

ПО ПУТИ К ВОЗРОЖДЕНИЮ

DOI: 10.37930/1990-9780-2022-4-74-9-27

С. А. Толкачев¹, А. Ю. Тепляков², А. В. Фалалеева³

ПРОГНОЗНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОНЦЕПЦИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ⁴

Выполняется сравнительный анализ популярных концепций технологического развития – промышленные революции, технологические уклады, технологии широкого применения. Показано развитие представлений о технологиях широкого применения и современное состояние проблемы. Технологии широкого применения последовательно развёртываются по схеме «производство – транспорт – информация» в соответствии с логикой накопления капитала. На основе авторской концепции цикличности развития комплекса технологий широкого применения обосновывается роль цифровых технологий как ключевых для формирующегося третьего технологического мегацикла, или третьей промышленной революции. Согласно прогнозам, полномасштабное промышленное развёртывание NBIC-технологий придёт на следующий технологический мегацикл, когда созреют отраслевые предпосылки для эффективного синтеза отдельных компонентов.

Ключевые слова: промышленные революции, новое индустриальное общество 2.0, технологии широкого применения, NBIC-технологии, технологические уклады, технологические мегациклы.

¹ *Сергей Александрович Толкачев*, первый заместитель руководителя Департамента экономической теории Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (125167, РФ, Москва, Ленинградский пр., 49/2), д-р экон. наук, профессор, e-mail: satolkachev@fa.ru

² *Артём Юрьевич Тепляков*, научный сотрудник Центра исследований долгосрочных закономерностей развития экономики Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (125167, РФ, Москва, Ленинградский пр., 49/2), канд. экон. наук, e-mail: teplyakovu@mail.ru

³ *Анастасия Владимировна Фалалеева*, стажер-исследователь Центра исследований долгосрочных закономерностей развития экономики Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (125167, РФ, Москва, Ленинградский пр., 49/2), e-mail: avfalaleeva@fa.ru

⁴ Статья подготовлена в рамках фундаментальной НИР «Теоретические основы формирования новой парадигмы управления социально-экономическим, технологическим и финансовым развитием России: междисциплинарный синтез эволюционных и волновых концепций», выполненной за счёт бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, 2022 г.

УДК 330.352

Современные «тектонические процессы глобальной трансформации» обусловлены широкомасштабными технологическими изменениями, для периодизации которых применяют несколько концепций. Теории ноономики и нового индустриального общества 2.0 С. Д. Бодрунова [4] представляют собой системный взгляд на проблему великого технологического [5] и сопутствующего социально-экономического и мирохозяйственного перехода, проходящего на наших глазах. Среди более узконаправленных (собственно технологических) концепций отметим концепцию четырёх промышленных революций, получившую с лёгкой руки К. Шваба [24] в 2015 г. широкое распространение и популярность. В 2011 г. германские промышленники ввели в оборот близкую по содержанию концепцию Индустрии 4.0 (некоторые авторы развили её до Индустрии 5.0 [3]). В России уже более 30 лет сверхпопулярна и имеет множество последователей концепция технологических укладов (ТУ) академика РАН С. Ю. Глазьева [6], которая является развитием концепции базисных инноваций немецкого учёного Г. Менша [41]. Близкая по смыслу система взглядов представлена в концепции технологий широкого применения (ТШП). Мы постараемся установить системные связи ТШП с ТУ, базисными инновациями и промышленными революциями. На основе выявленных закономерностей циклического развития ТШП мы сформулируем прогнозную оценку распространения некоторых чрезвычайно популярных в последние годы технологических направлений.

Концепция ТШП – понятие и развитие

Основоположниками концепции ТШП принято считать Timothy F. Bresnahan и M. Trajtenberg. В своей работе от 1992 г. они первыми дали определение ТШП, которое совершенствовали в последующих работах [47]. В России эта концепция получила широкую популярность после публикации знаменитой статьи академика В. М. Полтеровича [16]. ТШП применима во многих секторах национальной экономики, обладает способностью к усовершенствованию, имеет различные варианты использования и обладает технологической комплементарностью. Т. Ф. Bresnahan и М. Trajtenberg говорили о наличии в любой промежуток времени «технологического дерева», подразумеваемая наличие небольшой группы технологий («вершины» дерева), общие функции которых используются обширным числом технологических решений («низа» дерева) для обеспечения их основного функционирования. В качестве примера авторы выделили бинарную логику, которая повсеместно используется в электронике. Технологии, относящиеся к «вершине дерева», авторы охарактеризовали как ТШП при наличии следующих характеристик: а – повсеместное распространение (использование); б – имманентный потенциал для технических улучшений; в – инновационная комплементарность⁵. S. Petralia [44] характеризует ТШП аналогичным образом, выделяя в качестве основных характеристик: 1) обширные возможности для улучшений и доработок (самой технологии); 2) потенциал использования в различных продуктах и процессах; 3) сильную комплементарность с существующими или потенциальными новыми технологиями. Похожие черты выделяют и другие авторы [17, 26, 35, 46]. В работе [40] представленные в [47] характеристики ТШП дополнены следующими:

⁵ Под инновационной комплементарностью подразумевается улучшение технологий из «низа дерева» при улучшении ТШП.

4) ТШП позволяют реализовать множество новых последующих изобретений и инноваций, технически невозможных без ТШП;

5) ТШП может иметь единое общее использование при условии, что она широко распространена и обладает другими характеристиками ТШП (например, железные дороги);

6) в большинстве случаев у технологии нет близких заменителей.

Исходя из характеристик ТШП, отмеченных многими авторами, предлагаем использовать в исследовании следующее определение: ТШП – это «обособленная технология общего типа, узнаваемая как таковая на протяжении всего срока её службы, которая изначально имеет большие возможности для улучшения и в итоге становится широко используемой, находит множество применений и имеет множество внешних эффектов» [29]. Данное определение соответствует общей идее определений, предложенных В. Е. Рассказовым [17], В. Е. Дементьевым [10], E. Helpman, ed. [36], V. Jovanovic, P. L. Rousseau [37].

В качестве классических ТШП выделяют электричество, пар (в частности паровой двигатель), ИКТ [10, 17, 26, 30, 32, 37, 44, 47]. Авторы обсуждают новые технологии, которые, возможно, тоже будут отнесены к классическим, например, искусственный интеллект [17], блокчейн [35, 43], биотехнологии [17].

Некоторые исследователи полагают, что не только классические ТШП (электричество, пар и т. д.), но и другие технологии оказали столь же сильное влияние на производство и экономику. Иногда они имеют те же характеристики, что и классические ТШП, хотя используются в узком сегменте рынка. Например, железнодорожное сообщение в корне изменило логистические и торговые пути, оно имеет все характеристики ТШП, хотя его использование ограничено в основном железнодорожной сферой. R. Lipsey и др. [40] разделили ТШП на две крупные категории: 1 – оказывающие влияние на экономику путём проникновения в различные сферы применения и производства, 2 – имеющие очень узкую направленность, но оказывающие на экономику не меньший эффект. В соответствии с представленными характеристиками исследователи определили их как ТШП типа «Б» и типа «А». Таким образом, отнесение P. David, G. Wright [32] транспортных инноваций (железных дорог и автотранспорта) к категории ТШП оправданно, и данные технологии могут быть классифицированы как ТШП типа «А» в соответствии с делением Lipsey и др. [40]. Однако, данные авторы отмечали, что большую полезность имеет исследование ТШП типа «Б» (универсального применения), поэтому далее под ТШП понимаются ТШП типа «Б».

