

Особенности современного экономического развития

DOI: 10.31249/kgt/2022.03.01

Технологические скачки: теория и международные ИКТ-практики

Ирина Геннадиевна ДЕЖИНА

доктор экономических наук, руководитель департамента анализа научно-технологического развития, Сколковский институт науки и технологий, Территория Инновационного центра «Сколково»
Большой бульвар, д. 30, стр. 1, г. Москва, Российская Федерация, 121205
E-mail: i.dezhina@skoltech.ru
ORCID: 0000-0002-3402-3433

Сергей Викторович ЕГЕРЕВ

доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, Институт научной информации по общественным наукам РАН (ИНИОН РАН)
Нахимовский проспект, д. 51/21, г. Москва, Российская Федерация, 117418
E-mail: segerev@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6998-1060

ЦИТИРОВАНИЕ: Дежина И.Г., Егеров С.В. Технологические скачки: теория и международные ИКТ-практики // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2022. № 3. С. 6–23.
DOI: 10.31249/kgt/2022.03.01

Статья поступила в редакцию 16.06.2022.
Исправленный текст представлен 05.08.2022.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследование теоретических аспектов технологического скачка и анализ российского контекста проведены Дежиной И.Г. в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 20-011-00187. Исследование мирового опыта в сфере ИКТ выполнено Егеровым С.В. по госзаданию ИНИОН РАН.

АННОТАЦИЯ. Технологический скачок – дискретный этап развития страны или отрасли, представляющий замену предшествующей технологии на принципиально новую. Понятие технологического скачка стало развиваться с середины 1980-х годов, однако общепринятого определения на сегодняшний день нет. Интерес к условиям и структуре технологических скачков усилился, когда выяснилось, что дого-

няющие страны и отрасли могут ускоренно развиваться путем непрерывного подражания и инноваций, минуя при этом адаптацию устаревших технологий и избегая инвестиций в предыдущие технологические системы.

В статье на теоретическом материале и международном опыте развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) анализируются условия, необходимые для технологи-

ческого скачка. Выбор именно ИКТ обусловлен тем, что они являются признанными драйверами экономического роста и социального развития. Сегодня благодаря скачку в странах третьего мира формируются амбициозные планы развития сетей фиксированной связи нового поколения, перехода к стандарту 5G, сервисам электронной торговли и электронного правительства.

Исходя из мирового опыта, выделены факторы, необходимые для успешного технологического скачка, и анализируется потенциал его реализации в России. В условиях санкционного давления актуализируется не просто реверс-инжиниринг, а именно скачок, способный обеспечить технологическую самостоятельность. Показано, что в России частично созданы условия для технологического скачка в области 5G, а именно накоплен адаптационный потенциал в части технологий и подготовки кадров, кооперации науки и промышленности, есть возможности использования разработок и оборудования, а также условия для формирования благоприятного социотехнологического климата.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: догоняющее развитие, технологический скачок, наука, подрывные инновации, научно-производственная кооперация, информационно-коммуникационные технологии, мировой опыт, точки обмена интернет-трафиком, дата-центры, Россия.

Технологический скачок – понятие, чаще всего рассматриваемое в контексте догоняющего развития на разных уровнях (как стран, так и компаний). Выполнив скачок, догоняющий может опередить лидеров, сделав что-то новое, и тем самым перегнав их в технологическом развитии [Goldemberg, 2011; Drezner, 2019]. Возможность

осуществления скачка непосредственно связана с развитием науки, так как определяется уровнем необходимых знаний [Chen, Li-Hua, 2011; Kimble, Wang, 2012].

Технологический скачок актуален не только для догоняющих стран, но и стран под санкциями, у которых ограничен доступ к технологиям. Россия столкнулась с беспрецедентной ситуацией масштабных санкций, поэтому актуализируется не просто реверс-инжиниринг, а именно скачок, способный обеспечить технологическую самостоятельность. В отличие от реверс-инжиниринга при технологическом скачке страна развивает собственные технологии, не находясь в постоянной зависимости от зарубежных разработок.

В России есть определенный потенциал для скачка, например, об этом свидетельствуют позитивные тренды патентования в ряде технологических областей. Кроме того, потенциал сосредоточен в академических институтах и НИИ при вузах, имеющих опыт производства образцов и малых серий изделий [Чувильдеев, 2022]. Однако слабой остается кооперация компаний с научными институтами и вузами, что отчасти связано с тем, что в последние 10 лет сфера науки была сосредоточена на повышении публикационной активности. В 2020 г. почти три четверти компаний не сотрудничали с вузами, 80% – с научными организациями [Индикаторы науки..., 2022, с. 291].

Полезен анализ стран, имеющих опыт такого скачка. В данной статье на теоретическом материале и международном опыте развития информационно-коммуникационных технологий анализируются условия, необходимые для технологического скачка, и делаются выводы для России. Выбор именно ИКТ обусловлен тем, что они являются признанными драйверами экономического роста и социального развития.

Теоретические основания, формы и условия технологического скачка

Типология технологических скачков

В научной литературе технологический скачок рассматривается как в парадигме догоняющего развития, так и в качестве самостоятельного явления. Понятие технологического скачка стало развиваться и уточняться с середины 1980-х годов, однако общепринятого определения на сегодняшний день нет [Saghafi, Mohaghar, Kashiha, 2021], и технологический скачок остается противоречивой концепцией [Afawubo, Noglo, 2022]. Следует подчеркнуть, что понятие скачка отличается от концепций технологических укладов или технологических волн, когда происходит масштабный переход к новой технологической базе. В российском научном дискурсе преобладают исследования изменений, связанных с укладами и технологическими волнами, без акцентирования задач догоняющего развития.

В отличие от смены укладов, технологический скачок обычно происходит в контексте догоняющего развития. Под догоняющим развитием в форме скачка обычно подразумевается, что новичок на определенном рынке технологий способен следовать за лидерами ускоренными темпами и «догнать» их [Fagerberg, Godinho, 2005; Intellectual Property Rights..., 2010]. В работах начала-середины 2000-х годов было распространено мнение, что понятия «догоняющий» и «прыгающий» представляют собой синонимы [Kim, 1997; Lee, Lim, 2001; Sudharshan, Liu, Ratchford, 2006].

В более поздних исследованиях Малерба и Нельсон [Malerba, Nelson, 2011], Ли [Lee, 2012], Ли и Малерба [Lee, Malerba, 2017; Malerba, Lee, 2021] определяют, что скачок может означать создание иной технологической траектории, в том числе ввиду возможно-

сти быстрого распространения информации в странах догоняющего развития [James, 2013]. Совершить скачок становится возможным потому, что со временем технологические лидеры всегда меняются, так как не могут постоянно поддерживать высокие темпы инноваций. Это обосновал Мокир [Mokyr, 1990, P. 207], показав, что ни одна нация не была (технологически) очень креативной дольше «исторически короткого периода».

