

Ключевые черты и последствия индустриальной революции 4.0



Н. В. Смородинская,
к. э. н., ведущий научный сотрудник
smorodinskaya@gmail.com



Д. Д. Катуков,
младший научный сотрудник
dkatukov@gmail.com

Институт экономики РАН

Анализируются основные особенности и социально-экономические последствия 4-й индустриальной революции. В первой части описаны ключевые технологические тенденции, ведущие к трансформации современного промышленного производства, в частности — возможности цифровых технологий. Во второй части рассмотрен ряд структурных изменений в организации экономических процессов, порождаемых четвертой промышленной революцией: диджитализация экономических процессов, переход к кастомизированному производству, появление индустрий нового поколения, становление распределенной модели производства, преобразование традиционных корпораций в распределенные сетевые компании, рост значения цифровых платформ, а также сжатие традиционного рынка труда. В третьей, заключительной, части анализируется феномен новой индустриализации в контексте роста наукоемкости затрат, усложнения производственных стратегий бизнеса и нового акцента в национальных стратегиях развития (приоритет улучшения экономической среды над улучшением производственных технологий).

Ключевые слова: диджитализация, индустриальная революция 4.0, инновационный офшоринг, новая индустриализация, распределенное производство, распределенные сетевые компании, цифровые платформы.

В мировой экономической истории скачкообразные этапы усложнения технологического уклада принято обозначать как индустриальные революции [17]. Индустриальная революция 4.0 набирает обороты с начала XXI века, протекая внакладку с еще не распространенными по миру реалиями третьей индустриальной революции (компьютеризация и автоматизация производства, переход к возобновляемым источникам энергии и аддитивному производству)¹. Она характеризуется сочетанием технологий, размывающих границы между различными сферами жизни (физической, биологической, виртуальной), и отличается от своих предшественниц тремя параметрами — скоростью, масштабами и системным характером социально-экономических последствий [35].

Технологические возможности современного промышленного производства

Индустриальная революция 4.0 связана, прежде всего, с внедрением в производство двух комплексов новых технологий, абсолютно меняющих его традиционную логику, — киберфизических систем (производственная часть интернета вещей) и трехмерной печати (аддитивное производство).

Киберфизические системы ведут к образованию умных производственных систем (smart production systems), где все элементы (ресурсы, станки, сборочные линии, складские, логистические, маркетинговые и иные модули) объединены в одну коммуникационную сеть — так, что они могут обмениваться между собой

¹ Первая индустриальная революция (конец XVIII века) связана с изобретением парового двигателя и распространением механических станков, вторая (конец XIX века — начало XX века) — с появлением электроэнергии и первых сборочных конвейеров, третья (началась в 1970-х годах) — с началом внедрения в производство информационных технологий. Четвертая индустриальная революция ассоциируется в Европе с немецкой национальной программой «Индустриальная революция 4.0», а в англосаксонских странах и, в частности, в США — с «интернетом вещей» (Internet of Things), «интернетом всего» (Internet of Everything) или просто «промышленным интернетом» (Industrial Internet).

Различия между традиционным промышленным предприятием и умной фабрикой

Черты заводского предприятия XX века	Черты умной фабрики XXI века
Конфигурация оборудования	
Каждая единица оборудования работает автономно. Любое изменение производимого продукта или выполняемой операции требует предварительной конфигурации оборудования	Каждая единица оборудования способна к самостоятельной конфигурации, самонастройке параметров производства и производственной безопасности в ходе взаимодействия с другим оборудованием
Визуализация производственных процессов	
Визуализация практически отсутствует: предприятие представляет собой совокупность дезинтегрированных производственных процессов, обладающих автономными показателями эффективности	Всесторонняя визуализация, позволяющая устанавливать четкие причинно-следственные связи при мониторинге каждой стадии производства, быстро выявлять проблемы (перерасход ресурсов, задержка по времени и т. п.) и останавливать производство в случае невозможности их устранения
Возможности кастомизации (индивидуализации) изделия	
Производство стандартизированных продуктов. Кастомизированные иногда создаются отдельно и требуют дополнительных затрат (временных, капитальных, трудовых и пр.)	Создание кастомизированных продуктов с помощью гибких производственных систем, учитывающих свойства конечного продукта, время на его производство, производственные и логистические издержки
Ресурсное планирование	
Резервирование запасов в жестких объемах на базе фиксированного приоритета потребностей	Оборудование самостоятельно планирует использование ресурсов, делая производство более экономным
Аппаратное обеспечение	
Производимые человеком операции зависят от физической формы оборудования и лимитированы аппаратными ограничениями	Оборудование анализирует производимые человеком операции и гибко под них подстраивается

Источник: составлено по [39]

данными, инициировать определенные действия и самостоятельно друг другом управлять без вмешательства человека. Это позволяет вносить кардинальные улучшения во все стадии производственного цикла, резко снижать производственные издержки, оптимизировать управление цепочками поставок и гибко реагировать на любые новые запросы потребителей. В частности, примерами могут служить умные фабрики (smart factory), появившиеся в ряде развитых стран и в Китае, где умные продукты наделены системами радиочастотной самоидентификации и определения своего местонахождения в любое время (RFID-метки), т. е. обладают знаниями об истории своего создания и своем текущем состоянии. Установленные RFID-метки передают необходимую информацию о заготовке сборочному роботу, автоматически отслеживают запасы сырья, планируют логистику (табл. 1). При этом заказчики имеют обратную связь с производителем в режиме реального времени.

Умные производственные системы совмещают в себе два уровня интеграции: во-первых, вертикальную интеграцию в единую сеть всех операций внутри предприятия по стадиям производства, во-вторых, горизонтальную интеграцию предприятий и юридически независимых компаний в производственные цепочки любого географического охвата, включая глобальный [15].

Трехмерная печать позволяет быстро запустить в производство небольшие партии продуктов со сложным дизайном и вывести их на рынок практически без затрат. Стоимость таких напечатанных на месте продуктов расценивается как сопоставимая или даже меньшая, чем стоимость аналогичных товаров при массовом производстве (по некоторым изделиям она может быть на 63% ниже, чем стоимость приобретения аналогичных готовых изделий и их транспортировки)

[2]. Это ведет к появлению многообразного слоя малых фирм и индивидуальных предпринимателей, способных создавать товары, которые недавно были по силам лишь крупным производителям. Тем самым, бизнес получает возможность смело экспериментировать с инновационными продуктами, без риска серьезных убытков в случае неудачи. При этом полного вытеснения массовых производителей отнюдь не происходит: использование 3D-печати слишком затратно при создании крупных партий.