ТШП повышают общую производительность и эффективность в экономике [10, 17, 36, 46], способствуют экономическому росту [10] и могут трансформировать окружающие их социальные и политические структуры [44]. ТШП влияют на структуру производственных затрат, условия производства и распределения почти во всех отраслях экономики [33]. ТШП дополняют человеческие ресурсы, повышая общую производительность труда. В. Е. Дементьев [10] подчёркивал, что все технологические революции связаны с распространением технологий широкого применения.

Сама идея ТШП имеет полезность, если их можно «опознать» [39]. Действительно, при формировании концепций социально-экономического развития или оценке экономических тенденций следует учитывать революционные возможности ТШП. Для этого необходимо чётко определять, какие технологии могут встать в один ряд с классическими ТШП, а какие найдут лишь локальное использование, если вообще будут полезны. Проблема в том, что для классификации технологии как ТШП требовались оценка большой совокупности исторических данных и подтверждение выбора опытным путём.

S. Petralia [45] разработал набор индикаторов, основанных на патентных данных, отражающих основные характеристики ТШП. Патентные документы содержат большое количество информации о технологической природе изобретения, географическом местоположении изобретателя и известном уровне техники и помогают определить, какие ранее известные технологии использовались при создании нового изобретения. В качестве характеристик ТШП Petralia принял «классические» характеристики [47] и провёл исследование (табл. 1), используя патентные данные США.

Таблица 1

Измерение соответствия изобретения критериям ТШП*

Характеристика ТШП	Способ измерения
Широкие возможности для улучшений и доработок (самой технологии)	Оценка темпов роста патентования с использованием данной технологии
Потенциал использования в различных продуктах и процессах	Автор разработал словарь ключевых слов, соответствующих определённой базовой технологии. Алгоритм «искал» данные ключевые слова в доступных патентных документах, чтобы отследить, какие технологии из разнообразных классов используют одну и ту же базовую технологию
Сильная комплементарность с существующими или потенциальными новыми технологиями	Автор изучал различные технологические классы, к которым относились патентные заявки. При подаче заявления патент характеризуют по различным классам, полагая, что для реализации продукта или процесса требуется несколько изобретений в разных областях

*Составлено авторами на основании данных [44].

При помощи данных индикаторов измерялись различные классы технологий. Идея автора заключается в том, что оценки технологий, относящихся к ТШП, должны быть «выше среднего» по всем трём индикаторам при ранжировании по различным классам технологий. Фактически ТШП должны удовлетворять всем трём заявленным категориям.

Авторы подчёркивают, что индикаторы являются универсальными и позволяют оценить технологии, существовавшие в любой момент времени. Напомним, однако, об ограниченности применения патентного права, а также локальности его действия. Кроме того, подход является, скорее, ретроспективным и в меньшей мере помогает оценить технологии «в моменте». Ведущие журналы могут рассматривать статьи, представленные к публикации, годами, что снижает точность оценки. Других способов прогнозирования на данный момент нет, и оценка сводится в основном к экспертному суждению.

Технологии широкого применения и технологические уклады

Выше было аргументированно показано отсутствие единого подхода к классификации ТШП. Это убедительно доказывает содержание табл. 2, где перечислены теоретические наработки, изложенные в 10 научных публикациях.

Различные классификации технологий широкого применения [25]

№ п/п	Технологии широкого применения	Lipsey, Carlaw, Bekar (2005)	Bresnahan, Trajtenberg (1995)	Rosenberg (1998)	Casselli (1999)	Wright (2000)	Basu and Fernald (2005)	Gordon (2004)	Crafts (2004)	Jovanovic and Rousseau (2005)	Rousseau (2008)	ИТОГО
<i>Сельскохозяйственный / биологический инжиниринг</i>												
1	Окультуривание растений	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	1a) Гибридная кукуруза	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2	Приручение животных	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Материалы / химический инжиниринг</i>												
3	Выплавка бронзы	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2
4	Выплавка железа	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
5	Химический инжиниринг	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Двигатель</i>												
6	Водяное колесо	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2
7	Паровой двигатель	1	1	-	1	1	-	1	1	1	1	8
8	Электричество	-	1	-	-	1	-	1	1	1	1	6
	8a) Электрический мотор	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	8b) Динамо-машина	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
9	Двигатель внутреннего сгорания	1	-	-	-	1	-	1	-	1	1	5
<i>Транспортное оборудование / механический инжиниринг</i>												
10	Колесо	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
11	Трёхмачтовое парусное судно	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
12	Железный пароход	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
13	Железнодорожный транспорт	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	3
14	Автомобиль	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Накопление данных и коммуникация</i>												
15	Письменность	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
16	Книгопечатание	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
17	Информационно-коммуникационные технологии	-	-	-	1	1	1	-	1	1	1	6
	17a) Полупроводники	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	17b) Компьютер	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	17c) Интернет	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
<i>Организационные технологии</i>												
18	Фабричная система	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3
19	Массовое производство	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
20	Бережливое производство	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Несложно заметить, что исследователи практически пришли к консенсусу по поводу классической триады ТШП:

- 1 – паровой двигатель (паровые технологии) – 8 упоминаний из 10;
- 2 – электричество (электрические технологии) – 8 упоминаний из 10 (включая динамо-машину);
- 3 – информационно-коммуникационные технологии (цифровые технологии)⁶ – 9 упоминаний из 10 (включая полупроводники, компьютер и Интернет).

Почти полное научное единодушие, очевидно, не случайно. В настоящее время принято выделять, как минимум, три технологических революции, произошедших за последние два века: 1 – первая промышленная революция, породившая «век пара»; 2 – вторая промышленная (технологическая) революция, положившая начало «эпохе электричества»; 3 – «информационная революция», запустившая процесс цифровизации экономики.

Эти три «пучка» технологий (паровые, электрические и цифровые) в наибольшей мере могут быть признаны универсальными ТШП. Именно они демонстрируют наибольшее соответствие всему набору характеристик ТШП:

- обширные возможности для улучшений и доработок самой технологии;
- потенциал использования в различных продуктах и процессах;
- сильная комплементарность с существующими или потенциальными новыми технологиями;
- возможность реализации множества новых изобретений и инноваций, технически невозможных без ТШП;
- возможность единого общего использования при условии, что данная ТШП широко распространена и обладает другими характеристиками ТШП;
- отсутствие в большинстве случаев близких заменителей технологии.