Термин «технологический скачок» (leapfrogging) ввел Сосьете [Socete, 1985], предположив, что отстающие могут ускоренно развиваться путем непрерывного подражания и инноваций. Таким образом, тогда же появилась первая развилка – догоняющее развитие путем попыток повторения пути лидеров (имитация) и догоняющее развитие, предполагающее собственные инновации. При этом путь инноваций может привести к тому, что запаздывающие «перепрыгнут» через более старые технологии, избежав существенных инвестиций в предыдущие технологические системы [Athreye, Goley, 2009]. Есть и варианты классификации, добавляющие к догоняющему развитию и скачку третий компонент – опережающее развитие [Giovannetti, 2013]. Вместе с тем опережающее развитие – это, на наш взгляд, скорее, последствие технологического скачка.

Ли и Лим [Lee, Lim, 2001] выделили два типа скачков: межпоколенческий, когда догоняющий переходит на новый технологический трек, и стадийный, когда скачок происходит на одной и той же технологической кривой. Кимбл и Ванг [Kimble, Wang, 2012] развили данный подход, выделив уже три разновидности скачков: (1) прыжок через этап; (2) создание пути; (3) изменение парадигмы. По сути, первый и третий вариант соответствуют формам скачков, определенным Ли и Лим. Пры-

жок через этап (или «стадийный» скачок) представляет собой перепрыгивание через этап нормального развития и переход сразу к более продвинутой стадии. Для того чтобы проскочить этап, нужен свободный доступ к знаниям и наличие необходимой социальной и технологической инфраструктуры.

Скачки, создающие путь, подразумевают поиск альтернативного пути от одной ступени к другой. Выбирая направление развития, которое другие не оценили, отстающий может обойти конкурентов. Такой скачок возможен только при наличии достаточно развитого научного и технологического потенциала и при сотрудничестве государственного и частного секторов [Lee, Lim, Song, 2005].

Наконец, скачок, меняющий парадигму, аналогичен межпоколенческому скачку. В этом случае догоняющий настолько опережает конкурентов, что начинает новую технологическую парадигму. Этот вид скачка тесно связан с понятием «подрывных» (разрушающих) инноваций. Идея разрушающих технологий была подробно исследована в работе Боуэра и Кристенсена [Bower, Christensen, 1995]. Такую технологию заранее сложно идентифицировать, поскольку у нее еще нет рынка. Поэтому подрывные инновации чаще всего развиваются в стартапах и, следовательно, необходимым условием становится наличие венчурного финансирования [Lerner, Nanda, 2020].

Единого рецепта для успешного скачка не существует из-за разности политических, культурных, институциональных, технологических и экономических факторов [Fagerberg, Srholec, 2008]. Однако есть меняющиеся условия, способствующие его реализации [Singh, 2021]. Так, Ли и Малерба [Lee, Malerba, 2017] выделили три «окна возможностей», связанные с изменениями в знаниях и технологиях, в спро-

се, а также в институтах и государственной политике.

В связи с этим Ли [Lee, 2019] предложил три «обходных пути» – по сути, три условия, которые надо выполнить, чтобы скачок состоялся. Первый состоит в том, чтобы двигаться путем небольших изобретений и патентовать их. Второй путь связан с увеличением доли внутренней добавленной стоимости в экспорте вместо опоры на глобальные цепочки создания стоимости. Третий путь предполагает специализацию на технологиях короткого цикла, имеющих более низкие входные барьеры на рынок (например, ИКТ-технологиях), и только на более поздней стадии переходить к инновациям в отраслях с длинным циклом (например, в фармацевтике).

Факторы и этапы обеспечения технологического скачка

Скачкообразный переход базируется на использовании новых знаний, для получения которых важно объединение усилий научных институтов и вузов. Помимо этого, необходимо создание собственных центров исследований и разработок в компаниях, поскольку иностранные фирмы неохотно выдают технологические лицензии растущим фирмам [Lee, 2021]. Таким образом, скачок в определяющей мере зависит от научного потенциала, работы ученых и инженеров, способных разобрататься в современных технологиях [Goldemberg, 2011]. Следовательно, первым и важнейшим фактором осуществления скачка являются инвестиции в научные исследования и разработки.

В этой связи особую значимость имеет финансовая поддержка правительства [Chen, Li-Hua, 2011], поскольку скачок – это дорогостоящая для страны политика [Chen, Farinelli, Johansson, 2004]. Основные функции государства заключаются в поддержке науки,

в том числе исследований и разработок в компаниях, создании эффективной институциональной структуры, улучшении рыночной среды. В исследованиях отмечается также высокая значимость зарубежной экспертизы и опыта репатриантов [Giovannetti, 2013; Cherif, Hasanov, 2019; How Asia..., 2020].

Наконец, для совершения скачка необходимо непрерывное обучение [Steinmueller, 2001], особенно в области предпринимательства [Díaz-Chao, Sainz-González, Torrent-Sellens, 2015]. Должны развиваться соответствующие навыки персонала, включая обучение специалистов, которые будут использовать (и обучать других тому, как использовать) технологии [Technology Leapfrogging..., 2000].

Характерные этапы скачка сформулированы в работе [Ng, Tan, 2018] на примере развития ИКТ в Азербайджане. Это (1) формирование стратегии, (2) определение пробелов в знаниях и потенциала их устранения, в том числе за счет привлечения зарубежных экспертов, (3) собственно разработка технологии и (4) поддержание траектории развития технологии, в том числе путем популяризации результатов. Успешное прохождение этапов закрепляет инновации.

Отталкиваясь от теоретических постановок, важно оценить, каким образом они преломляются в реальной практике осуществления технологических скачков. На примере информационно-коммуникационных технологий мы рассматриваем динамику их развития в догоняющих странах, а затем оцениваем позиции и потенциал России в этой технологической области. Сравнение практик развивающихся стран и России представляется корректным.

Развивающиеся страны сделали рывок (особенно в период пандемии) и теперь решают сходные с нами задачи. При этом рассматриваемые страны так же, как и Россия, преодолевают ограничения, только другого рода.

Технологические скачки на примере ИКТ в развивающихся странах

Особенности информационно-телекоммуникационной отрасли

Освоение развивающимися странами различных видов ИКТ может происходить в форме технологических скачков. При этом скачкообразное развитие возможно во всех основных областях информационных технологий, к которым относятся аппаратное обеспечение, программное обеспечение и коннективность, а также в части освоения новых технологий потребителями.