В настоящее время оба комплекса инновационных технологий освоены лишь рядом крупных международных компаний, имеющих мощные сети независимых поставщиков по всему миру, например, немецкой Trumpf (в части производства лазерного оборудования), немецкой Siemens (в части медицинской инженерии), британской Rolls-Royce (в части создания реактивных авиадвигателей), французским разработчиком софта в сфере 3D-дизайна Dassault Systèmes [33]. Но менять существующие бизнес-модели под эти технологии предстоит всем современным игрокам.

В отраслевом разрезе сегодня выделяют четыре группы новых технологических систем, способных к экспоненциальному росту, — цифровые технологии, биотехнологии, передовые материалы, а также технологии в области новой энергетики и защиты окружающей среды. По версии ОЭСР, взаимодействие этих систем между собой ведет к появлению 40 ключевых технологий будущего, принципиально меняющих производственную и социальную жизнь [25].

Однако наибольшее влияние на трансформацию традиционного промышленного производства способны оказать именно цифровые технологии.

Во-первых, с каждым годом продукция сектора ИКТ становится относительно дешевле, что способствует ее широкому распространению среди

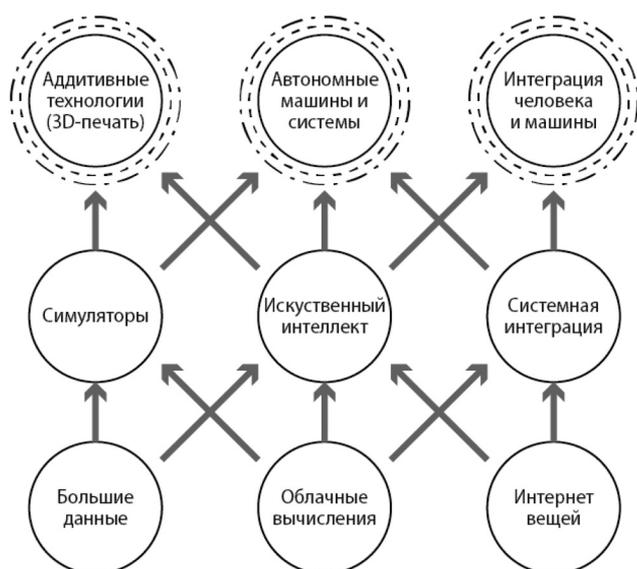


Рис. 1. Зарождение новых производственных технологий в ходе взаимодействия цифровых технологий
Источник: [27]

пользователей, в том числе среди малых и средних фирм. По оценке McKinsey Global Institute, в период с 1983 г. (начала волны распространения персональных компьютеров) по 2010 г. реальные цены на эту продукцию упали на 63% [24]. При этом быстрое обновление высокотехнологичных продуктов будет поддерживать тенденцию их удешевления и в будущем, смещая баланс цен от рынка продавцов в пользу рынка покупателей.

Во-вторых, цифровые технологии могут горизонтально распространяться по всем экономическим системам, охватывая функционирующие здесь компании, сектора и организации, создавая универсальные платформы для многообразных прикладных решений в самых разных областях применения [41].

В-третьих, взаимодействие нескольких цифровых технологий между собой порождает новые производственные технологии и способы их использования, а дальнейшее взаимодействие этих новых технологий генерирует аналогичные производные эффекты следующего порядка.

В частности, на рис. 1 в нижнем ряду изображены три базовых технологии (enabling technologies), комбинирование которых порождает набор технологий с более узкими, специализированными сферами применения. В верхнем ряду изображены конкретные технологические решения, которые становятся возможными при комбинированном взаимодействии технологий из среднего ряда. Подобные технологии уже напрямую применяются в промышленности и ведут к многократному росту производительности. Как свидетельствует недавнее исследование ОЭСР [27], взаимодействие технологий из верхнего ряда может, в свою очередь, привести к полной автоматизации всех производственных процессов — от разработки новой идеи до поставки готового продукта конечному потребителю.

По мысли Ф. Филлипса, все виды современной инновационной активности имеют комбинаторную

природу (сочленение одних новшеств и явлений с другими), а нелинейность инновационного процесса можно представить в виде циклического круга с обратными связями (Circle of Innovation). Так, технологические инновации создают не только новые продукты и услуги, но и новые способы использования новых продуктов и услуг. В свою очередь, новые способы применения новшеств обновляют сложившиеся модели социальной организации и социальных взаимодействий, а эти новые модели генерируют новые потребности, которые удовлетворяются за счет дальнейшего развития технологических инноваций [30]. Понимание этой цикличности облегчает возможности форсайта в отношении будущих технологий, отвечающих будущим запросам рынков.

Социально-экономические последствия индустриальной революции

Интеграция ИКТ с другими видами революционных технологий порождает глобальные перемены в способах организации производства практически во всех отраслях, обновляет привычные бизнес-модели, переводит современные экономики на новую логику развития, связанную с монополизацией рынков, распадом иерархий и децентрализацией управления [15]. Среди ключевых особенностей 4-й индустриальной революции, системно меняющих развитие экономики и бизнеса, мы выделяем следующие.

Диджитализация экономических процессов

Наиболее системные социально-экономические последствия имеет массовое распространение ИКТ, цифровых платформ и других цифровых технологий, обозначаемое в литературе как диджитализация (digitalization). Речь идет не просто об использовании нового оборудования или софта, а о волне повсеместной интеграции цифровых технологий в бизнес-процессы компаний растущего числа секторов [24]².

Во-первых, переход от аналоговых средств связи к цифровым сопровождается организационным усложнением экономических систем — их трансформацией в динамичные сетевые системы, т.е. совокупность горизонтальных, неиерархичных взаимодействий экономических агентов, действующих в режиме интерактивного диалога и совместных сетевых проектов. Такие проекты выстраиваются на уровне компаний (распространение фирм с гибкой иерархией или вообще без нее), групп отраслей (образование инновационных кластеров) и всей экономики в целом (формирование экосистемного ландшафта) [7]. Переход к сетевому устройству с подвижной структурой внутренних связей позволяет системам (от отдельных организаций до целых экономик) гибко реагировать на постоянную изменчивость среды, адаптируясь к непрерывной

² Примечательно, что на сегодняшний день средний уровень диджитализации экономики США и других развитых стран составляет менее 15% от уровня диджитализации их ведущих секторов, что говорит о колоссальном потенциале развертывания этого процесса в ближайшем будущем — и на уровне компаний, и на уровне отраслей [24].

