблемы имеют страны, которые удалены от основного цивилизационного ядра [19], в числе которых: Израиль, Южная Корея, Великобритания, Канада и Индия. Напротив, наилучшие условия для конверсии образования у Италии, Турции и Германии. Оказывает влияние и то, что в течение многих лет и СССР и Россия находились под давлением санкционного типа. В связи с тем, что в настоящее время происходит смещение центра мировой экономической активности в Азию (Китай, Индия), у России есть возможность повышения уровня конверсии образования в ВВП на душу населения. Соответственно, возрастет потребность в росте доли специалистов, имеющих третичное образование.

Важным фактором, влияющим на ключевые требования к ЧК, является также развитие сферы НИОКР. Ключевым показателем, определяющим активность стран в данной сфере, является число научных работников на млрд долл. ВВП по паритету покупательной способности (ППС) – N_s/G . Динамика этого показателя представлена на рис. 5 в зависимости от роста ВВП на душу населения стран (ВВП/Д) в междунар. долл. 2017 года [20]. Там

же даны значения этих величин для мира, в целом, с 2000 по 2015 год с шагом в 5 лет (квадраты).



Рис. 5. Зависимость числа работников НИОКР на млрд долл. ВВП от ВВП/Д

Согласно рис. 5, при росте среднего мирового ВВП на душу населения с 11 до 15,5 тыс. долл. число работников НИОКР на млрд долл. уменьшилось с 97 до 91 человека. Снижение N_s/G произошло, в основном, за счет достаточно быстрого роста ВВП, который опережал рост числа работников НИОКР.

В период 1996–2018 годов в США величина N_s/G колебалась в диапазоне 68–74, что примерно на четверть меньше среднего мирового уровня. В Европейском союзе N_s/G за 22 года выросло примерно в полтора раза – с 61 до 91 и достигло среднего мирового уровня. В Японии N_s/G снизилось примерно со 150 до 130 и приблизилось к среднему мировому уровню.

В большинстве стран БРИК происходило уменьшение N_s/G , в связи с быстрым ростом ВВП/Д. Особенно быстро уменьшалось N_s/G в России – с 295 до 104 и Китае – со 168 до 86. В целом их уровень N_s/G приблизился к среднему мировому уровню. В Бразилии произошел быстрый рост N_s/G от 25 до 56 и сближение со средним мировым уровнем. Из стран БРИК только в Индии отношение N_s/G снизилось с 69 до 39, но за счет трехкратного роста ВВП/Д, то есть число работников НИОКР выросло примерно вдвое, и в дальнейшем

следует ожидать роста N_s/G . Проведенный анализ динамики числа работников НИОКР показывает, что отношение N_s/G является важным показателем научной активности стран и его динамика характеризуется сближением со средним мировым показателем на уровне 91 работник НИОКР на млрд долл. ВВП по ППС 2017 года.

Соответственно, ключевым требованием для поддержания человеческого капитала страны в области НИОКР в конкурентоспособном состоянии является наличие числа работников НИОКР на уровне – 90 человек на млрд междунар. долл. ВВП 2017 года.

Ряд образовательных требований возникает в связи с динамикой современных социально-экономических условий. Так, в связи с ростом продолжительности жизни людей и снижением продолжительности периодов технологических эпох с примерно 70 лет в период первой промышленной революции до порядка 30 лет в настоящее время, возникает необходимость переобучения работников. В частности, в настоящее время специалисты, получившие образование 30 лет назад, уже недостаточно владеют современными ИТ-приложениями и программами. Поэтому ключевым требованием к развитию человеческого капитала является его переобучение в соответствии с новыми технологическими тенденциями. Фактически речь идет об обучении на протяжении всей жизни. Следует отметить, что специалисты, которые длительное время не проходили основательных программ переобучения, теряют навыки учиться. Даже после перерыва в обучении продолжительностью в 2 года процесс обучения проходит значительно труднее. Поэтому желательно не прерывать обучение на длительный промежуток. Кроме того, организаторы обучения должны предпринимать специальные организационные меры для регулярной переподготовки специалистов с тем, чтобы они не снижали производительность труда.

Как отмечалось выше, по мнению J. Neckman, дополнительное обучение взрослых специалистов экономически недостаточно выгодно [6], поскольку для них мало времени на возврат

инвестиций. Однако взрослых людей и учить нужно по-другому, с использованием специальных андрагогических методик, поскольку они уже имеют многие виды знаний и навыков и им нужно только добавить те, которых им не хватает [21]. Это существенно дешевле. Кроме того, взрослые люди уже в значительной мере владеют навыками самообучения, что также ведет к снижению стоимости обучения. Также значительную роль могут играть при обучении взрослых дистанционные методы обучения [22]. В соответствии с этим важным ключевым требованием к развитию человеческого капитала взрослых работников является использование дистанционных и андрагогических методов обучения.