В области мобильных ИКТ возможны скачки и без пропуска этапов – просто в силу дискретности перехода от предыдущего поколения связи к последующему. Так, переход от стандарта 2G к следующему стандарту 3G был революционным событием – качественным скачком. Скорость беспроводной передачи данных в сети 3G достигла 40 Мбит/с, и абоненты впервые получили возможность смотреть кинофильмы по телефону. Было подсчитано, что увеличение охвата сетью 3G на 10% давало 0,15% прироста валового внутреннего продукта на душу населения¹.

А вот переход от 3G к 4G привел, скорее, к улучшению количественных показателей: скорость передачи данных возросла до 110 Мбит/с. Таким образом, страны, которые перешли

1 What is the impact of mobile telephony on economic growth? // GSM Association. – 2012. – November. – URL: <https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/11/gsma-deloitte-impact-mobile-telephony-economic-growth.pdf> (дата обращения: 01.06.2022).

от 2G к 3G, и те, которые сразу перешли к 4G, совершили скачки в равной мере. Камбоджа, перейдя от стандарта 2G к стандарту 4G, сегодня имеет один из самых конкурентных рынков мобильной широкополосной связи в мире. Страна смогла предложить инвесторам привлекательные условия, а именно легальную 100%-ную собственность для иностранцев и ограниченные регулирующие сборы. Соответственно, цены на мобильную широкополосную связь здесь одни из самых низких². Широкополосная связь является одним из главных приоритетов в Руанде, Вануату и Сенегале³. В Руанде в партнерстве с частными инвесторами создана единая беспроводная широкополосная сеть 4G, которая охватывает 95% населения. Соответствующие программы ООН стимулируют привлечение частного бизнеса, в том числе транснациональных корпораций, однако национальные правительства за последние десятилетия научились соблюдать баланс интересов с точки зрения сохранения технологического суверенитета.

Успешный ИКТ-скачок: подготовка и условия

Развивающимся странам сложно совершить технологический скачок, и чаще они выбирают путь «трансфера технологий» или имитации. При этом одной из самых сложных задач становится выбор приоритетной технологии, изменяющей правила игры. В области ИКТ страны делали выбор между широкополосным мобильным и фиксированным доступом. В наименее развитых странах третьего мира мобильный доступ в приоритете. В 2020 г. там

насчитывался 351 миллион абонентов мобильной широкополосной связи, что в 26 раз больше, чем число пользователей фиксированной связи. Однако пандемия показала, что мобильная широкополосная связь не является идеальной заменой связи стационарной, и заставила вносить коррективы в планы развития ИКТ. Перелому ситуации в пользу фиксированной связи, в частности, способствовало развитие системы видеоконференций в период самоизоляции. Оно повлекло за собой массовое приобретение компьютеров, дополнительных мониторов и другого оборудования.

Исходя из накопленного опыта, можно сформулировать четыре условия того, чтобы скачок на передовой край технологий стал возможным. Эти практические условия в целом соответствуют рассмотренным теоретическим моделям. Условия имеют общий характер и относятся также и к странам под «санкционными» ограничениями.

Первым необходимым условием успешного скачка является наличие адаптационного потенциала. В технологическом отношении адаптационный потенциал представляет возможность привлечения инвестиций, необходимых для создания прототипов новых устройств или нового программного обеспечения. Вторым важным компонентом адаптационного потенциала являются подготовленные человеческие ресурсы, общая научная и технологическая культура. Человеческие ресурсы обеспечиваются подготовкой собственных кадров, «импортом» иностранных специалистов, помощью научно-технологической диаспоры.

2 Connectivity in the Least Developed Countries. Status report // ITU. – 2021. – URL: https://www.un.org/ohrlls/sites/www.un.org.ohrlls/files/21-00606_1e_ldc-digital_connectivity-rpt_e.pdf (дата обращения: 01.06.2022).

3 Broadband for National Development in Four LDCs: Cambodia, Rwanda, Senegal, Vanuatu // United Nations Office of the High Representative for the Least Developed Countries, Landlocked Developing Countries and Small Island Developing States. – 2018. – URL: <https://www.un.org/ohrlls/news/broadband-national-development-four-ldcs-cambodia-rwanda-senegal-vanuatu-2018> (дата обращения: 10.06.2022).

Вторым условием успешного скачка является наличие доступа к передовому оборудованию, инфраструктуре и технологиям как гарантия того, что «откат» к технологиям предыдущего поколения не понадобится. В это же условие входит и требование к наличию национальной инфраструктуры передачи данных. В свою очередь, в инфраструктуре выделяются две критически составляющие. Во-первых, это IXP-точки обмена интернет-трафиком – сетевые инфраструктуры, предназначенные для оперативной организации соединений и межоператорского обмена. В девятнадцати наименее развитых странах мира по состоянию на 2021 г. IXP-точки вообще отсутствовали. Из 47 наименее развитых стран полностью современная сеть IXP-точек есть только в Мьянме, Руанде и Уганде⁴. Вторая необходимая инфраструктурная составляющая – это система дата-центров, то есть комплексы серверов, обслуживающие хостинг-провайдеров. В отстающих странах дата-центров насчитывается менее 100 из общемирового числа 4000. Поэтому при наиболее благоприятном сценарии лишь 5–7 наименее развитых стран могут совершить значимый скачок и догнать современный уровень развития. Обращаясь к российской ситуации, можно обнаружить регионы (в основном сибирские), в которых дефицит дата-центров близок к упомянутым странам.

Третье необходимое условие для осуществления скачка – наличие взаимодополняющих технологических возможностей и развитая кооперация. Часть продуктов высоких технологий можно охарактеризовать как «автономные» системы. Однако часто требуется значительная системная интеграция с другими сервисами. Таким образом,

на стратегию скачков влияет и состояние рынков дополнительных технологий. Известный пример: производство электронных систем требует вклада машиностроительных отраслей для производства корпусов изделий. Соответственно, необходим мониторинг зарубежного прогресса по всем компонентам вспомогательных технологий.

Известно также, что для успешного освоения принципиально новых технологий необходимо «горизонтальное» сотрудничество с другими развивающимися, но более продвинутыми странами. Иногда оно оказывается полезнее потенциально неравноправной прямой кооперации с развитыми странами. В 2015 г. страны Центральной Азии, не имеющие выхода к морю, были вовлечены в консорциум по проекту Трансъевразийской высокоскоростной информационной магистрали *TASIM*, предполагавшему создание принципиально новой волоконно-оптической линии связи от Гонконга до Франкфурта. Сотрудничество в течение нескольких лет с лидерами проекта – Азербайджаном и Китаем – оказалось полезным, и страны-участницы получили решения для надежной локальной connectivity [Ng, Tan, 2018].