смене технологий и продуктовых запросов рынков, по сути, — к ситуации повышенной неопределенности.

Во-вторых, цифровые технологии существенно расширяют мировые рынки — как по составу участников (market population), так и по составу подлежащих обмену продуктов (market content). Благодаря онлайн-коммуникациям люди и фирмы, производители и потребители взаимодействуют друг с другом напрямую и в любых масштабах, включая глобальные. Продавцы получают доступ к потенциальным покупателям своей продукции в любой точке мира, а местные покупатели могут выбирать поставщиков и заказывать товары со всех концов света. Это принципиально меняет условия увязки спроса и предложения на любых продуктовых рынках, вытесняя прежние, ценовые механизмы формирования пропорций обмена, делает конкуренцию изначально глобальной для любого, даже локального бизнеса, открывает доступ на мировые рынки любому малому предприятию и индивидуальному лицу [41].

В-третьих, диджитализация создает сетевой мультипликативный эффект трансферта знаний и технологий — их горизонтального перелива по всем секторам и территориям. Это способствует как демонополизации экономики (при нынешней скорости обновления бизнес-процессов крупнейшие компании-монополисты могут в одночасье утратить свои рыночные позиции), так и массовому спросу на инновации. В отсутствии массового спроса на инновации (что, например, характерно для сегодняшней России) национальные проекты в области развития промышленного хайтека имеют крайне ограниченную сферу применения, а созданные в их рамках инновации уходят к зарубежным пользователям, часто — вместе с созданными инженерными командами и новыми национальными стартапами. В итоге, несмотря на концентрацию финансовых средств и талантов на «приоритетных» технологических направлениях, страна оказывается не в состоянии вписаться в 4-ю индустриальную революцию и обеспечить необходимый подъем производства даже в рамках отдельных секторов. Поэтому поддержка диджитализации и ее встроенных сетевых эффектов становится важнейшим пунктом национальной экономической повестки во многих странах мира [24].

Кастомизация производства и рост наукоемкости производственных затрат

Киберфизические системы и аддитивные технологии развивают кастомизированное производство, когда каждый продукт может быть создан под индивидуального заказчика с модификацией изделия на разных стадиях производственной цепочки, управляемой в режиме реального времени. Это превращает потребителей из консьюмеров (consumers), потребляющих конечный

продукт, в просьюмеров (prosumers), участвующих в создании продукта вместе с производителями. В свою очередь, производители стремятся теперь не к наращиванию объемов выпуска и экономии на масштабах, а к экономии на разнообразии, конкурируя в скорости создания постоянно новых продуктов³.

В итоге, структура производственных затрат кардинально меняется в пользу наукоемких вложений — инвестиций в умные технологии, умное оборудование и высококвалифицированную рабочую силу [44]. При этом наиболее распространенным форматом наукоемкого кастомизированного производства, позволяющим создавать новые продукты в режиме непрерывного потока, становятся инновационные кластерные сети, где производители взаимодействуют с самыми разными институциональными субъектами, развивая коллаборацию на принципах тройной спирали⁴.

В литературе по бизнес-управлению кастомизированное производство часто описывают через понятие совместного создания ценности (value co-creation). Под ним понимают процесс коллаборации между производителями и потребителями, который инициируется фирмой-производителем в целях создания дополнительных благ для своих клиентов (например, бизнес-модель фирмы Nike предусматривает вовлечение клиентов во все стадии создания продукта). Клиенты выигрывают от придания продукту более индивидуальных и ценных свойств, а фирма-производитель получает дополнительные конкурентные преимущества за счет интерактивных связей с клиентом и улучшения производственного процесса в режиме «точно в срок» (just-in-time learning) [34].

Появление индустрий нового поколения

К индустриям нового поколения (advanced manufacturing) относят широкий круг новых и традиционных отраслей, которые внедряют новейшие производственные технологии [44]. Считается, что они станут локомотивом подъема мировой и национальных экономик. При этом конкретные мотивы их освоения у разных стран свои [2]. Так, для Германии главным стимулом служит растущая конкуренция со стороны США, Индии и Китая: обладая высокоразвитым промышленным сектором, страна не столько создает с нуля отрасли нового профиля, сколько технологически перевооружает уже сложившиеся, совершенствуя бизнес-процессы. Китай же пытается использовать новейшие технологии в целях трудосбережения — для компенсации удорожания своей рабочей силы и противодействия оттоку иностранных инвестиций [17].

Но независимо от национальной специфики такие индустрии рассчитаны по своей природе на инновационный тип роста, т. е. на непрерывную инновационную активность, достигаемую в успешных инновационных

³ Экономия на разнообразии (economy of scope) является способом снижения производственных затрат, когда производство двух или более разнотипных продуктов на одной и той же технологической платформе оказывается относительно дешевле, чем производство каждого из этих продуктов по своей технологии, т. е. для создания нескольких видов изделий повторно используются одни и те же компоненты.

⁴ Под тройной спиралью понимают наиболее развитую модель коллаборации участников деловых сетей, основанную на попарной интерактивной кооперации представителей бизнеса, науки и государства [3].

кластерах и аналогичных инновационных экосистемах с тройной спиралью. Поэтому развитые страны и растущее число развивающихся обращаются к новой модели промышленной политики, нацеленной на системные институциональные улучшения по сравнению с индустриальной эпохой (децентрализация, дерегулирование, регионализация и др.) и организационную перестройку производственного ландшафта в пользу инновационных экосистем [7].

Переход к распределенной модели производства

Цифровая революция развивает сетевые коммуникации поверх административных границ стран и территорий, что ускоряет переход мира к децентрализованной, распределенной модели производства.

На этапе интернационализации рынков производственный процесс (создание продукта конечного потребления) был организован в виде национальных стоимостных цепочек, причем развитые страны имели завершённые цепочки с полным набором стадий, которые централизованно контролировались одной или несколькими головными компаниями⁵. В дальнейшем развитие ИКТ, удешевившее международную логистику, а также массовое распространение офшоринга (международного аутсорсинга, когда подрядчиком выступает зарубежная фирма) привели к выходу цепочек за пределы национальных границ и рассредоточению их звеньев по различным территориям мира. Сегодня эпоха иерархичных цепочек, замкнутых на одну головную компанию или одну страну, ушла в прошлое: новые конечные продукты создаются коллективными усилиями компаний многих стран в рамках глобальных стоимостных цепочек [5].