В первую очередь отметим, что уникальная особенность данных технологий – потенциальная способность «революционизировать» все отрасли/сектора экономики (или их значительную часть). Не менее примечателен потенциал комплементарности этих ТШП. Так, в тесной связке с паровыми технологиями в рамках первой промышленной революции идут технологии добычи угля, выплавки чугуна и организации фабричной системы. Далее, на базе «электрификации всей страны» в период второй промышленной революции свой потенциал эффективно раскрывают технологии выплавки стали, химического инжиниринга, конвейерного производства и т. д. Цифровые технологии открывают широкие перспективы для межпланетных полетов и работы с веществом в нанометровом диапазоне; появления роботов-помощников и развития искусственного интеллекта; совершенствования систем контроля над человеком и продления его жизни и т. д.

Наконец, обратим внимание на «генетическую» преемственность выбранных выше ТШП. Например, в период первой промышленной революции (первого технологического мегацикла) производство перешло от использования механической энергии людей, животных, ветра или воды к паровым технологиям, позволяющим преобразовать тепло в механическую энергию. На смену «эпохе пара» пришел «век электричества» (второй мегацикл). На первый взгляд, технологии массового применения пара должны были стать историей. Однако именно пар стал играть ключевую роль в элек-

⁶ Вместо общепризнанного термина информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) мы намеренно используем понятие «цифровые технологии», поскольку в широком смысле ИКТ включают и речь, и письменность, и печатное дело, а также телеграф, телефон, радио, телевизор и т. д. Под цифровыми технологиями в первую очередь понимаются технологии полупроводникового производства, компьютер, программное обеспечение и Интернет.

троэнергетике. Например, в котельных установках химическая энергия топлива (угля, природного газа, ядерного топлива) преобразуется в тепло, в паровой турбине это тепло (пар) преобразуется в механическую энергию, которая в электрогенераторе преобразуется в энергию электрическую [23]. Активно используется пар в целом ряде современных отраслей (табл. 3).

Таблица 3

Технологии применения пара в современной экономике⁷

Отрасль / сектор	Применение пара
Электроэнергетика	Высоким давлением перегретого пара приводят в движение паровые турбины для выработки электроэнергии, с применением пароструйных эжекторов откачивают неконденсируемые газы в турбине и обеспечивают набор первичного вакуума
Нефтегазовая отрасль	При добыче нефти перегретый водяной пар закачивают в добывающие скважины для снижения вязкости нефти и повышения продуктивности скважин; насыщенным водяным паром подогревают трубопроводы, резервуары, цистерны для предотвращения застывания, отогревания застывших нефтепродуктов, уменьшения вязкости при разгрузке и перекачивании, для очистки цистерн от остатков нефтепродуктов; на нефтеперерабатывающих заводах в процессе ректификации для увеличения отбора светлых продуктов (бензина); в газовой промышленности водяной пар широко используется в процессах переработки природного газа для получения разного рода газов в химических процессах, протекающих при повышенной температуре и давлении
Химическая промышленность	С помощью пароструйных эжекторов создают вакуум в различном технологическом оборудовании, откачивают жидкости с растворёнными агрессивными примесями, перемещают жидкости и газы по трубам; под воздействием давления и высокой температуры водяного пара протекают многие реакции синтеза материалов; разогрев ванн с электролитом для гальванизации производят водяным паром
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	С помощью пара варят древесину для получения целлюлозы; бумажное полотно (полуфабрикат) сушат сушильными цилиндрами, которые равномерно прогреваются водяным паром; сушка древесины осуществляется в паровых термокамерах; при производстве фанеры пар применяют для сушки полуфабриката, а затем склейки «пирога» под действием высокой температуры; при производстве гофрокартона полуфабрикат нагревают и увлажняют водяным паром
Строительная отрасль и ЖКХ	Нагрев и пропарка изделий ЖБИ; прогрев инертных материалов (щебень, песок) в зимний период; набор прочности газобетона в автоклавах; вспенивание и формование пенопласта производят нагревом с помощью пара; очистка строительных площадок от льда и снега в зимний период; разморозка канализации, трубопроводов и водостоков в зимний период
Пищевая промышленность	Стерилизация и пастеризация молока, пива, консервов; мойка и обеззараживание тары, инвентаря, инструментов и оборудования; размораживание рыбы и мяса в дефрестационных камерах; варка продуктов в варочных котлах; варка продукта паром (например, варка колбас в термокамерах); в пароконвектоматах с помощью пара разогревают, тушат, жарят, варят, выпекают
Судоходная отрасль	Паром приводят в движение паровые двигатели; системы парового пожаротушения на судах

⁷ Технологии применения пара / BOOSTER CO., LTD – производство промышленных парогенераторов. URL: <http://booster-rus.ru/useful/tehnologii-primeneniya-para/> (дата обращения: 29.08.2022).

Далее, информационная революция последней трети XX в. (начало третьего технологического мегацикла), очевидно, была подготовлена повсеместным распространением электричества, успехами электротехники и рождением электроники. Так, основа современной микроэлектроники – микросхемы (или интегральные схемы) – изготавливается из полупроводникового материала (например, кремния). Основным свойством полупроводников является увеличение удельной электрической проводимости с ростом температуры. Полупроводник по значению удельного электрического сопротивления занимает промежуточное место между проводниками и диэлектриками, что позволяет добиться практически мгновенного переключения⁸.

Наконец, именно цифровые технологии позволили начать успешное освоение комплекса нано-, био- и аддитивных технологий, блокчейна, Интернета вещей, искусственного интеллекта и т. д. Безусловно, существуют и другие ТШП, но влияние описанных выше трёх универсальных ТШП на экономико-технологический прогресс является настолько значительным, что мы можем позиционировать их как «критические ТШП»⁹.

Логика глобального технологического развития нам представляется так: критические ТШП становятся основой примерно векового развития в рамках разворачивающегося *технологического мегацикла*.

ТШП, базисные инновации и технологический мегацикл

В одной из предыдущих работ мы попытались развить концепцию базисных инноваций Г. Менша путём придания ей циклического характера и увязки с концепцией НИО 2.0 [18]. После дополнения научных разработок Г. Менша данными из других источников мы получили матрицу, соединяющую концепции промышленных революций, ТУ и базисных инноваций (табл. 4¹⁰).

260 базисных инноваций были распределены между шестью последовательно сменяющимися друг друга ТУ. Информационно данная матрица раскрывает впечатляющую картину глобального технологического развития примерно за последние два с

⁸ Химическая энциклопедия / гл. ред. Н. С. Зефирова. М.: Большая Российская Энциклопедия, 1995. Т.4. С. 55; Введение в мир полупроводников / ©2022 Advanced Micro Devices, Inc. URL: <https://www.amd.com/ru/technologies/introduction-to-semiconductors> (дата обращения: 29.08.2022).

⁹ Перечень критических технологий Российской Федерации (утв. Президентом РФ от 30 марта 2002 года № Пр-578); Перечень критических технологий Российской Федерации (утв. Президентом РФ от 21 мая 2006 года № Пр-842); Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и перечня критических технологий Российской Федерации».