Четвертое условие – наличие благоприятного социотехнологического климата для локализации и дальнейшего развития вновь обретенной технологии, а также интеграции с другими сервисами. До недавнего времени необходимой была институциональная поддержка процесса для решения проблем, связанных с меньшим размером ИКТ-рынка в стране-реципиенте, а также трудностями логистики и маркетинга. Страны-лидеры развивающегося мира показывают хороший пример институциональной поддержки

4 Internet Exchange Points // Packet Clearing House. – 2018. – URL: https://www.pch.net/services/internet_exchange_points (дата обращения: 01.06.2022).

ИКТ-развитию. В Саудовской Аравии действует программа «Видение-2030» [Рогожин, 2021], были созданы Национальный комитет по цифровой трансформации для разработки политики, стратегий и программ цифровизации и другие институты. Азербайджанская национальная стратегия развития информационного общества, принятая в 2016 г., также реализуется сетью институтов [Ng, Tan, 2018].

В последние несколько лет появилась перспектива замены институтов

цифровыми платформами, то есть информационными системами, связывающими клиентов, партнеров, разработчиков приложений и поставщиков услуг. Цифровые платформы часто формируются там, где институты работают недостаточно эффективно. Пример в этом случае показывают страны – лидеры второго мира. Так, в Саудовской Аравии это платформы *Noor* (образование), *MindSphere* («Интернет вещей»), *Mawid* (здравоохранение) и др. [Рогожин, 2021]. Азербайджан, а за ним



Рисунок 1. Распространенность автономных станций мобильной связи 5G по состоянию на 22 апреля 2022 г.

Figure 1. The prevalence of 5G SA stations as of April 22, 2022

Источник: Ericsson Mobility Report // Ericsson. – 2022. – URL: <https://www.ericsson.com/49d3a0/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2022/ericsson-mobility-report-june-2022.pdf> (дата обращения: 29.07.2022).

и некоторые другие страны внедрили платформу межгосударственного документооборота *X-Road*⁵.

Если эти четыре условия выполнены, то прогноз благоприятный. Сегодня основные направления скачкообразного развития ИКТ в странах третьего мира связаны (а) с переходом к стандарту 5G, (б) с развитием сетей фиксированной связи нового поколения, (в) с освоением сервисов электронной торговли и электронного правительства.

Ушли в прошлое восторги первых лет ИКТ-строительства, когда главной новостью было открытие системы SMS-оповещения фермеров Бангладеш об эпидемиях на птицефабриках. Сегодня развивающиеся страны решают крупные современные задачи, и Россия начинает конкурировать именно с ними.

На рисунке 1 светлыми пятнами отмечена распространенность автономных станций 5G. Карта наглядно

⁵ Азербайджан первым внедрил платформу X-Road в системе электронного правительства // Digital report. – 2018. – URL: <https://digital.report/azerbaydzhan-pervyim-vnedril-platfomu-x-road-v-sisteme-elektronnogo-pravitelstva/> (дата обращения: 10.06.2022).

демонстрирует рост охвата упомянутых выше стран, относящихся к перечню наименее развитых. Очевидно и то, что Россия стоит перед большим вызовом.

Россия и условия для успешного скачка

Несомненно, крупным технологическим скачком будет признано освоение Россией стандарта связи 5G. В какой степени социотехнологический и научно-организационный климат в России отвечает рассмотренным выше четырем условиям успешного скачка?

Первым условием, как уже указано, является наличие адаптационного потенциала в части технологий и подготовки кадров. Уровень подготовленности научно-инженерных кадров в области ИКТ косвенно оценивается, например, по изменению числа объектов интеллектуальной собственности (ИС). Несмотря на введенные в 2014 г. санкции, динамика регистрации прав на ИС в период до 2020 г. (последние

доступные данные) была положительной для программ для ЭВМ, а число зарегистрированных баз данных стало резко расти с 2017 г. (рисунок 2).

Таким образом, адаптационный потенциал в российской сфере ИКТ достаточно высок. Следует отметить, что страна находится в общемировом тренде, поскольку рынок ИКТ постоянно растет. По оценкам *Gartner*, в 2021 г. прирост мирового рынка ИКТ составил 9,5%, причем наиболее высокими темпами развивались программное обеспечение и устройства.

Второе условие – наличие доступа к передовому оборудованию, инфраструктуре и технологиям – для России частично выполняется. Серьезным вызовом являются санкционные ограничения. Поэтому первым шагом к технологическому скачку может быть реверс-инжиниринг и параллельный импорт компонентов, что уже происходит в ряде областей. Если в прошлые годы реверс-инжиниринг главным образом относился к механическим устройствам, то в наши дни главным его объектом стало программное обеспечение.

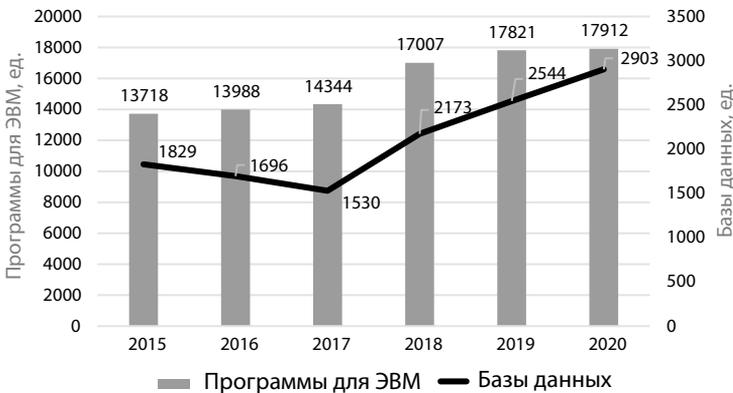


Рисунок 2. Динамика регистрации российских объектов интеллектуальной собственности: программы для ЭВМ и базы данных

Figure 2. Registration of the Russian intellectual property rights objects: computer programs and data bases

Источник: [Индикаторы науки..., 2022, с. 278].

Культура реверс-инжиниринга и параллельного импорта в СССР была высокой. Так, во времена холодной войны СССР искусно поддерживал параллельный импорт в области высоких технологий для обхода санкций, наложенных Координационным комитетом по экспортному контролю (КОКОМ). В наше время Правительство Российской Федерации постановлением от 29 марта 2022 г. № 506 легализовало параллельный импорт для удовлетворения спроса на востребованные зарубежные приборы и технологии.