Глобальные цепочки выстраиваются как совместный сетевой проект множества юридически независимых фирм-поставщиков [8]. Взаимодействия между поставщиками координируются международной компанией, которая организует цепочку и выступает в рамках совместного проекта в роли ведущей фирмы (lead firm). Каждый поставщик, включая ведущую фирму, обычно принадлежит тому или иному региональному кластеру инновационного типа. Конкурируя за привлечение иностранных инвестиций, регионы фактически борются за размещение звеньев глобальных цепочек и, тем самым, стремятся развивать кластеры с «умной специализацией», уникальной в масштабах глобального рынка. В итоге, система распределенного производства локализуется по отдельным географическим ареалам, приобретая глокальную упорядоченность: глобальные цепочки горизонтально пронизывают мировую экономику, повышая ее связность, и образуют при этом на локальных территориях высокоспециализированные кластерные узлы.

⁵ По определению ОЭСР, стоимостная цепочка (value chain) – это вся совокупность видов экономической деятельности, осуществляемой фирмами и работниками на всех этапах существования продукта – от разработки проектной идеи до конечного использования и постпродажного сервиса [26].

Распределенный характер производства принципиально меняет прежнюю модель специализации стран на мировых рынках. Во-первых, любая выпускаемая страной продукция тестируется сегодня на глобальном уровне – независимо от степени протекционистской защищенности экономики. Во-вторых, страны сосредоточиваются уже не на создании конечных продуктов, а на создании промежуточной продукции, которая экспортируется в другие страны для последующей обработки (добавления стоимости) и дальнейшего реэкспорта в третьи страны. В-третьих, базовым способом участия стран в международном разделении труда и выхода на экспортные рынки становится их вовлеченность в те или иные узкоспециализированные звенья глобальных цепочек.

Одновременно, принципиально возрастает функциональная взаимозависимость национальных экономик: конкурентные успехи и экспортные доходы страны зависят теперь не только от нее самой, но и от успешных действий зарубежных партнеров по цепочкам, а также от успешной интерактивной координации этих действий глобальными компаниями. Это побуждает страны модифицировать свои национальные экономические стратегии. Во-первых, непрерывно наращивать внешнеэкономическую открытость и многостороннюю международную кооперацию, в том числе с мировыми технологическими лидерами, чьи компании организуют цепочки. Во-вторых, стимулировать повсеместное образование в экономике инновационных кластеров как инструментов непрерывного углубления ее международной специализации. В-третьих, использовать новые подходы к диверсификации производства и экспорта: войдя в глобальные цепочки, даже на низких стадиях передела, догоняющие страны перестают быть мировой периферией, так как получают доступ к новейшим технологиям в рамках совместных сетевых проектов с мировыми лидерами [9].

Переход от традиционных корпораций к распределенным сетевым компаниям

В мире цифровых коммуникаций и распределенного производства экономическая власть переходит от жестких иерархичных структур к участникам гибких горизонтальных сетей, способных быстро перестраивать конфигурацию связей под новые проекты и совместное создание очередных инновационных продуктов. На уровне компаний новыми лидерами становятся фирмы с минимальной иерархией и максимальной организационной мобильностью, позволяющей использовать выгоды динамичной сетевой среды.

В частности, задача захода в локальные кластерные сети и выстраивания глобальных цепочек как гибких сетей независимых фирм-партнеров подтолкнула крупные вертикально-интегрированные фирмы к радикальному изменению своей организационной модели. Мультинациональные корпорации (МНК) и транснациональные компании (ТНК) стали разукрупняться, сбрасывать лишние подразделения и трансформировать себя в распределенные компании, где риски,

выигрыши, компетенции и ресурсы, связанные с реализацией новых проектов, распределяются по глобальной сети контрагентов. Эта трансформация охватила с конца 1980-х гг. США, а с начала 2000-х гг. — другие национальные экономики [40]. Глобальная рецессия 2007-2009 гг. ускорила распад иерархий, так как крупнейшие компании разных секторов, лидирующие по уровню капитализации, стали генерировать убытки от масштаба, уступая более мелким фирмам в основных показателях доходности [10]. С этого времени процесс образования распределенных компаний в разной степени затронул большую часть отраслей в большинстве стран мира [46].

О. Солвелл описывает глобально распределенные компании как мультилокальные (multi-home-based companies) [38]. В отличие от МНК, контролирующих всю сеть местных и зарубежных подрядчиков через свою головную компанию в стране происхождения, или ТНК, чья зарубежная сеть подрядчиков контролируется в каждой стране своей материнской компанией, мультилокальные компании (МЛК) опираются на многочисленные местные рынки, где образуются кластеры, и никак не контролируют своих поставщиков по линии собственности.

Как показано на рис. 2, классические МНК, появившиеся в индустриальной экономике на этапе интернационализации, еще слабо нацелены на инновации и выстраивают сетевую периферию подрядчиков для лучшего сочетания национального и зарубежных рынков в рамках стратегии снижения затрат. Классические ТНК, появившиеся в эпоху ранней глобализации, изначально работают на многих национальных рынках, не имея определенного региона базирования. Они выстраивают географически сложную организационную структуру, делая ставку на сочетание эффектов снижения затрат, достигаемых на одних национальных рынках, с инновационными эффектами, достигаемыми на других. На этом фоне МЛК, характерные для современной глобализированной экономики, нацелены в большей степени на сетевые инновационные эффекты. Они гибко сочетают множество регионов базирования по всему миру, но не в виде национальных рынков, а на уровне локальных инновационных кластеров, где размещаются свои узкоспециализированные бизнес-задачи: под каждый производственный проект выстраивается своя глобальная цепочка и своя партнерская сеть поставщиков.

Растущее значение цифровых платформ

Кастомизированное и распределенное производство опирается на широкое распространение цифровых платформ. В экономической литературе и литературе по бизнес-управлению [16, 19] платформы ассоциируются не просто с технологическими системами, имеющими определенный код и интерфейс, а с предоставлением определенных продуктов и услуг, позволяющих разным типам пользователей находить друг друга и обмениваться ресурсами, совместно создавая в ходе этих обменов новые ценности — новые товары, услуги, технологии, предприятия и т. п. Такие обмены отличаются от обычных рыночных сделок и предполагают наличие оператора платформы (девелопера), который создает инструменты для координации связей и успешного осуществления пользователями обменных транзакций [28].

Совместное создание новых ценностей предполагает коллаборацию экономических агентов и ее сетевые эффекты, приносящие дополнительную выгоду всем участникам сети [32]. Поэтому пользователей платформ можно рассматривать как участников единой партнерской сети, выступающих не только в роли потребителей, но также в роли производителей — поставщиков комплементарных видов благ, включая инновационные идеи и технологии. Благодаря сетевому взаимодействию пользователей создание платформ помогает бизнесу достигать экономии на разнообразии и наращивать инновационную активность [19].