Современные методы образования предполагают использование профессиональных стандартов. Одним из первых примеров формирования таких требований является разработанная в Великобритании организацией Management Charter Initiative трехуровневая система стандартов компетентности менеджеров МСИ (Эм-Си-Ай) [12]. В настоящее время в России разработана и используется для формирования профессиональных стандартов Национальная рамка квалификаций РФ – НРК. На ее базе подготовлены «Уровни квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов» [23]. Широта полномочий и ответственность работников, в соответствии с этими уровнями с четвертого по девятый, представлены в таблице 4 в сравнении с Европейской рамкой квалификации.

Из таблицы 4 видно, что уже на четвертом уровне квалификации функции специалистов связаны управленческими (менеджерскими) обязанностями. Начиная с 7-го уровня это уже стратегические функции. Данный подход к образованию специалистов формирует еще одно ключевое требование к развитию человеческого капитала – подготовка работников к выполнению управленческих функций.

Таблица 4. Уровни квалификаций специалистов для профессиональных стандартов

№	Уровни квалификаций для профессиональных стандартов	Европейская рамка квалификаций (компетенции)
4	Планирование своей и групповой деятельности, решение практических задач, понимание научно-технических и методических основ решения задач	Осуществление самоменеджмента в соответствии с инструкциями в условиях трудовой деятельности или обучения, которые, как правило, являются предсказуемыми, но подвержены изменениям. Руководство типовой деятельностью других людей, принятие ответственности за оценку и совершенствование трудовой деятельности или обучения
5	Участие в управлении решением поставленных задач в рамках подразделения, элементы проектирования, применение профессиональных знаний	Осуществление менеджмента и руководства в области трудовой деятельности или обучения в условиях непредсказуемых изменений. Анализ и совершенствование собственной деятельности и деятельности других
6	Определение задач собственной работы, обеспечение взаимодействия сотрудников, управление их профессиональной деятельностью	Управление сложной технической или профессиональной деятельностью, или проектами, ответственность за принятие решений в непредсказуемых условиях трудовой деятельности или обучения. Принятие ответственности за управление профессиональным развитием отдельных людей и групп
7	Определение стратегии, управление процессами и деятельностью, разработка новых методов и технологий, создание новых знаний прикладного характера	Управление и преобразование контекстов трудовой деятельности или обучения, которые являются сложными, непредсказуемыми и требуют новых стратегических подходов. Принятие ответственности за вклад в профессиональные знания и практическую деятельность и/или за оценку стратегической деятельности команд
8	Определение стратегии, управление процессами на уровне крупных организаций, решение исследовательских задач, создание новых знаний междисциплинарного характера	Демонстрация значительных полномочий, инновационности, автономии, научной и профессиональной цельности, а также устойчивой приверженности разработке новых идей или процессов в передовых областях трудовой деятельности или обучения, включая исследования
9	Определение стратегии, управление большими техническими системами, решение наиболее сложных исследовательских задач, создание фундаментальных знаний	

Во введении мы отмечали, что современная эпоха характеризуется высоким уровнем нестабильности. Это делает высокостребованными навыки, которые наименее подвержены автоматизации и позволяют успешно решать сложные задачи [8]. Эти навыки также называют «навыки будущего». Среди этих навыков К. Шваб отмечает следующие: решение сложных проблем, системное мышление, навыки общения. Агентство стратегических инициатив России выделяет навыки будущего, представленные в таблице 5. Эти навыки подразделяются на навыки мышления и умения, то есть способности осмысленно выполнять действия, требующие теоретических знаний и практических навыков.

Таблица 5. Важнейшие навыки будущего

Мышление	стратегическое	системное	критическое	креативное
Умения	коммуникации	кооперации	самоорганизации	саморегуляции

Нужно отметить, что в числе навыков, приведенных в таблице 5, отсутствует важнейший навык решения проблем (проблемного мышления). С другой стороны, навык креативного мышления, генерации идей [24], скорее всего, невозможно выработать методом обучения. Это особенность человека, которая либо заложена генетически, либо возникает в раннем детстве. Нужно отметить, что в бизнес-образовании имеются методики овладения большинством из этих навыков. Таким образом, в условиях динамического внешнего окружения одним из ключевых требований к развитию человеческого капитала является владение восемью универсальными навыками будущего.