С точки зрения насыщенности ИКТ-инфраструктурой ситуация в Европейской России и в Уральском регионе относительно благополучная. За Уралом преобладает очаговый характер расположения дата-центров и IXP-точек. Новые мощности вводятся в строй преимущественно в Москве: большинство ведущих провайдеров пока не очень интересуются регионами. Соответственно, новые облачные сервисы, поддерживаемые дата-центрами последнего поколения, сосредотачиваются именно в столице. Ситуация с неравномерным ИКТ-развитием регионов напоминает цифровые разрывы в практике менее развитых стран.

Взаимодополняющие технологические возможности и развитая кооперация (третье условие) могут быть достигнуты при определенных усилиях. Причем важна как кооперация науки и промышленности, так и возможность создания новых компаний на базе НИИ и вузов. Некоторые условия для этого есть, но важны дополнительные инициативы государства по стимулированию развития научно-производственных связей.

Зарубежная экспертиза является необходимым условием технологического скачка, и здесь в настоящее время есть существенные проблемы. В условиях растущей изоляции [Дежина, Егерева, 2022] и разрыва связей с ключевыми западными партнерами частичным решением проблемы будет расширение взаимодействий с рядом стран Азии, такими как Китай, Индия, Бразилия и Турция.

И, наконец, рассмотрим возможность достижения благоприятного социотехнологического климата для локализации и дальнейшего развития вновь обретенной технологии, а также интеграции с другими сервисами (четвертое условие). У организаций различных типов шансы на успех неравны. Наибольшим потенциалом для технологического скачка обладают «компании-газели»⁶, которые активно сотрудничают в сфере исследований и разработок с научными институтами и вузами. С начала пандемии обсуждались меры государственной помощи таким компаниям, однако сегодня фокус сместился на создание благоприятных условий для работы компаний ИКТ-сектора. Для них вводится освобождение на три года от уплаты налога на прибыль, отмена на тот же срок проверок, кредиты по ставке не более 3%, упрощение процедуры трудоустройства иностранцев и получения ими вида на жительство⁷. В отношении крупных госкомпаний имеются установленные государством приоритетные направления технологического развития. В 2019–2021 гг. сформирован список так называемых отдельных высокотехнологичных направлений, за каждое из которых отвечают госкорпорации и компании с государственным участием. Их перечень показывает, что

6 Быстрорастущие компании с ежегодным ростом выручки не менее 20% на протяжении трех лет.

7 Меры поддержки для IT-компаний // КонсультантПлюс. – 2022. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411198/d47d63c1bd09b4f09b07d6278860e9673ca0f14f/ (дата обращения: 10.06.2022).

выбор сделан в пользу самых быстро-развивающихся в мире областей, причем многие направления требуют совершенствования знаний и навыков в области ИКТ. Позиции России по этим направлениям не очень сильные. Доля научных публикаций по большинству направлений составляет 1–2% от мирового числа публикаций в этих областях, тогда как общее число российских научных публикаций составляет 3,3% от общемирового. Поэтому можно предположить, что здесь есть потенциал для скачка, связанного с пропуском этапов, но не с созданием нового пути [Kimble, Wang, 2012] и не с появлением подрывных инноваций [Bower, Christensen, 1995]. Тем не менее точки роста имеются, и в повестку дня встает определение целей технологических скачков и поэтапное их достижение.

Неправильно считать, что 5G – это всего лишь очередное увеличение скорости мобильной связи. Например, одним из главнейших драйверов этого скачка являются потребности роботизации. Пока еще роботы выполняют несложные задачи на стационарных постах сортировщиков на складах гигантских интернет-ритейлеров. Однако в ближайшем будущем все физические перемещения товаров и людей будут осуществляться с помощью роботов. Действующий стандарт 4G-LTE с поддержкой этого сервиса не справится – нужна новая сеть, где в услуги будет включена не только еще большая скорость передачи данных, но и поддержка искусственного интеллекта.

Однако речь идет не только о развитии, но и сохранении интернет-связи в России. Структуры 5G призваны снять большую часть нагрузки с оптоволоконных систем фиксированной связи. Возраст уложенного оптоволокна бли-

зится к 30 годам, оно подвержено старению и потере прозрачности.

Выход России на передовые рубежи связи 5G имел бы большой резонанс. Развитие связи 5G – одно из приоритетных направлений деятельности государства в рамках реализации национальной программы «Цифровая экономика РФ». На заседании Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 18 июля 2022 г. В.В. Путин подчеркнул важность этого направления и призвал к широкому вовлечению частного бизнеса. Во исполнение назревшего скачка в качестве первоочередной президент сформулировал задачу повышения качества подготовки инженерных и IT-кадров⁸.

Для реализации проекта нужно приобрести, разработать и смонтировать большое число единиц уникального оборудования. После введения санкций возникла серьезная нехватка полупроводниковых схем, электрического и компьютерного оборудования, необходимых для создания дата-центров нового поколения. Помимо санкций, к форсированному производству собственного оборудования страну подталкивают и другие обстоятельства. Большинство стран для систем 5G используют частоты 3,4–3,8 ГГц. В России этот диапазон занят силовыми структурами. Пока под пилотные сети 5G в России выделяют частоты под стандарт mmWave – в диапазоне 24,65–29,5 ГГц. Такая частота обеспечивает рекордную скорость передачи данных, но дальность действия соты не превышает сотен метров. И тут возникают те же проблемы, что и у Wi-Fi: плохое покрытие в сложном рельефе и необходимость в огромном количестве ретрансляторов. Для передачи в этот

8 Заседание Совета по стратегическому развитию и национальным проектам // Президент России. – 2022. – 18 июля. – URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/69019> (дата обращения: 04.08.2022).

проект оптимальных частот требуется сильное политическое решение.

Дешевого решения рассматриваемой проблемы в сложившихся условиях не существует. Однако политическая воля позволит обеспечить все четыре условия успешного 5G-скачка даже в условиях целого ряда ограничений.

Список литературы

Дежина И.Г., Егеров С.В. Движение к автаркии в российской науке сквозь призму международной кооперации // ЭКО. – 2022. – № 1. – С. 35–53. – DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2022-1-35-53.

Индикаторы науки: 2022 : статистический сборник / Гохберг Л.М. [и др.]. – Москва : НИУ ВШЭ, 2022. – 401 с.

Рогожин А. ИКТ как направление диверсификации экономики Саудовской Аравии // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 122–141. – DOI: 10.23932/2542-0240-2021-14-4-8.