Разновидности платформ соответствуют многообразию существующих в мире сетей — от закрытых до открытых, от коммерческих до социальных. Как и сети, платформы получили распространение практически во всех секторах экономики (а не только в высокотехнологичных), на разных уровнях экономической активности и в различных организационных формах. Посредничество организации-оператора (обычно владельца платформы) позволяет формировать широкие группы экономических агентов, которые интерактивно взаимодействуют друг с другом в различных функциональных комбинациях — как в двустороннем формате (потребители — потребители, производители — потребители, производители — производители), так в многостороннем. Тем самым, платформы можно рассматривать как универсальные инструменты для образования разного рода экосистем с относительно

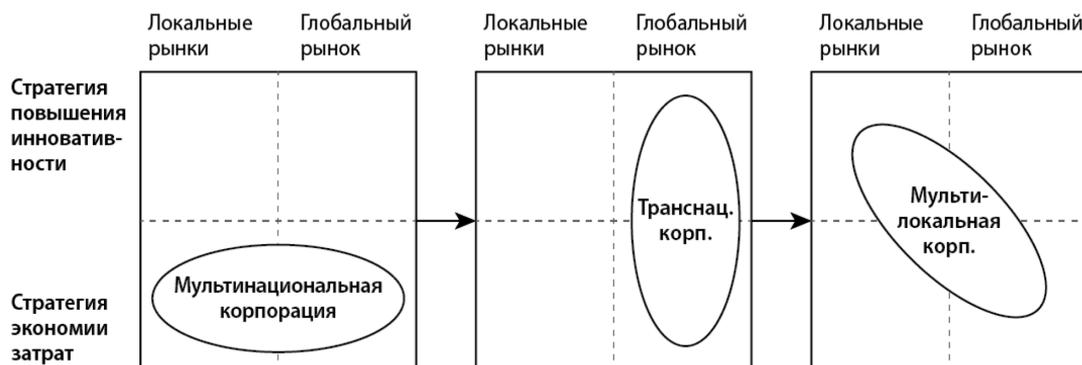


Рис. 2. Эволюция моделей ведения бизнеса: от МНК и ТНК к МЛК

Источник: составлено по [38]

устойчивыми сетевыми связями. Экосистемы, возникшие или получившие дальнейшее развитие благодаря платформам для обмена данными и знаниями, преобразуются впоследствии в более сложные экосистемы, рассчитанные на совместное использование или совместное производство инноваций, либо на то и другое одновременно [36].

В литературе описаны три ключевых класса платформ в соответствии с уровнями экономической активности:

- Внутрифирменные платформы, существующие как в традиционных компаниях (типа General Electric), так и в современных (типа Uber, Airbnb или индийской Flipkart). В иерархично-организованных фирмах платформы содействуют росту производительности за счет ускоренного взаимодействия их подразделений, но не ведут к образованию инновационно ориентированных экосистем, так как имеют закрытый интерфейс и недоразвитые сетевые механизмы коллаборации. Напротив, распределенные сетевые компании, где платформы объединяют независимых игроков по горизонтали, являются настоящими инновационными экосистемами. Примечательно, что компании, образованные на базе платформ (platform-based companies), развиваются исключительно быстро: по некоторым оценкам, за 2012-2015 гг. они росли темпами выше 100%, тогда как динамика роста традиционных корпораций не достигала даже двузначной величины [12].
- Общеотраслевые платформы с открытым интерфейсом (как у Facebook в секторе социального нетворкинга, или как у Apple и Google в секторе цифровой дистрибуции мобильных приложений). Такие платформы генерируют самые открытые экосистемы, доступные неограниченному числу инноваторов. Они охватывают многочисленных пользователей разного профиля (организации, фирмы, индивидуальные лица), которые не обязательно вступают в обмены непосредственно друг с другом, но взаимодействуют самыми разными способами — так, что их комплементарные активы создают дополнительную стоимость в масштабах экосистемы, обеспечивая выигрыши всем конечным пользователям данной платформы [20].
- Платформы внутри стоимостных цепочек, включая глобальные (как у Boeing в авиационной промышленности или у Renault-Nissan в автомобильной). Они создаются компанией — организатором цепочки для координации действий компаний разных стран в ходе совместного производства того и иного конечного продукта. Такие платформы генерируют экосистемы разной степени инновативности, так как цепочки в разных отраслях имеют разные модели взаимодействий между ведущей фирмой и ее поставщиками — от доминирования чисто рыночных контрактов до доминирования отношенческих [21].

На этом фоне следует выделить еще один, особый класс платформ — кластерные платформы для совместных действий [22]. Они возникают внутри инновационных кластеров и генерируют уникальные экосистемы, где производство инновационных

продуктов осуществляется, как отмечалось выше, в режиме непрерывного потока. Кластерные платформы создают специализированной кластерной организацией (координатором кластерного проекта) для поддержки в кластере отношений коллаборации в формате тройной спирали. Эта модель коллаборации позволяет пользователям комплементарно соединять и перегруппировывать свои активы в самых разных комбинациях [37], достигая агрегированных эффектов самоподдерживающегося роста производительности, а не просто базовых сетевых эффектов (возрастание мощности сети с ростом числа ее узлов), характерных для многих других экосистем [31].

Сжатие рынка труда и изменение его профессиональной структуры

Впервые в истории новые технологии приводят не к созданию новых рабочих мест, а к сжатию «старого» рынка труда — как вследствие роботизации производства, так и в силу появления принципиально новых инженерных специальностей и креативных профессий. По оценке оксфордских ученых, роботизация и внедрение киберфизических систем могут вытеснить в ближайшие 20 лет почти половину занятых в сферах рутинного труда [18]. По оценке российских экспертов, цифровые технологии и ускорение автоматизации уничтожат целый спектр среднедоходных специальностей (так, к 2020 г. могут исчезнуть бухгалтеры, сметчики, стенографисты, корректоры и т. п.), а также профессий, связанных с обслуживанием традиционного производственного оборудования [4]. В развитых странах сжатие рынка труда усугубляется ситуацией старения населения: по прогнозу Еврокомиссии, в ближайшие 40 лет наибольшие потери в трудовых ресурсах понесут Италия, Германия и Япония, а ЕС в целом потеряет 40 млн трудоспособных, причем без учета иммигрантов — 96 млн [29].