¹⁰ Таблица составлена А. Ю. Тепляковым на основе: The long wave in economic life / J. J. Duijn van. London; New York: Routledge, 2010. P. 176–179; Clark J., Freeman C., Soete R. Long Waves, Inventions, and Innovations // Future. August 1981. P. 313–314; Mensch Stalemate in Technology: innovations Overcome the Depression. 1979. P. 124–128; Глазьев С. Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. М.: Экономика, 2010. С. 94–95; Аллен Р. Британская промышленная революция в глобальной картине мира / пер. с англ. Н. В. Автономовой; науч. ред. перевода В. С. Автономов. М.: Изд-во Института Гайдара, 2014. С. 353; Сделано в России: идеи, технологии, открытия / Р. Фишман. М.: АСТ, 2019; Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. С. 24–26.

Матрица «Технологические уклады – отрасли – базисные инновации»

Промышленная революция		Первая ПР		Вторая ПР		Третья ПР	
ТУ		I	II	III	IV	V	VI
Период доминирования		1770– 1830-е гг.	1830– 1880-е гг.	1880– 1930-е гг.	1930– 1970-е гг.	1970– 2010-е гг.	2010-е гг. – ?
Количество базисных инноваций в отраслях соответствующего сектора экономики, шт. / %	Производство средств коммуникации	3 / 16 %	5 / 11 %	15 / 22 %	15 / 20 %	19 / 66 %	10 / 48 %
	То же производства	16 / 84 %	34 / 72 %	42 / 62 %	46 / 61 %	5 / 17 %	8 / 38 %
	То же транспорта	0 / 0 %	8 / 17 %	11 / 16 %	15 / 20 %	5 / 17 %	3 / 14 %

половиной века. Вместе с тем в одном ряду (с маркировкой «базисная инновация») на этой картине обнаруживаются и паровая машина (критическая ТШП), и автомобиль (секторальная ТШП), и перьевая ручка (очевидно, относящаяся ко вторичным – производным от ТШП – инновациям [16]). К сожалению, данная матрица при всей своей содержательности не обнаруживает ни иерархии технологий (инноваций) с точки зрения влияния на экономическое развитие, ни (за редким исключением) генетической связи между ними.

Именно поэтому с точки зрения выявления закономерностей распространения ТШП более продуктивным представляется «вписать» её в логически завершённую концепцию технологического мегацикла. Поскольку ТШП значительно трансформируют технологическую структуру национальной экономики, препятствуя убыванию отдачи факторов производства и таким образом стимулируя экономический рост, период полного раскрытия коммерческого потенциала ТШП представляет собой своеобразный технологический мегацикл [19]. На экономико-технологическом уровне он охватывает два ТУ, на социально-политическом уровне соответствует понятию мирохозяйственного уклада (МХУ), введённому в научный оборот С. Ю. Глазьевым [7] и А. Э. Айвазовым [1], и по времени длится примерно столетие.

Каждый такой мегацикл состоит из трёх этапов, обусловленных «встающими перед обществом» кризисами снижения эффективности капитала (см. рисунок).

Так, благодаря инвестиционному «оптимизму» бизнесменов, побуждаемых высокой нормой прибыли от коммерциализации «революционных» инноваций, ТШП осваивают пространство национальной экономики (нескольких национальных экономик), создавая принципиально новый производственный фундамент (средства производства). Защита государством национальных экономических интересов на данном этапе тождественна совокупности мероприятий (политике протекционизма), позволяющих добиться критической концентрации научно-инженерной базы на национальной территории, защитить молодые высокотехнологичные отечественные отрасли и обеспечить собственное экономическое лидерство на долгосрочном горизонте.

Однако по мере создания новых отраслей и обострения конкуренции на отраслевых рынках норма прибыли, получаемая предпринимателями от внедрения когда-то революционных технологий, начинает снижаться. Затормозить или даже на некоторое время обратить процесс вспять позволяет расширение рынков сбыта за пределы национальной экономики. Начинается глобальная торговая экспансия. Государственная внешнеторговая политика, ориентированная на реализацию национальных интересов, в данных условиях призвана обеспечивать минимальные барьеры в международной



Технологические закономерности эволюции внешнеэкономической политики ведущих стран мира (рисунок составлен С. А. Толкачевым и А. Ю. Тепляковым)

торговле (политика фритредерства). Примечательно, что внешнеторговая экспансия стран-лидеров, поддержанная дипломатическими соглашениями в экономической сфере, формирует и всё более актуализирует бизнес-потребность в снижении транспортных издержек. Ответом на неудовлетворённый спрос является проникновение господствующих ТШП в производство средств транспорта – начинается следующий этап технологического мегацикла.

Вместе с тем глобальный рынок тоже имеет свою ёмкость. По мере его насыщения товарами и услугами, созданными в рамках господствующего технологического мегацикла, предприниматели сталкиваются с уже знакомой проблемой – перенакоплением капитала и тесно связанным с ним падением нормы прибыли. В долгосрочной перспективе решением данной проблемы для бизнеса становится экспорт – только уже не товаров и услуг, а капитала. Инвестиции типа «greenfield» в странах с более дешёвой рабочей силой, более дешёвым и доступным сырьём, более близкими рынками сбыта, а также с более вероятным льготным налогообложением и государственными гарантиями защиты прав собственности для иностранного капитала позволяют предпринимателям существенно снизить издержки производства и реализации продукции. Это ведёт к сохранению, а зачастую и росту нормы прибыли, что привлекательно для бизнеса, штаб-квартиры которого размещены в ведущих государствах мира.

Для стимулирования данных процессов последние инициируют мероприятия по либерализации международного движения капитала (политику империализма/ глобализма). В таких условиях формируется и актуализируется новая бизнес-потребность – на этот раз в снижении издержек удалённого (трансконтинентального и даже трансокеанского) управления компаниями. Ответом на неудовлетворённый спрос в этом случае становится развитие принципиально новых средств коммуникации, правда, уже на базе нового (только зарождающегося) технологического мегацикла. Тем самым, с одной стороны, продлевается жизненный цикл уходящих ТШП, а с другой – запускается новая волна технологического обновления, которой предстоит «революционизировать» средства не только коммуникации, но и производства, и транспорта.

Итак, если ретроспективно опираться на анализ пяти и активно проявляющего себя шестого уклада, то технологический мегацикл состоит из двух укладов. В пределах господствующего ТУ на критические ТШП комплементарно «наслаиваются» другие ТШП (назовём их секторальными), порождая характерную только для него технологическую структуру (табл. 5).

Таблица 5

Технологические уклады и господствующие ТШП*

Технологический мегацикл		Технологический уклад		Период	Драйвер роста экономики
№ п/п	Критические ТШП	№ п/п	Секторальные ТШП		
I	Паровые	I	Текстильные машины, технологии добычи угля и выплавки чугуна	До 1840-х гг.	Средства производства
		II	Технологии станко-, пароходо- и паровозостроения	1840–1870-е гг.	То же транспорта
I–II	Электрические	III	Электрические средства коммуникации	1870–1910-е гг.	То же коммуникации
III			Конвейер, технологии выплавки стали, производства электротехнического оборудования и неорганической химии	1910–1940-е гг.	То же производства
II		IV	Двигатель внутреннего сгорания, технологии ракетостроения, цветной металлургии, добычи и переработки нефти, получения синтетических веществ и атомной энергетики	1940–1970-е гг.	То же транспорта
II–III	Цифровые (технологии производства полупроводников, компьютер, программное обеспечение, Интернет)	V	Электроника, робототехника, телекоммуникации, гейминг, технологии добычи и переработки газа	1970–2010-е гг.	То же коммуникации
III		VI	«Умные» системы, нанотехнологии, аддитивные технологии, Big Data, блокчейн, технологии «зелёной энергетики»	2010–2040-е гг. (?)	То же производства
		VI или VII (?)	Электромобили, «беспилотники», вакуумные поезда, ядерный буксир	2040-е гг. – ?	То же транспорта (?)