Чувильдеев В. Как сделать науку полезной. Неспящие в вузах // Эксперт. – 2022. – № 15. – URL: <https://expert.ru/expert/2022/15/kak-sdelat-nauku-poleznoy-nespyaschiye-v-vuzakh/> (дата обращения: 06.06.2022).

Afawubo K., Noglo YA. ICT and Entrepreneurship: A Comparative Analysis of Developing, Emerging and Developed Countries // Technological Forecasting and Social Change. – 2022. – Vol. 175, February. – P. 159–182. – DOI: 10.1016/j.techfore.2021.121312.

Athreye S., Godley A. Internationalization and Technological Leapfrogging in the Pharmaceutical Industry // *Industrial and Corporate Change*. – 2009. – Vol. 18, N 2. – P. 295–323. – DOI: 10.1093/icc/dtp002.

Bower J.L., Christensen C.M. Disruptive Technologies: Catching the Wave // Harvard Business Review. – 1995. – Vol. 73,

N 1. – P. 43–53. – DOI: 10.1016/0024-6301(95)91075-1.

Chen D., Li-Hua R. Modes of Technological Leapfrogging: Five Case Studies from China // Journal of Engineering and Technology Management. – 2011. – Vol. 28, N 1–2. – P. 93–108. – DOI: 10.1016/j.jengtecman.2010.12.006.

Chen Y., Farinelli U., Johansson T.B. Technological Leapfrogging – a Strategic Pathway to Modernisation of the Chinese Iron and Steel Industry? // Energy for Sustainable Development. – 2004. – Vol. 8, N 2. – P. 30–38. – DOI: 10.1016/S0973-0826(08)60457-3.

Cherif R., Hasanov F. The Leap of the Tiger: Escaping the Middle-income Trap to the Technological Frontier // Global Policy. – 2019. – Vol. 10, N 4. – P. 497–511. – DOI: 10.1111/1758-5899.12695.

Díaz-Chao A., Sainz-González J., Torrent-Sellens J. ICT, Innovation, and Firm Productivity: New Evidence from Small Local Firms // Journal of Business Research. – 2015. – Vol. 68, N 7. – P. 1439–1444. – DOI: 10.1016/j.jbusres.2015.01.030.

Drezner D.W. Technological Change and International Relations // International Relations. – 2019. – Vol. 33, N 2. – P. 286–303. – DOI: 10.1177/0047117819834629.

Fagerberg J., Godinho M.M. Innovation and Catching-up // The Oxford Handbook of Innovation. – 2005. – P. 514–543.

Fagerberg J., Srholec M. National Innovation Systems, Capabilities and Economic Development // Research Policy. – 2008. – Vol. 37, N 9. – P. 1417–1435. – DOI: 10.1016/j.respol.2008.06.003.

Giovannetti E. Catching Up, Leapfrogging, or Forging Ahead? Exploring the Effects of Integration and History on Spatial Technological Adoptions // Environment and Planning A: Economy and Space. – 2013. – Vol. 45, N 4. – P. 930–946. – DOI: 10.1068/a4572.

Goldemberg J. Technological Leapfrogging in the Developing World // George-

town Journal of International Affairs. – 2011. – Vol. 12, N 1. – P. 135–141.

How Asia can boost growth through technological leapfrogging / Tonby O., Swaminathan A., Woetzel J., Seong J., Ma L., Kaka N., Choi W., Carson B. – McKinsey and Company, 2020. – URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/asia-pacific/how-asia-can-boost-growth-through-technological-leapfrogging> (дата обращения: 09.09.2022).

Intellectual Property Rights, Development, and Catch up: An International Comparative Study / Ed. by H. Odagiri, A. Goto, A. Sunami, R.R. Nelson. – London : Oxford University Press, 2010. – 464 p.

James J. The Diffusion of IT in the Historical Context of Innovations from Developed Countries // Social Indicators Research. – 2013. – Vol. 111, N 1. – P. 175–184. – DOI: 10.1007/s11205-011-9989-0.

Kim L. Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning. – Cambridge : Harvard Business Review Press, 1997. – 301 p.

Kimble C., Wang H. Transistors, Electric Vehicles and Leapfrogging in China and Japan // Journal of Business Strategy. – 2012. – Vol. 33, N 3. – P. 22–29. – DOI: 10.1108/02756661211224979.

Lee K. Schumpeterian Analysis of Economic Catch-up: Knowledge, Path-Creation, and the Middle-Income Trap. – Cambridge : Cambridge University Press, 2013. – 298 p.

Lee K. The Art of Economic Catch-up: Barriers, Detours and Leapfrogging in Innovation Systems. – Cambridge : Cambridge University Press, 2019. – 300 p.

Lee K. Economics of Technological Leapfrogging // The Challenges of Technology and Economic Catch-up in Emerging Economies / Ed. by J.-D. Lee, K. Lee, D. Meissner, S. Radosevic, N.S. Vonortas. – London : Oxford University Press, 2021. – P. 123–159.

Lee K., Lim C.S. Technological Regimes, Catching-up and Leapfrogging:

Findings from the Korean Industries // Research Policy. – 2001. – Vol. 30, N 3. – P. 459–483. – DOI: 10.1016/S0048-7333(00)00088-3.

Lee K., Lim C.S., Song W. Emerging Digital Technology as a Window of Opportunity and Technological Leapfrogging: Catch-up in Digital TV by the Korean Firms // International Journal of Technology Management. – 2005. – Vol. 29, N 1–2. – P. 40–63.

Lee K., Malerba F. Catch-up Cycles and Changes in Industrial Leadership: Windows of Opportunity and Responses by Firms and Countries in the Evolution of Sectoral Systems // Research Policy. – 2017. – Vol. 46, N 2. – P. 338–351. – DOI: 10.1016/j.respol.2016.09.006.

Lerner J., Nanda R. Venture Capital's Role in Financing Innovation: What We Know and How Much We Still Need to Learn // Journal of Economic Perspectives. – 2020. – Vol. 34, N 3. – P. 237–261. – DOI: 10.1257/jep.34.3.237.

Malerba F., Lee K. An Evolutionary Perspective on Economic Catch-up by Latecomers // Industrial and Corporate Change. – 2021. – Vol. 30, N 4. – P. 986–1010. – DOI: 10.1093/icc/dtab008.

Malerba F., Nelson R.R. Learning and Catching-up in Different Sectoral Systems: Evidence from Six Industries // Industrial and Corporate Change. – 2011. – Vol. 20, N 6. – P. 1645–1675. – DOI: 10.1093/icc/dtr062.