Это значит, что в современных условиях подъем производства может опираться только на непрерывное переобучение людей и непрерывное наращивание производительности, но никак не на экстенсивное расширение числа занятых.

Новая индустриализация и переход бизнеса к новым производственным стратегиям

Растущий интерес деловых кругов и национальных правительств к вышеописанным следствиям индустриальной революции нашел отражение в их совместных инициативах, именуемых новой индустриализацией⁶. В годы глобального кризиса выяснилось, что производственный сектор, понимаемый как сектор промышленной обработки (manufacturing), не

⁶ Понятие новой индустриализации, или реиндустриализации возникло потому, что в минувшие десятилетия развитые экономики (прежде всего США, страны ЕС и Япония) столкнулись со статистической деиндустриализацией — последовательным снижением доли обрабатывающей промышленности в структуре ВВП и общей занятости. Это стало результатом длительного офшоринга, сжатия иерархий и «размывания» производственного сектора сферой услуг [42].

только не теряет прежнего значения, характерного для индустриальной эпохи, но и приобретает новую роль в качестве ключевого драйвера развития национальной экономики — как зрелой, так и догоняющей. Во многом это объясняется тем, что в современной наукоемкой промышленности производительность растет объективно быстрее, чем в секторе услуг.

По расчетам Deloitte, чем выше реальные темпы роста производственного сектора, тем быстрее растет вся экономика в реальном выражении — и наоборот. Причем эта корреляция не зависит ни от исходных абсолютных масштабов (стоимостной величины) данного сектора, ни от его относительной доли в структуре ВВП⁷. Опираясь на эти расчеты, Всемирный экономический форум рекомендуют всем странам стимулировать образование инновационных кластеров и развивать в этом организационном формате индустрии нового поколения [43].

Новая индустриализация не имеет, таким образом, отношения ни к спасению государством старых промышленных отраслей, вытесняемых глобальной конкуренцией, ни к приоритетной государственной поддержке определенных направлений хай-тека, ни, тем более, к модели догоняющей индустриализации, привнесенной в мировую практику странами ЮВА в 1950-1970-х гг. Как объективная глобальная тенденция она ведет к росту наукоемкости производства и повышению доли технологически передовой обрабатывающей промышленности в структуре ВВП, прежде всего в экономиках развитого мира, в частности в США и странах ЕС [1]. Причем в условиях распределенного производства (его фрагментации между странами по промежуточным стадиям создания продукта) промышленный сектор, оцениваемый в национальной статистике по стоимости конечных продуктов, органично включает в себя разные виды наукоемких услуг, присутствующих в тех или иных звеньях глобальных цепочек.

На микроуровне новая индустриализация сопровождается переходом бизнеса к новым производственным стратегиям, отражающим его возросшую ориентацию на инновационную активность.

В XXI веке, с ростом наукоемкости производства (включая рост квалификации и удорожание персонала), аутсорсинг технологически стандартных операций и, в частности, их массовый офшоринг в азиатские страны с дешевым трудом (производство массовых изделий, сборка комплектующих и т. п.) утрачивают прежнее значение [43]. В растущем числе отраслей международные компании переходят от аутсорсинга к стратегии смартсорсинга (smart-sourcing) — дробят звенья глобальных цепочек на все более специализированные функциональные задачи, подбирая под каждую из них свой территориальный кластер с умной

специализацией, где данная задача может выполняться с наибольшей эффективностью [23].

Одновременно, наукоемкие технологии превращают некогда низкодходные сборочные операции в высокодоходные. Поэтому после глобального кризиса 2007-2009 гг. смартсорсинг был дополнен решорингом (re-shoring) — возвратом офшоринговых звеньев цепочек из развивающихся стран в развитые. Ориентируясь на непрерывность инноваций, глобальный бизнес стремится теперь размещать эти звенья в кластерах передового мира — в непосредственной близости от высокоспециализированных поставщиков, университетов с высококвалифицированными специалистами и «умных» потребителей, предъявляющих устойчивый спрос на инновационные продукты [43].

Вместе с тем, смартсорсинг и решоринг не устраняют аутсорсинга и офшоринга, а сочетаются с ними по-новому. Так, снижение интенсивности офшоринга в сфере производственных операций сопровождается его ускоренным распространением в сфере НИОКР, что затрагивает соответствующие наукоемкие звенья глобальных цепочек на территории и развитых, и развивающихся экономик (рис. 3).

География инновационного наукоемкого офшоринга в целом совпадает с географией офшоринга производственных функций. Как показано на рис. 3, компании Северной Америки выступают его основными генераторами и, соответственно, основными инвесторами в R&D-проекты по всему миру, а наибольшее количество трансграничных R&D-проектов среди всех регионов мира реализуется внутри Европы. Азиатские страны являются крупнейшими подрядчиками в сфере R&D для компаний Северной Америки и Европы, в то время как аналогичные инвестиции из стран Азии чаще направлены в Европу. В последние годы офшоринг R&D-функций в страны Азии замедлился и сместился в пользу подрядчиков в США, Германии и Великобритании, а Китай и Индия сами начали прибегать к стратегии офшоринга в этой сфере, прежде всего в ту же Европу.

Обследование около 5000 новых (greenfield) проектов в сфере R&D, реализованных в 2003-2011 гг. на принципах офшоринга, выявило следующие особенности этой практики [11]:

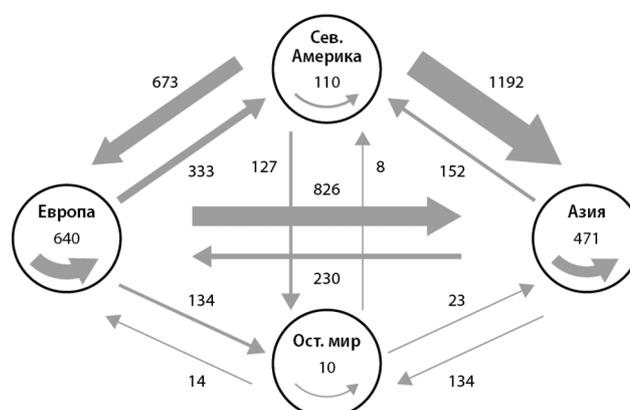


Рис. 3. Число и география офшоринговых R&D-проектов по регионам мира, 2003-2011 гг.