Подводя итоги выполненного исследования генезиса ключевых требований к развитию человеческого капитала, отметим, что основными порождающими эти требования факторами являются: изменчивость внешнего окружения, неопределенность будущей технологической революции и изменения в сфере образования.

Основными требованиями к развитию человеческого капитала являются:

1. Подготовка специалистов по двум основным направлениям:

киберфизическому и медико-биологическому, включая интеграцию этих двух направлений.

2. Рост доли работников с третичным образованием до 75% в течение 10–20 лет.
3. Поддержание числа работников НИОКР на уровне – 90 человек на млрд ВВП в междунар. долл. 2017 года.
4. Регулярная переподготовка взрослых работников на протяжении всей жизни с использованием дистанционных и андрагогических методов обучения.
5. Подготовка высококвалифицированных работников к выполнению управленческих функций в соответствии с требованиями Национальной рамки квалификаций РФ.
6. Подготовка специалистов к владению универсальными навыками будущего: стратегическое, системное, проблемное и критическое мышление, владение умениями коммуникации, кооперации, самоорганизации и саморегуляции.

Отметим, что мы рассмотрели важнейшие, но далеко не все ключевые требования к развитию человеческого капитала. В дальнейшем следует рассмотреть требования, которые возникают вследствие возрастания опасности продуктов технологических революций, роста числа профессий, нестабильности общества, депопуляции и миграции, глобализации, старения населения, роста неравенства, большого количества работников с частичной занятостью и этических проблем.

Выводы

1. Проведены исследования ряда важных факторов технологических революций: тематики научных работ, востребованности потенциальных инновационных продуктов и величины сил за различные технологические революции.
2. Показано, что, несмотря на лучшие научные и продуктивные характеристики медико-биологического направления, силы, поддерживающие реализацию киберфизической революции, доминируют в настоящее время, что приведет к задержке реализации очередной технологической революции.
3. Ключевое требование к развитию человеческого капитала в

условиях назревающей технологической революции, ввиду неопределенности в настоящее время ее направления, заключается в необходимости подготовки специалистов по двум основным направлениям: киберфизическому и медико-биологическому, включая интеграцию этих двух направлений.

4. Ключевые требования к развитию человеческого капитала, связанные с динамикой образовательных факторов, состоят в следующем:
 - обеспечение роста доли работников с третичным образованием до 75% в течение 10–20 лет;
 - поддержание числа работников НИОКР на уровне – 90 человек на млрд междунар. долл. ВВП;
 - регулярная переподготовка взрослых работников на протяжении всей жизни с использованием дистанционных и андрагогических методов обучения;
 - подготовка высококвалифицированных работников к выполнению управленческих функций в соответствии с требованиями Национальной рамки квалификаций РФ;
 - подготовка специалистов к владению универсальными навыками будущего.

Список источников

1. Silberglitt R., Anton P. S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation.
2. Tateisi K. The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989.
3. Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. – М.: Альпина нон-фикшн, 2012.
4. Education at a Glance 2020: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2020_69096873-en
5. Megachange: The World in 2050. Edited by Franklin D.,

- Andrews J. The Economist Newspaper Ltd., 2012.
6. Heckman J. J. (2000) Policies to foster human capital // Research in Economics. 54. P. 3–56.
 7. Шваб, Клаус. Технологии четвертой промышленной революции: [перевод с английского] / Клаус Шваб, Николас Дэвис. – Москва: Эксмо, 2018. – 320 с.
 8. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.
 9. Kondratieff, Nikolai D. The Long Waves in Economic Life (transl. by W. F. Stolper) // The Review of Economics and Statistics. November 1935 Vol. 17 No. 7 P. 105–115 (Harvard).
 10. Причина О.С., Орехов В.Д., Горшенин В.П. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции. Проблемы экономики и юридической практики. 2017. № 6. С. 43–48. М., Юр-ВАК. URL: https://world-evolution.ru/pdf/12_68_ru.pdf
 11. Wallerstein I. The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century. University of California Press, 2011. P. 14–
 12. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с. URL: https://world-evolution.ru/monograph/monograph_chapterpdf
 13. Nicholas Crafts. Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. The Economic Journal. Vol. 114, No. 495 (Apr., 2004), pp. 338–351.
 14. Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Electronics, pp. 114–117, April 19, 1965.
 15. Scimago Journal & Country Rank. 2019. URL: <https://www.scimagojr.com/journalrank.php?year=2019&area=2400>
 16. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Министерство образования и науки России, М., ДМ–П8–5. 2013.