Mokyr J. The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress. – New York : Oxford University Press, 1990. – 368 p.

Ng E., Tan B. Achieving State-of-the-Art ICT Connectivity in Developing Countries: The Azerbaijan Model of Technology Leapfrogging // The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries. – 2018. – Vol. 84, N 3. – DOI: 10.1002/isd2.12027.

Saghafi F., Mohaghar A., Kashiha M. Developing a Catch-up Model of Tech-

nology: A Grounded Theory Approach // Journal of Science and Technology Policy Management. – 2021. – Vol. 12, N 4. – P. 627–650. – DOI: 10.1108/JST-PM-07-2019-0068.

Singh L. From Developing to Developed Nations // Economic and Political Weekly. – 2021. – URL: <https://www.epw.in/journal/2021/2/book-reviews/developing-developed-nations.html> (дата обращения: 06.06.2022).

Socete L. International Diffusion of Technology, Industrial Development and Technological Leapfrogging // World Development. – 1985. – Vol. 13, N 3. – P. 409–522.

Steinmueller W.E. ICTs and the Possibilities of Leapfrogging by Developing Countries // International Labour Review. – 2001. – N 140. – P. 193–210.

Sudharshan D., Liu B., Ratchford D. Optimal Response to a Next Generation New Product Introduction: To Imitate or to Leapfrog? // Managerial and Decision Economics. – 2006. – Vol. 27, N 1. – P. 41–62.

Technology Leapfrogging in Developing Countries – an Inevitable Luxury? / Davison R. Vogel D., Harris R. Jones N. // The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries. – 2000. – Vol. 1, N 1. – P. 1–10. – DOI: 10.1002/j.1681-4835.2000.tb00005.x.

Specifics of Modern Economic Development

DOI: 10.31249/kgt/2022.03.01

Technological Leapfrogging: Theory and International ICT Practices

Irina G. DEZHINA

Doctor of Sciences in Economics, Head of Department on Analysis of Science & Technology Development, Skolkovo Institute of Science and Technology Bolshoy Bulvar, 30, str. 1, Innovation Center “Skolkovo”, Moscow, Russian Federation, 121205

E-mail: i.dezhina@skoltech.ru

ORCID: 0000-0002-3402-3433

Sergey V. EGEREV

Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Chief Researcher, Center for Research Planning Studies, Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences (INION RAN)

Nakhimovsky avenue, 51/21, Moscow, Russian Federation, 117418

E-mail: segerev@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6998-1060

CITATION: Dezhina I.G., Egerev S.V. (2022). Technological Leapfrogging: Theory and International ICT Practices. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, no. 3, pp. 6–23 (in Russian).

DOI: 10.31249/kgt/2022.03.01

Received: 16.06.2022.

Revised: 05.08.2022.

ACKNOWLEDGEMENTS: The study of the theoretical aspects of technological leapfrogging and the analysis of the Russian context conducted by Irina Dezhina were supported by the grant from the Russian Foundation for Basic Research no. 20-011-00187. The funding from INION RAN supported the study of the world practices in ICT field conducted by Sergey Egerev.

ABSTRACT. *A technological leapfrogging is a discrete stage in the development of a country or industry, representing the replacement of the previous technology with a fundamentally new one. The concept of technological leapfrogging has been developing since the mid 1980s, but still there is no generally accepted definition. The interest in the conditions and structure of technological leaps grew when it became clear*

that lagging countries and industries could develop rapidly by continuous imitation and innovation, jumping over obsolete technologies and avoiding investment in previous technological generations.

The article relies on theoretical studies of leapfrogging and international experience in the development of information and communication technologies (ICT) for analysis of the conditions necessary for technological

leaps. The ICT play a recognized role in economic growth and social development. Today, the catching-up countries have ambitious plans for ICT development, including next-generation fixed communications networks, 5G standard, e-commerce services and e-government.

Based on the analysis of global experience, we define conditions for a successful technological leapfrogging in Russia and discuss the potential for its implementation. In the conditions of sanctions, it is important not just to reverse-engineer, but to make a technological leap in order to ensure technological self-sufficiency. Russia has partially created conditions for 5G technological leapfrogging by accumulating adaptation potential in terms of technology, equipment and personnel; developing science-industry cooperation; and creating conditions for favorable socio-technological climate.

KEYWORDS: catching-up development, technological leapfrogging, science, disruptive innovations, scientific-industrial cooperation, information and communication technologies, global experience, IXP points, data centers, Russia.

References

- Afawubo K., Noglo Y.A. (2022). ICT and Entrepreneurship: A Comparative Analysis of Developing, Emerging and Developed Countries. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 175, February, pp. 159–182. DOI: 10.1016/j.techfore.2021.121312.
- Athreye S., Godley A. (2009). Internationalization and Technological Leapfrogging in the Pharmaceutical Industry. *Industrial and Corporate Change*, vol. 18, no. 2, pp. 295–323. DOI: 10.1093/icc/dtp002.
- Bower J.L., Christensen C.M. (1995). Disruptive Technologies: Catching the Wave. *Harvard Business Review*, vol. 73, no. 1, pp. 43–53. DOI: 10.1016/0024-6301(95)91075-1.
- Chen D., Li-Hua R. (2011). Modes of Technological Leapfrogging: Five Case Studies from China. *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 28, no. 1–2, pp. 93–108. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2010.12.006.
- Chen Y., Farinelli U., Johansson T.B. (2004). Technological Leapfrogging – a Strategic Pathway to Modernisation of the Chinese Iron and Steel Industry? *Energy for Sustainable Development*, vol. 8, no. 2, pp. 30–38. DOI: 10.1016/S0973-0826(08)60457-3.
- Cherif R., Hasanov, F. (2019). The Leap of the Tiger: Escaping the Middle-income Trap to the Technological Frontier. *Global Policy*, vol. 10, no. 4, pp. 497–511. DOI: 10.1111/1758-5899.12695.
- Chuvil'deev V. (2022). How to Make Science Useful. Non-Sleepers in Higher Education. *Expert*, no. 15 (in Russian). Available at: <https://expert.ru/expert/2022/15/kak-sdelat-nauku-poleznoy-nespyaschiye-v-vuzakh/> accessed 06.06.2022.
- Dezhina I.G., Egerev S.V. (2022). Movement towards Autarchy in Russian Science through the Prism of International Cooperation. *ECO*, no. 1, pp. 35–53 (in Russian). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-1-35-53.
- Díaz-Chao A. (2015). ICT, Innovation, and Firm Productivity: New Evidence from Small Local Firms. *Journal of Business Research*, vol. 68, no. 7, pp. 1439–1444. DOI: 10.1016/j.jbusres.2015.01.030.
- Drezner D.W. (2019). Technological Change and International Relations. *International Relations*, vol. 33, no. 2, pp. 286–303. DOI: 10.1177/0047117819834629.
- Fagerberg J., Godinho M.M. (2005). Innovation and Catching-up. *The Oxford Handbook of Innovation*, pp. 514–543.
- Fagerberg J., Srholec M. (2008). National Innovation Systems, Capabilities

and Economic Development. *Research Policy*, vol. 37, no. 9, pp. 1417–1435. DOI: 10.1016/j.respol.2008.06.003.