Источник: [11]

⁷ Связь между динамикой обрабатывающей промышленности и динамикой ВВП одинаково характерна и для стран с высокой долей данного сектора в ВВП (выше 30% — Китай, Южная Корея, Таиланд), и для стран с низкой долей (меньше 16% — США, Франция, Великобритания, Индия, Бразилия), и для стран со средней долей (от 16 до 30% — Япония, Германия, Россия, Мексика, Польша, Тайвань) [44].

- как и при офшоринге производственных функций, глобальные компании оценивают не столько привлекательность зарубежной страны в целом, сколько характеристики конкретных территорий — их логистическую связанность с внешним миром, накопленный здесь опыт участия в международных R&D-проектах, а также актуальность создаваемых здесь знаний и технологий для данной компании;
- в сфере R&D фактор снижения затрат не утратил своей роли: при прочих равных условиях компании-инвесторы выбирают территории с более дешевым трудом и низким налогообложением;
- офшоринг в сфере производства не приводит к автоматическому офшорингу в сфере R&D, но регионы, где уже размещены офшоринговые производственные мощности, имеют преимущества в плане привлечения R&D-инвестиций (это особенно заметно в секторе машиностроения, где продукты обладают относительно коротким жизненным циклом и требуют непрерывных инноваций);
- офшоринг R&D-функций отнюдь не вымывает, а наоборот, стимулирует инновационную активность в стране базирования компаний-инвесторов, особенно если он касается операций проектирования и тестирования. Внутренние и зарубежные инновационные процессы в самом деле комплементарны: вложения в разработку и проектирование за рубежом обусловлены ранее проведенными исследованиями в стране-инвесторе, а последующее расширение доли рынка в результате коммерциализации технологий позволяет инвесторам делать новые вложения в национальный сектор R&D.

На макроуровне, как стратегия национального развития, новая индустриализация призвана обеспечить общий переход экономики к кастомизированной модели производства, связанной с повсеместным внедрением новейших технологий и коллективным созданием инноваций в кластерных сетях [6].

В экономических системах, где институциональные субъекты свободно создают сетевые партнерства на базе профильных платформ и развивают коллаборацию в формате тройных спиралей, стимулы к производству инноваций становятся устойчивыми. Поэтому в своей практической политике многие страны не делают разницы между новой индустриализацией и инновационным переходом, а интегрируют обе задачи в курс на создание безбарьерной сетевой среды, благоприятной для непрерывной инновационной активности. Этот подход находит отражение в региональной и промышленной политике ЕС, в концепции Глобального индекса конкурентоспособности [45], нацеливая страны на устранение любых барьеров (бюрократических, инфраструктурных и др.) для наращивания горизонтальной связности экономики, для непрерывного образования в ней новых сетевых экосистем. Главным объектом государственной поддержки становится развитие механизмов коллаборации: страны, сумевшие освоить эти механизмы и войти в глобальные сети связей, подключаясь, тем самым, к глобальным потокам инноваций, получают мощный импульс для реструктуризации и последующего роста производства.

Как свидетельствуют эмпирические исследования, проведенные McKinsey Global Institute, диджитализация экономики может быть не менее мощным инструментом повышения ее производительности и конкурентоспособности, чем создание технологических инноваций как таковых [24]. Это значит, что у всех стран, и особенно догоняющих, появляется шанс для нелинейного рывка в росте производительности, если они ориентируются на широкую информатизацию общества и эффективное внедрение в бизнес-процессы уже существующих в мире ИКТ, а не столько на создание собственных прорывных технологий на отдельных направлениях. Например, Австралия получила существенный выигрыш в совокупной производительности, отказавшись от идеи технологического рывка собственными силами и сделав ставку на широкое использование высококонкурентных импортных ИКТ [13]. Однако даже в этом случае стране нужно адаптировать мировые ИКТ к национальным условиям, что потребует адекватного улучшения институтов, как минимум — интенсивных вложений в сектор R&D и национальную систему образования [14].

Другими словами, вписаться в индустриальную революцию 4.0. предстоит всем типам экономик, намеренных удержаться на плаву в эпоху экспоненциального усложнения технологий и нелинейного развития. Но в выигрышном положении окажутся те нации и территории, которые сосредоточатся на улучшении не столько самих производственных технологий, сколько экономической среды для их непрерывного обновления и применения.

Список использованных источников

1. С. А. Афонцев. Мировая экономика в поисках новой модели роста//Мировая экономика и международные отношения. 2014. № 2. С. 3-12.
2. И. Г. Дежина, А. К. Пономарев. Перспективные производственные технологии: новые аспекты в развитии промышленности//Форсайт. 2014. Т. 8. № 2. С. 16-29.
3. Д. Д. Катуков. Кластерная инициатива как особый экономический проект: европейская и российская практика//Инновации. № 7. 2014. С. 47-52.
4. П. Лукша, К. Лукша, Д. Варламова, Д. Судаков, Д. Песков, Д. Коричин. Атлас новых профессий. М.: Агентство стратегических инициатив, 2015.
5. В. Е. Малыгин. Феномен глобальных стоимостных цепочек: понятие, формы, эволюция//Вестник Института экономики РАН. 2015. № 6. С. 113-124.
6. Н. В. Смородинская. Глобализированная экономика: от иерархий к сетевому укладу. М.: Институт экономики РАН, 2015.
7. Н. В. Смородинская. Сетевые инновационные экосистемы и их роль в динамизации экономического роста//Инновации. № 7. 2014. С. 27-33.
8. Н. В. Смородинская, Д. Д. Катуков. Влияние глобальных стоимостных цепочек на национальные экономические системы и вызовы для российской экономической политики//Общественные науки и современность. 2017. № 4. 27-33.
9. Н. В. Смородинская, В. Е. Малыгин, Д. Д. Катуков. Сетевое устройство глобальных стоимостных цепочек и специфика участия национальных экономик//Общественные науки и современность. 2017. № 3. С. 55-68.
10. R. D. Arnott, L. J. Wu. The Winners Curse: Too Big to Succeed?//Journal of Indexes, 29 October. 2012. <https://ssrn.com/abstract=2088515>.
11. R. Belderbos, L. Sleuwaegen, D. Somers, K. De Backer. Where to Locate Innovative Activities in Global Value Chains: Does Co-location Matter?//OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. 2016. № 30.