17. Lewin, K. (1951) Field Theory in Social Science, Harper & Row.
18. Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, American Sociological Review. 2006.
19. Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V., Panfilova E.A., Shchennikova E.S. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. Opción, Año 35, VE, Especial No.20 (2019): 2337-2365. URL: https://world-evolution.ru/pdf/1_2019_106_IndicativeDiagnosticsoftheeducational.pdf
20. Researchers in R&D (per million people) The World Bank. 2018 URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?end=2018&start=1996>
21. Руководство по эффективному самообучению менеджеров. Хрестоматия. г. Жуковский, издат. Международного института менеджмента ЛИНК. Курс R654 – Эффективный менеджер. – 2013.
22. Щенников С.А., Теслинов А.Г., Вербицкий А. и др. Основы деятельности тьютора в системе дистанционного образования. – М.: Дрофа, 2006.
23. Приказ Минтруда России от 12 апреля 2013 г. № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов».
24. Belbin R.M. Management Teams. Why They Succeed or Fail. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 pp.

References

1. Silberglitt R., Anton P. S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyzes. (2006). RAND Corporation.
2. Tateisi K. The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy. Cambridge, Mass .: Productivity Press, 1989.

3. Kapitsa S.P. Growth Paradoxes: The Laws of the Global Development of Humanity. – M .: Alpina non-fikshin, 2012.
4. Education at a Glance 2020: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2020_69096873-en
5. Megachange: The World in 2050. Edited by Franklin D., Andrews J. The Economist Newspaper Ltd., 2012.
6. Heckman J. J. (2000) Policies to foster human capital // Research in Economics. Vol. 54. P. 3–56.
7. Schwab, Klaus. Technologies of the fourth industrial revolution: [translated from English] / Klaus Schwab, Nicholas Davis. – Moscow: Eksmo, 2018 .– 320 p.
8. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.
9. Kondratieff, Nikolai D. The Long Waves in Economic Life (transl. By W. F. Stolper) // The Review of Economics and Statistics. November 1935 Vol. 17 No. 7 P. 105-115 (Harvard).
10. Reason OS, Orekhov V.D., Gorshenin V.P. New patterns of dynamics of technological revolutions and exponential evolution. Problems of economics and legal practice. 2017. No. 6. P. 43–48. M., Yur-VAK. URL: https://world-evolution.ru/pdf/12_68_ru.pdf
11. Wallerstein I. The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century. University of California Press, 2011. P. 14–65.
12. V. D. nuts. Forecasting the development of mankind taking into account the factor of knowledge: Monogr. – Zhukovsky: MIM LINK, 2015 .– 210 p. URL: https://world-evolution.ru/monograph/monograph_chapter_4.pdf
13. Nicholas Crafts. Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. The Economic Journal. Vol. 114, No. 495 (Apr., 2004), pp. 338-351.

14. Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Electronics*, pp. 114-117, April 19, 1965.
15. Scimago Journal & Country Rank. 2019. URL: <https://www.scimagojr.com/journalrank.php?year=2019&area=2400>
16. Forecast of scientific and technological development of the Russian Federation for the period up to 2030. Ministry of Education and Science of Russia, M., DM – P8–5. 2013.
17. Lewin, K. (1951) *Field Theory in Social Science*, Harper & Row.
18. Schofer E., Meyer J. W. *The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century*, *American Sociological Review*. 2006.
19. Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V., Panfilova E.A., Shchennikova E.S. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. *Opción*, Año 35, VE, Especial No.20 (2019): 2337-2365. URL: https://world-evolution.ru/pdf/1_2019_106_IndicativeDiagnosticsoftheeducational.pdf
20. Researchers in R&D (per million people) The World Bank. 2018 URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?end=2018&start=1996>
21. Guidelines for effective self-education of managers. Reader. Zhukovsky, publ. International Institute of Management LINK. R654 Course – Effective Manager. – 2013.
22. Shchennikov SA, Teslinov AG, Verbitsky A. et al. Fundamentals of a tutor's activity in the system of distance education. – M .: Bustard, 2006.
23. Order of the Ministry of Labor of Russia dated April 12, 2013 No. 148n «On the approval of qualification levels in order to develop draft professional standards.»
24. Belbin R.M. *Management Teams. Why They Succeed or Fail*. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 pp.

Для цитирования: Андрущенко Г.И., Орехов В.Д., Блинникова А.В. Генезис ключевых требований к развитию человеческого капитала в условиях технологических революций // Московский экономический журнал. 2021. № 8. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-8-2021-9/>

© Андрущенко Г.И., Орехов В.Д., Блинникова А.В., 2021.
Московский экономический журнал, 2021, № 8.