* Таблица составлена С. А. Толкачевым и А. Ю. Тепляковым.

В табл. 5 отсутствуют очень популярные в последние годы NBIC-технологии, представляющие собой инновационные прорывные технологии на стыке нано- (Nano-), био- (Bio-), информационных (Info-) и когнитивных технологий (Cogno-). Развитие NBIC-технологий наиболее активно происходит в последние полвека. Химия, биология, физика и прочие науки дошли во многих областях до той стадии развития, когда для получения новых практических результатов целесообразно использовать междисциплинарный подход. Этого требовали и объекты изучения, поскольку классические методы каждой из наук по отдельности не позволяли получить должные результаты. Технологическое развитие способствовало применению кроссдисциплинарных подходов. Постепенно NBIC-технологии находят практическое применение в бытовом контексте и стремительно развиваются. В качестве привычных будничных NBIC-технологий можно выделить биометрию (на стыке биологии и информации) или участие искусственного интеллекта в распознавании вирусов (на стыке биологии, информатики и когнитивных технологий). А. В. Фролов [22] выделяет другие, более интересные правительствам сферы, например наноэлектроника. Преимущество данных технологий в том, что они накладываются на существующие технологии, совершенствуя их или расширяя область применения. Увеличив долю одного направления, можно получить новые технологии.

С учётом выявленных нами закономерностей циклического характера развития ТШП они могут стать критическими в рамках четвёртого технологического мегацикла. Четвёртый мегацикл может стать полномасштабной реальностью в последней трети XXI в. (табл. 6), если человечество не столкнётся с катастрофой планетарного масштаба, последующей технологической деградацией и гибелью большей части (или всех) людей.

Таблица 6

Критические ТШП в ретроспективе и перспективе*

Технологический мегацикл		Период	Драйвер роста экономики
№ п/п	Критические ТШП		
I	Паровые	До 1840-х гг.	Средства производства
		1840–1870-е гг.	» транспорта
I–II	Электрические	1870–1910-е гг.	» коммуникации
II		1910–1940-е гг.	» производства
		1940–1970-е гг.	» транспорта
II–III		Цифровые	1970–2010-е гг.
III	2010–2040-е гг. (?)		» производства
	2040–2070-е гг. (?)		» транспорта (?)
III–IV	NBIC-технологии (?)	2070–3070-е гг. (?)	» коммуникации (?)
IV			» производства (?)
			» транспорта (?)

* Таблица составлена С. А. Толкачевым и А. Ю. Тепляковым.

Предпосылкой перехода к четвёртому мегациклу может послужить ситуация, когда в рамках трёх предшествующих мегациклов (шести или семи ТУ) машины последовательно «присвоят» себе функции человека в общественном производстве: расходование энергии посредством осуществления работы, восполнение и накопление энергии, воспроизводство рабочей силы, обучение, управление и даже, возможно, це-

леполагание. По мнению профессора Пенсильванского университета Р. Коллинза [14, с. 93], «...к 2040 году мы вполне можем достичь 50-процентной структурной безработицы, а вскоре затем и семидесятипроцентной». Р. Курцвейл (2010) называет данную ситуацию технологической сингулярностью, описывает её как превосходство искусственного интеллекта над человеческим и прогнозирует её в середине XXI столетия. В таких условиях человечеству грозит тотальная безработица. Сегодня не просто поверить в возможность такого будущего. Однако, если оно станет реальным, то человек, прежде всего как работник (принимая на себя все риски), может попытаться использовать передовые технологии для «преобразования» не мира вокруг, а самого себя – для возвращения себе права и способности быть полноценной рабочей силой, современным высокопроизводительным фактором производства.

Итак, поскольку ТШП каждого нового технологического мегацикла должны последовательно «революционизировать» сектор производства средств коммуникации, затем – сектор производства средств производства, наконец – производство транспортных средств, в рамках первой фазы четвёртого технологического мегацикла должны существенно усовершенствоваться когнитивные способности человека. Например, по мнению сопредседателя Совета территориально-отраслевого кластера Агрополис «АЛЬКИАГРОБИОПРОМ» Р. И. Булатова, седьмой ТУ должен открыть «эпоху когнитивных технологий»¹¹.

Далее, следуя логике нашей концепции, вторая фаза будет призвана «распаковать биотех», который победит болезни, расширит физические возможности людей и значительно продлит их жизнь. Наконец, на третьем этапе нового мегацикла человечество устремится в глубины океанов, на полюса Земли и уверенно выйдет за её пределы во Вселенную, создавая станции-колонии на пригодных для жизни планетах. Если к тому времени капитализм ещё сохранится как система, то для него это будет означать практически неограниченное расширение рынков.

Конечно, такое трансгуманистическое будущее, когда в соответствии с прогнозами основателя и президента Всемирного экономического форума К. Шваба «современные внешние устройства, такие как ноутбуки и гарнитуры виртуальной реальности, в конечном итоге, скорее всего, будут имплантированы в наши тела и умы», таит в себе реальные угрозы утраты людьми привычного уровня жизни, набора завоёванных относительно недавно (по меркам исторического времени) прав и свобод и даже смысла бытия. В настоящее время у человечества нет удовлетворительных ответов на эти беспрецедентные вызовы.

Можно предположить, что решения следует искать прежде всего в идее хронологической конечности капитализма и гипотетическом или историческом существовании альтернативной (более эффективной и/или более справедливой) системы. Кроме того, само наличие в мире конкурирующих общественных систем может выступить гарантом сохранения прав «маленького человека». Источником умеренного оптимизма служит опыт полувекового противостояния США и СССР, которое, несомненно, подталкивало правительства обеих стран к проведению социально ориентированной внутренней политики.

¹¹ Булатов Р. И. Семь плюс один технологических укладов // Деловая электронная газета «Бизнес Online». 21.07.2017. URL: <https://www.business-gazeta.ru/blog/352133> (дата обращения: 31.07.2022).