Giovannetti E. (2013). Catching Up, Leapfrogging, or Forging Ahead? Exploring the Effects of Integration and History on Spatial Technological Adoptions. *Environment and Planning A: Economy and Space*, vol. 45, no. 4, pp. 930–946. DOI: 10.1068/a4572.

Goldemberg J. (2011). Technological Leapfrogging in the Developing World. *Georgetown Journal of International Affairs*, vol. 12, no. 1, pp. 135–141.

How Asia can boost growth through technological leapfrogging (2020). Tony O., Swaminathan A., Woetzel J., Seong J., Ma L., Kaka N., Choi W., Carson B. McKinsey and Company, 2020. Available at: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/asia-pacific/how-asia-can-boost-growth-through-technological-leapfrogging>, accessed 09.09.2022.

Indikator nauki... (2022). Gokhberg L.M. [et al.] (2022). *Science Indicators: 2022. Statistical*. Moscow : HSE, 401 pp. (in Russian).

Intellectual Property Rights, Development, and Catch up: An International Comparative Study (2010). Ed. by Odagiri H., Goto A., Sunami A., Nelson R.R. London : Oxford University Press, 464 pp.

James J. (2013). The Diffusion of IT in the Historical Context of Innovations from Developed Countries. *Social Indicators Research*, vol. 111, no. 1, pp. 175–184. DOI: 10.1007/s11205-011-9989-0.

Kim L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Cambridge : Harvard Business Review Press, 301 pp.

Kimble C., Wang H. (2012). Transistors, Electric Vehicles and Leapfrogging in China and Japan. *Journal of Business Strategy*, vol. 33, no. 3, pp. 22–29. DOI: 10.1108/02756661211224979.

Lee K. (2013). *Schumpeterian Analysis of Economic Catch-up: Knowledge, Path-*

Creation, and the Middle-Income Trap. Cambridge : Cambridge University Press, 298 pp.

Lee K. (2019). *The Art of Economic Catch-up: Barriers, Detours and Leapfrogging in Innovation Systems*. Cambridge : Cambridge University Press, 300 pp.

Lee K. (2021). Economics of Technological Leapfrogging. In: Lee J.-D., Lee K., Meissner D., Radosevic S., Vonortas N.S. (eds.). *The Challenges of Technology and Economic Catch-up in Emerging Economies*. London : Oxford University Press, pp. 123–159.

Lee K., Lim C.S. (2001). Technological Regimes, Catching-up and Leapfrogging: Findings from the Korean Industries. *Research Policy*, vol. 30, no. 3, pp. 459–483. DOI: 10.1016/S0048-7333(00)00088-3.

Lee K., Lim C.S., Song W. (2005). Emerging Digital Technology as a Window of Opportunity and Technological Leapfrogging: Catch-up in Digital TV by the Korean Firms. *International Journal of Technology Management*, vol. 29, no. 1–2, pp. 40–63.

Lee K., Malerba F. (2017). Catch-up Cycles and Changes in Industrial Leadership: Windows of Opportunity and Responses by Firms and Countries in the Evolution of Sectoral Systems. *Research Policy*, vol. 46, no. 2, pp. 338–351. DOI: 10.1016/j.respol.2016.09.006.

Lerner J., Nanda R. (2020). Venture Capital's Role in Financing Innovation: What We Know and How Much We Still Need to Learn. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 34, no. 3, pp. 237–261. DOI: 10.1257/jep.34.3.237.

Malerba F., Lee K. (2021). An Evolutionary Perspective on Economic Catch-up by Latecomers. *Industrial and Corporate Change*, vol. 30, no. 4, pp. 986–1010. DOI: 10.1093/icc/dtab008.

Malerba F., Nelson R.R. (2011). Learning and Catching-up in Different Sectoral Systems: Evidence from Six Industries. *Industrial and Corporate Change*, vol. 20,

no. 6, pp. 1645–1675. DOI: 10.1093/icc/dtr062.

Mokyr J. (1990). *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, New York : Oxford University Press, 368 pp.

Ng E., Tan B. (2018). Achieving State-of-the-Art ICT Connectivity in Developing Countries: The Azerbaijan Model of Technology Leapfrogging. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, vol. 84, no. 3. DOI: 10.1002/isd2.12027.

Rogozhin A. (2021). ICT as a Direction for Diversifying the Economy of Saudi Arabia. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, vol. 14, no. 4, pp. 122–141 (in Russian). DOI: 10.23932/2542-0240-2021-14-4-8.

Saghafi F., Mohaghar A., Kashiha M. (2021). Developing a Catch-up Model of Technology: A Grounded Theory Approach. *Journal of Science and Technology Policy Management*, vol. 12, no. 4, pp. 627–650. DOI: 10.1108/JSTPM-07-2019-0068.

Singh L. (2021) From Developing to Developed Nations. *Economic and Poli-*

tical Weekly. Available at: <https://www.epw.in/journal/2021/2/book-reviews/developing-developed-nations.html>, accessed 06.06.2022.

Socete L. (1985). International Diffusion of Technology, Industrial Development and Technological Leapfrogging. *World Development*, vol. 13, no. 3, pp. 409–522.

Steinmueller W.E. (2001). ICTs and the Possibilities of Leapfrogging by Developing Countries. *International Labour Review*, no. 140. Available at: <https://www.dhi.ac.uk/san/waysofbeing/data/economy-crone-steinmueller-2001.pdf>, accessed 06.06.2022.

Sudharshan D., Liu B., Ratchford D. (2006). Optimal Response to a Next Generation New Product Introduction: To Imitate or to Leapfrog? *Managerial and Decision Economics*, vol. 27, no. 1, pp. 41–62.

Technology Leapfrogging in Developing Countries—an Inevitable Luxury? (2000). Davison R., Vogel D., Harris R., Jones N. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10. DOI: 10.1002/j.1681-4835.2000.tb00005.x.