12. A. Bhattacharya, D. Khanna, C. Schweizer, A. Bijapurkar. The New Globalization: Going Beyond the Rhetoric. *bcg.perspectives*. 25 April. 2017.
13. Bureau of Communications Research. A Primer on Digital Productivity: An Introduction to Some of the Basic Concepts of How Digitisation Affects Productivity Growth. Australian Government. 2015.
14. E. Dabla-Norris, G. Ho, A. Kyobe. Structural Reforms and Productivity Growth in Emerging Market and Developing Economies//IMF Working Papers. 2016. № WP/16/15.
15. Deloitte. Industry 4.0: Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies. Zurich: Deloitte, 2015.
16. D. S. Evans. Platform Economics: Essays on Multi-Sided Businesses. London: Competition Policy International, 2011.
17. Forschungsunion, Acatech. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Munich: Acatech, 2013.
18. C. B. Frey, M. A. Osborne. The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? OMS Working Papers. 2013.
19. A. Gawer. Bridging Differing Perspectives on Technological Platforms: Toward an Integrative Framework//Research Policy. 2014. Vol. 43. № 7. P. 1239-1249.
20. A. Gawer. The Organization of Technological Platforms//N. Phillips, G. Sewell, D. Griffiths (eds.)//Technology and Organization: Essays in Honour of Joan Woodward. Emerald Group Publishing, 2010. P. 287-296.
21. G. Gereffi, J. Humphrey, T. J. Sturgeon. The Governance of Global Value Chains//Review of International Political Economy. 2005. Vol. 12. № 1. P. 78-104.
22. C. H. Ketels. Clusters, Cluster Policy, and Swedish Competitiveness in the Global Economy//Expert Reports to Sweden's Globalisation Council. 2009. № 30.
23. C. H. Ketels, O. Memedovic. From Clusters to Cluster-Based Economic Development//International Journal of Technological Learning, Innovation and Development. 2008. Vol. 1. № 3. P. 375-392.
24. McKinsey Global Institute. Digital America: A Tale of the Haves and Have-Mores. New York, NY: McKinsey & Company, 2015.
25. OECD. An OECD Horizon Scan of Megatrends and Technology Trends in the Context of Future Research Policy. Copenhagen: DASTI, 2016.
26. OECD. Interconnected Economies: Benefiting from Global Value Chains. Paris: OECD Publishing, 2013.
27. OECD. The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. Paris: OECD Publishing, 2017.
28. G. G. Parker, M. W. van Alstyne, S. P. Choudary. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy – And How to Make Them Work for You. New York, NY: W.W. Norton & Co., 2016.
29. J. Peschner, C. Fotakis. Growth Potential of EU Human Resources and Policy Implications for Future Economic Growth//DG EMPL Working Papers. 2013. № 03/2013.
30. F. Phillips, H. Linstone. Key Ideas From a 25-year Collaboration at Technological Forecasting & Social Change//Technological Forecasting and Social Change. 2016. Vol. 105. P. 158-166.
31. M. E. Porter, C. H. Ketels. Clusters and Industrial Districts: Common Roots, Different Perspectives//G. Becattini, M. Bellandi, L. De Propis (eds.)//A Handbook of Industrial Districts Cheltenham: Edward Elgar, 2009. P. 172-183.
32. K. R. Ranjan, S. Read. Value Co-creation: Concept and Measurement//Journal of the Academy of Marketing Science. 2016. Vol. 44. № 3. P. 290-315.
33. Roland Berger Strategy Consultants. Industry 4.0: The New Industrial Revolution. How Europe Will Succeed. 2014.
34. T. Roser, A. Samson, P. Humphreys, E. Cruz-Valdivieso. Co-creation: New Pathways to Value. An Overview. London: LSE Enterprise – Promise Corporation, 2009.
35. K. Schwab. The Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum, 2016.
36. N. V. Smorodinskaya, M. G. Russell, D. D. Katukov, K. Still. Innovation Ecosystems vs. Innovation Systems in Terms of Collaboration and Co-creation of Value. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences. 2017. <http://hdl.handle.net/10125/41798>.
37. Ö. Sölvell. Clusters – Balancing Evolutionary and Constructive Forces. Stockholm: Ivory Tower, 2009.
38. Ö. Sölvell. The Multi-Home-Based Corporation: Solving an Insider-Outsider Dilemma // Innovation and Institutional Embeddedness of Multinational Companies/M. Heidenreich (ed.). Cheltenham: Edward Elgar, 2012. P. 59-76.
39. A. Srinath. The Era of Industry 4.0: Internet of Things and Smart Manufacturing // rVantage.net. 12.07.2015. <http://rvantage.net/manufacturing/internet-of-things-smart-manufacturing-the-era-of-industry4-0>.
40. T. J. Sturgeon. Modular Production Networks: A New American Model of Industrial Organization//Industrial and Corporate Change. 2002. Vol. 11. N. 3. P. 451-496.
41. Top of Digital Europe. A Digital Single Market: Growing the Baltic Sea Region. Copenhagen: Top of Digital Europe, 2015.
42. K. Warwick. Beyond Industrial Policy: Emerging Issues and New Trends. OECD Science//Technology and Industry Policy Papers. 2013. № 2.
43. WEF. Manufacturing for Growth: Strategies for Driving Growth and Employment. Volume 1: Globally Competitive Policy. Geneva: World Economic Forum, 2013.
44. WEF. The Future of Manufacturing: Opportunities to Drive Economic Growth. Geneva: World Economic Forum, 2012.
45. WEF. The Global Competitiveness Report 2015-2016. Geneva: World Economic Forum, 2015.
46. H. W.-C. Yeung, N. M. Coe. Toward a Dynamic Theory of Global Production Networks//Economic Geography. 2015. Vol. 91. № 1. P. 29-58.

Key features and implications of industrial revolution 4.0

N. V. Smorodinskaya, PhD (econ.), chief researcher.
D. D. Katukov, junior researcher.

(Institute of economics, Russian academy of sciences)

The paper deals with key features and socio-economic implications of the 4th industrial revolution. In the first part, we observe key technological trends leading to new development prospects in the sphere of industrial production. Specifically, we highlight the transformative role of new digital technologies. In the second part, we examine a number of structural changes in the organization of economic activity resulting from the 4th industrial revolution. In particular, we emphasize digitalization of economic routines; transition towards customized manufacturing; emergence of advanced industries; formation of the globally dispersed model of production; transformation of traditional corporations into dispersed network-based companies; the increasing role of digital platforms; and finally, the shrinkage of traditional labor markets. In the third, concluding part, we analyze the phenomenon of new industrialization in terms of the increased knowledge intensity of production, the growing complexity of business strategies, and the new agenda of national development strategies (putting priority on improvement of economic context over improvement of production technologies per se).

Keywords: digitalization, industrial revolution 4.0, R&D offshoring, new industrialization, fragmentation of production, dispersed networked firms, digital platforms.