Список литературы

1. Айвазов, А. Э. Формирование интегрального мирохозяйственного уклада – будущее мировой экономики / А. Э. Айвазов, В. А. Беликов // Экономическая наука современной России. – 2017. – № 1. – С. 7–21.
2. Амирова, Н. Р. Цифровые сквозные технологии: реалии и перспективы развития / Н. Р. Амирова, Я. Э. Кондратьева; ЦИТИСЭ. – 2019. – № 4(21). – С. 169–182. DOI 10.15350/24097616. 2019. 4.18.
3. Бабкин, А. В. Интеллектуальная киберсоциальная экосистема Индустрии 5.0: понятие, сущность, модель / А. В. Бабкин, Е. В. Шкарупета, В. А. Плотников // Экономическое возрождение России. – 2021. – №4(70).
4. Бодрунов, С. Д. Переход к перспективному технологическому укладу: анализ с позиций концепций НИО.2 и ноономики / С. Д. Бодрунов // Экономическое возрождение России. – 2018. – №3 (57). – С. 5–12.
5. Бодрунов, С. Д. Современный технологический переход и его социально-экономические последствия / С. Д. Бодрунов // Экономическое возрождение России. – 2022. – № 2 (72).
6. Глазьев, С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев. – М.: ВлаДар, 1993.
7. Глазьев, С. Ю. Мирохозяйственные уклады в глобальном экономическом развитии / С. Ю. Глазьев // Экономика и математические методы. – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 3–29.
8. Денисов, А. С. Сквозные технологии в электронном государстве: социально-политический аспект / А. С. Денисов // PolitBook. – 2019. – № 4. – С. 21–36.
9. Деева, Т. В. Сквозные технологии цифровой экономики как фактор формирования динамической устойчивости налоговых органов / Т. В. Деева // Beneficium. – 2021. – № 1 (38).
10. Дементьев, В. Е. Взаимовлияние технологий широкого применения и кондратьевские циклы / В. Е. Дементьев // Социально-экономические проблемы современности: поиски междисциплинарных решений: Сб. науч. тр. участников Междунар. конф. «XXIV Кондратьевские чтения». – М., 2016. – С. 126–131.
11. Дигилина, О. Б. Сквозные технологии: современное использование, проблемы и новые тенденции / О. Б. Дигилина, Д. В. Лебедева // Инновации в менеджменте. – 2022. – № 2(32). – С. 8–14.
12. Жмудь, В. А. Сквозные цифровые технологии и основные барьеры их развитию / В. А. Жмудь // Автоматика и программная инженерия. – 2019. – № 3(29). – С. 32–44.
13. Кадацкая, Д. В. Сквозные технологии в эпоху цифровой экономики как фактор формирования инновационной предпринимательской среды / Д. В. Кадацкая, Ю. С. Лаврова // Modern Economy Success. – 2020. – № 2. – С. 94–99.
14. Коллинз, Р. Средний класс без работы: выходы закрываются / Р. Коллинз // Есть ли будущее у капитализма?: Сб. статей И. Валлерстайна, Р. Коллинза, М. Манна, Г. Дерлугьяна, К. Калхуна; пер. с англ. под ред. Г. Дерлугьяна. – М.: Изд-во Института Гайдара, 2017.
15. Легчилина, Е. Ю. Сквозные технологии в банковской сфере / Е. Ю. Легчилина, Т. А. Фоменко // Инновационная экономика и общество. – 2021. – № 4(34). – С. 42–47.
16. Полтерович, В. М. Гипотеза об инновационной паузе и стратегия модернизации / В. М. Полтерович // Вопросы экономики. – 2009. – № 6.
17. Рассказов, В. Е. Финансово-экономические последствия распространения искусственного интеллекта как технологии широкого применения / В. Е. Рассказов // Финансы: теория и практика. – 2020. – Т. 24, № 2. – С. 120–132. DOI 10.26794/2587-5671-2020-24-2-120-132.

18. Толкачев, С. А. Концепция циклической последовательности распространения базисных технологий в экономике и онтологическая обусловленность теорий индустриального общества / С. А. Толкачев, А. Ю. Тепляков // Экономическое возрождение России. – 2019. – № 4 (62). – С. 19–36.
19. Толкачев, С. А. Концепция отраслевого распространения базисных технологий: новый технологический мегацикл / С. А. Толкачев, А. Ю. Тепляков // Экономист. – 2020. – № 1. – С. 25–35.
20. Тюкавкин, Н. М. Научно-технологические комплексы в развитии промышленных региональных комплексов / Н. М. Тюкавкин // Вестник СамГУ. – 2012. – № 7.
21. Урасова, А. А. Сквозные технологии управления промышленностью современной России / А. А. Урасова // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2020. – № 1 (15). – С. 63–66.
22. Фролов, А. В. NBIC-технологии и направления их развития в США / А. В. Фролов // Инновации. – 2013. – № 7. – С. 63–73
23. Чазов, А. В. Техника и технология энергетического производства: Текстовый электронный образовательный ресурс для студентов-бакалавров очной формы обучения по направлению 38.03.02 Менеджмент / А. В. Чазов, Т. Ю. Чазова; науч. ред. Л. Д. Гительман. – Екатеринбург: УФУ им. Б. Н. Ельцина, 2021. – С. 3.
24. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. – М.: Эксмо, 2016.
25. Alexander J. Field. (2008). Does Economic History Need GPTs? Santa Clara University, p. 9.
26. Bresnahan, T. (2010). Chapter 18 - General Purpose Technologies. Handbook of the Economics of Innovation, North-Holland, Volume 2, pp. 761–791. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)02002-2](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)02002-2).
27. Bronwyn, H., Trajtenberg, M. (2006). Uncovering General Purpose Technologies with Patent Data. New Frontiers in the Economics of Innovation and New Technology, chapter 14, Edward Elgar Publishing.
28. Cantner, U., Vannuccini, S. (2012). A New View of General Purpose Technologies. Jena Economic Research Papers, 2012-054.
29. Carlaw, K. I., Bekar, C. T. (2005). Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth. Oxford University Press.
30. Crafts, N. (2004). Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. The Economic Journal, Volume 114, Issue 495, pp. 338–351, <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2003.00200.x>
31. Crafts, N. (2021). Artificial intelligence as a general-purpose technology: an historical perspective. Oxford Review of Economic Policy, Volume 37, Issue 3, pp. 521–536, <https://doi.org/10.1093/oxrep/grab012>
32. David, P., Wright, G. (2012). General Purpose Technologies and Surges in Productivity: Historical Reflections on the Future of the ICT Revolution. The Economic Future in Historical Perspective.
33. Edquist, H., Henrekson, M. (2006). Technological Breakthroughs and Productivity Growth. Research in Economic History, 24, pp. 1–53. DOI: 10.1016/S0363-3268(06)24001-1.
34. Feldman, M., Yoon, J. (2008). An empirical test for general purpose technology: An examination of the Cohen-Boyer rDNA technology. Industrial and Corporate Change, 21. DOI: 10.1093/icc/dtr040.
35. Filippova, E. (2019). Empirical evidence and economic implications of blockchain as a general purpose technology. Technology and Engineering Management Conference. DOI: 10.1109/TEMSCON.2019.8813748.

36. Helpman, E. (ed.). (1998). *General Purpose Technologies and Economic Growth*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
37. Jovanovic, B., Rousseau, Peter L. (2005). Chapter 18 – General Purpose Technologies. *Handbook of Economic Growth*, Elsevier, Volume 1, Part B, pp. 1181–1224, [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01018-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01018-X).
38. Kogler, D., Balland, P., Boschma, R. (2014). Relatedness and Technological Change in Cities: The rise and fall of technological knowledge in U. S. metropolitan areas from 1981 to 2010. *Industrial and Corporate Change*. DOI: 10.1093/icc/dtu012.
39. Lipsey, R. G., Carlaw, K. I., Bekar, C. T. (2005). *Economic transformations: General purpose technologies and long-term economic growth*. OUP Oxford.
40. Lipsey, R., Carlaw, K., Bekar, C. (2016). General purpose technologies in theory, applications and controversy: a review. DOI: 10.13140/RG.2.2.35756.87681.
41. Mensch, G. (1979). *Stalemate in Technology* / G. Mensch. – Ballinger Publishing Company.
42. Moser, P., Nicholas, T. (2004). Was Electricity a General Purpose Technology? Evidence from Historical Patent Citations. *American Economic Review*, 94(2), pp. 388–394.
43. Ozcan, S., Unalan, S. (2022). Blockchain as a General-Purpose Technology: Patentometric Evidence of Science, Technologies, and Actors. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69 (3), pp. 792–809, DOI: 10.1109/TEM.2020.3008859.
44. Petralia, S. (2020). Following the Trail of a General Purpose Technology: Electrical & Electronic Technological Adoption in the 1920s.
45. Petralia, S. (2020). Mapping general purpose technologies with patent data. *Research Policy*, 49 (7). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104013>.
46. Rainer, A., Strohmaier, R. (2014). Modeling the diffusion of general purpose technologies in an evolutionary multi-sector framework. *Empirica*, 41 (3), pp. 425–444. DOI: 10.1007/s10663-014-9264-0.
47. Timothy, F. Bresnahan, Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies ‘Engines of growth’? *Journal of Econometrics*, 65 (1), pp. 83–108, [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T).

References

1. Aivazov, A. E., Belikov, V. A. (2017). Formirovaniye integralnogo mirohozaystvennogo uklada – budushee mirovoy ekonomiki [Development of integral world economic system – the future of world economy]. *Economical science of modern Russia*, № 1, pp. 7–21.
2. Amirova, N. R. (2019). Tsifroviye skvozniye tehnologii: realii i perspektivy razvitiya [General purpose technologies: realities and development perspectives]. *TSITISE*, № 4(21), pp. 169–182. DOI 10.15350/24097616.2019.4.18.
3. Babkin, A. V., Shkarupeta, E. V., Plotnikov, V. A. (2021). Intellektualnaya kibersotsialnaya Sistema Industrii 5.0: ponyatiye, sushnost, model [Intellectual cyber-social ecosystem of the Industry 5.0: definition, pith, model]. *Economical revival of Russia*, №4.
4. Bodrunov, S. D. (2018). Perehod k perspektivnomu technologicheskomu ukladu: analiz s pozitsiy kontseptsiy NIO.2 i nooekonomiki [Transition to the advanced technological system: analysis from perspective of NIO.2 and nooeconomy]. *Economical revival of Russia*, №3, pp. 5–12.
5. Bodrunov, S. D. (2022). Sovremenniy technologicheskiy perehod I ego sotsialno-ekonomicheskkiye posledstviya [Modern technological transition and its socio-economic consequences]. *Economical revival of Russia*, №2.
6. Glazyev, S. Yu. (1993). Teoriya dolgosrochnogo tehniko-ekonomicheskogo razvitiya [Theory of long-term technical-economical development]. Vladar.

7. Glazyev, S. Yu. (2016). Mirohozaystvenniye ukhladi v globalnom ekonomicheskom razvitiy [World economic systems in global economic development]. *Economics and mathematic methods*, 52, №2, pp. 3–29.
8. Denisov, A. S. (2019). Skvozniye tehnologii v electronnom gosudarstve: sotsialno-politicheskiy aspect [General purpose technologies in a digital state: socio-political aspect]. № 4, pp. 21–36.
9. Deeva T. V. (2021). Skozniye tehnologii tsifrovoy ekonomiki kak faktor formirovaniya dimanicheskoy ustoychivosty nalogovih organov [General purpose technologies in digital economy as a development factor of dynamic sustainability of tax authorities]. № 1 (38).
10. Dementyev V. E. (2017). Vzaimovliyaniye tehnologiy shirokogo primeneniya i kongratiyevskiye tsikly. Sotsialno-ekonomicheskiye problemy sovremennosti: poiski mezdistsiplinarnih resheniy. Sbornik nauchnih trudov uchastnikov Mezhdunarodnoy konferentsii «XXIV Kondratyevskiye chteniya», Moskva, 16–17 noyabrya 2016 [Mutual influence of general purpose technologies and Kondratiev cycles. Contemporary socio-economic problems: searching for cross-disciplinary solutions. Collection of studies of participant of the International conference «XXIV Kondratiev readings», Moscow, 16–17 November 2016] pp. 126–131.
11. Diligina, O. B., Lebedeva, D. V. (2022) Skvozniye tehnologii: sovremennoe ispolzovaniye, problemi i noviye tendentsii. [General purpose technologies: contemporary application, problems and new tendencies]. *Management innovations*, № 2(32), pp. 8–14.
12. Zmud, V. A. (2019). Skvozniye tehnologii i osnovniye baryeri k razvitiyu [General purpose technologies and main obstacles for their development]. *Automatic and program engineering*, № 3(29), pp. 32–44.
13. Kadatskaya, D. V. (2020). Skvozniye tehnologii v epochu tsifrovoy ekonomiki kak faktor formirovaniya innovatsionnoy predprenimatelskoy sredi [General purpose technologies as a factor of innovative business environment development]. *Modern Economy Success*, № 2, pp. 94–99.
14. Kollins, R. (2017). Sredniy klass bez raboti: vihody zakrivayutsya [Middle class without work: entrances are closing]. *Does capitalism have the future? Gaidar institute, Collection of articles*, p. 73.
15. Legchilina, E. Yu. (2021). Skvozniye tehnologii v bankovskoy sfere [General purpose technologies in the banking field]. *Innovation economy and society*, № 4(34), pp. 42–47.
16. Polterovich, V. M. (2009). Gipoteza ob innovatsionnoy pause i strategiya modernizatsii [Hypothesis on innovation pause and modernization strategy]. *Economical questions*, № 6.
17. Rasskazov, V. E. (2020). Finansovo-ekonomicheskiye posledstviya rasprostraneniya iskusstvennogo intellekta kak tehnologii shirokogo primeneniya [Financial and economic consequences of II spreading as a general purpose technology]. *Finance: theory and practice*, 24 (2), pp. 120–132. DOI 10.26794/2587-5671-2020-24-2-120-132.
18. Tolkachov, S. A., Teplyakov, A. Yu. (2019). Kontseptsiya tsiklicheskoy posledovatelnosti rasprostraneniya bazisnih tehnologiy v ekonomike i ontoloicheskaya obuslovlennosti teorii industrialnogo obshestva [Concept of cyclic sequence in the dissemination of base-level technologies in the economy and ontological causality of industrial society theories]. *Economic revival of Russia*, № 4, pp. 19–36.
19. Tolkachov, S. A., Teplyakov, A. Yu. (2020). Kontseptsiya otraslevogo rasprostraneniya bazisnih tehnologiy: noviy tehnologicheskii megatsikl [Concept of sectorial spread of basic technologies: new technological megacycle]. *Economist*, № 1, pp. 25–35.
20. Tukavkin, N. M. (2012). Naukoyomkiye tehnologii v razvitiy promishlennih regionalnih kompleksov [High technologies in regional industrial complexes development]. *SamGU Bulletin*, №7.

21. Urasova, A. A. (2020). Skvozniye tehnologii upravleniya promishlenostyu sovremennoy Rossii [Management general purpose technologies of modern Russian industries]. ITNOU: Information technologies in science, education and management, № 1 (15), pp. 63–66.
22. Frolov, A. V. (2013). NBIC-tehnologii i napravleniya ih razvitiya v SSHA [NBIC-technologies and ways of their development in USA]. Innovations, № 7, pp. 63–73.
23. Chazov, A. V., Chazova, T. Yu. (2021). Technika i tehnologiya energeticheskogo proizvodstva [Technics and technologies of energy production]. Text electronic education material for bachelor full-time Management students, ed. Gitelman L.D., UFU named after Eltsin B.N., p. 3.
24. Shvab K. (2016). Chetvortaya promishlennaya revolutsiya [The fourth technology revolution], Eskmo.
25. Alexander J. Field. (2008). Does Economic History Need GPTs? Santa Clara University, p. 9.
26. Bresnahan, T. (2010). Chapter 18 - General Purpose Technologies. Handbook of the Economics of Innovation, North-Holland, Volume 2, pp. 761–791. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)02002-2](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)02002-2).
27. Bronwyn, H., Trajtenberg, M. (2006). Uncovering General Purpose Technologies with Patent Data. New Frontiers in the Economics of Innovation and New Technology, chapter 14, Edward Elgar Publishing.
28. Cantner, U., Vannuccini, S. (2012). A New View of General Purpose Technologies. Jena Economic Research Papers, 2012-054.
29. Carlaw, K. I., Bekar, C. T. (2005). Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth. Oxford University Press.
30. Crafts, N. (2004). Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. The Economic Journal, Volume 114, Issue 495, pp. 338–351. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2003.00200.x>
31. Crafts, N. (2021). Artificial intelligence as a general-purpose technology: an historical perspective. Oxford Review of Economic Policy, Volume 37, Issue 3, pp. 521–536. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grab012>
32. David, P., Wright, G. (2012). General Purpose Technologies and Surges in Productivity: Historical Reflections on the Future of the ICT Revolution. The Economic Future in Historical Perspective.
33. Edquist, H., Henrekson, M. (2006). Technological Breakthroughs and Productivity Growth. Research in Economic History, 24, pp. 1–53. DOI: 10.1016/S0363-3268(06)24001-1.
34. Feldman, M., Yoon, J. (2008). An empirical test for general purpose technology: An examination of the Cohen-Boyer rDNA technology. Industrial and Corporate Change, 21. DOI: 10.1093/icc/dtr040.
35. Filippova, E. (2019). Empirical evidence and economic implications of blockchain as a general purpose technology. Technology and Engineering Management Conference. DOI: 10.1109/TEMSCON.2019.8813748.
36. Helpman, E. (ed.). (1998). General Purpose Technologies and Economic Growth. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
37. Jovanovic, B., Rousseau, Peter L. (2005). Chapter 18 – General Purpose Technologies. Handbook of Economic Growth, Elsevier, Volume 1, Part B, pp. 1181–1224, [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01018-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01018-X).
38. Kogler, D., Balland, P., Boschma, R. (2014). Relatedness and Technological Change in Cities: The rise and fall of technological knowledge in U.S. metropolitan areas from 1981 to 2010. Industrial and Corporate Change. DOI: 10.1093/icc/dtu012.

39. Lipsey, R. G., Carlaw, K. I., Bekar, C. T. (2005). *Economic transformations: General purpose technologies and long-term economic growth*. OUP Oxford.
40. Lipsey, R., Carlaw, K., Bekar, C. (2016). *General purpose technologies in theory, applications and controversy: a review*. DOI: 10.13140/RG.2.2.35756.87681.
41. Mensch, G. (1979). *Stalemate in Technology* / G. Mensch. – Ballinger Publishing Company.
42. Moser, P., Nicholas, T. (2004). Was Electricity a General Purpose Technology? Evidence from Historical Patent Citations. *American Economic Review*, 94(2), pp. 388–394.
43. Ozcan, S., Unalan, S. (2022). Blockchain as a General-Purpose Technology: Patentometric Evidence of Science, Technologies, and Actors. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69 (3), pp. 792–809. DOI: 10.1109/TEM.2020.3008859.
44. Petralia, S. (2020). Following the Trail of a General Purpose Technology: Electrical & Electronic Technological Adoption in the 1920s.
45. Petralia, S. (2020). Mapping general purpose technologies with patent data. *Research Policy*, 49 (7), <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104013>.
46. Rainer, A., Strohmaier, R. (2014). Modeling the diffusion of general purpose technologies in an evolutionary multi-sector framework. *Empirica*, 41 (3), pp. 425–444. DOI: 10.1007/s10663-014-9264-0.
47. Timothy, F. Bresnahan, Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies ‘Engines of growth’? *Journal of Econometrics*, 65 (1), pp. 83–108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T).

S. A. Tolkachev¹², A. Yu. Teplyakov¹³, A. V. Falaleeva¹⁴. Predicting Potential of the Systematic Dissemination of General-Purpose Technologies Concept in the Economy. The article attempts a comparative analysis of popular concepts of technological development – industrial revolutions, technological modes, general purpose technologies. It shows the development of ideas about general purpose technologies and the current state of the problem. General purpose technologies are consistently deployed on the scheme “production-transport-information” in accordance with the logic of capital accumulation. Based on the development of the author’s concept of cyclic development of the general purpose technologies complex, the role of digital technologies as key for the emerging third technological megacycle or the third industrial revolution is substantiated. There is a forecast assumption that the full-scale industrial deployment of NBIC-technologies will be in the next technological megacycle, when all industry prerequisites for the effective synthesis of individual components will mature.

Keywords: industrial revolutions, new industrial society 2.0, general purpose technologies, NBIC-technology, technological modes, technological megacycles.

¹² *Sergei A. Tolkachev*, First Deputy Head of the Department of Economic Theory at the Financial University under the Government of the Russian Federation (Leningradsky pr., 49/2, Moscow, 125167, Russia), Doctor of Economics, Professor, e-mail; satolkachev@fa.ru

¹³ *Artyom Yu. Teplyakov*, Researcher at the Center for Research on Long-Term Economic Development of the Financial University under the Government of the Russian Federation (Leningradsky pr., 49/2, Moscow, 125167, Russia), Ph.D. in Economics, e-mail; teplyakov@mail.ru

¹⁴ *Anastasia V. Falaleeva*, intern-researcher at the Center for Research on Long-Term Economic Development of the Financial University under the Government of the Russia (Leningradsky pr., 49/2, Moscow, 125167, Russia), e-mail; avfalaleeva@fa.ru