

# Трансформация модели тройной спирали в условиях формирования инновационных экосистем в промышленности

Кириллова Е.А., Дли М.И., Какатунова Т.В., Епифанов В.А.

Рост внимания к инновациям как одному из ключевых факторов обеспечения устойчивого развития в стратегической перспективе определил активное их изучение, анализ причин и источников возникновения, создание моделей формирования и распространения. Модели инновационного развития стали объектом данного исследования. Постоянное нарастание объемов взаимодействий, усиление специализации отдельных элементов, потребность резкого сокращения времени вывода продукта на рынок и рост числа вовлеченных в инновационный процесс субъектов, тесно взаимосвязанных в рамках единого непрерывного потока нашло отражение в моделях спиральных циклов, одной из наиболее распространенных среди которых является модель тройной спирали.

Представление инновационного развития в виде моделей спиральных циклов и тройной спирали, в частности, послужило объектом исследования. Предметом исследования стали изменения в модели тройной спирали, обусловленные современными преобразованиями внешней среды и самих субъектов взаимодействия, видоизменения их ролей и специфика воздействия на них для достижения устойчивого развития на основе инновационного потока. Целью являлась разработка методологического обеспечения укрепления инновационного потенциала регионов посредством формирования единой среды, опирающейся на принципы открытых инноваций и способствующей созданию сетей научно-технической информации, а также возможностей их коммерциализации.

В результате исследования: отмечая выделенные в ходе анализа проблемы концептуальных моделей реализации инновационных процессов на современном этапе, а также учитывая особенности существующих условий их практического применения и тенденции их развития в статье описана разработанная модифицированная модель тройной спирали. Авторами выделяется потребность в экосистемном подходе к рассмотрению реализации и управления инновационными процессами. Такое ее модульное структурное представление может использоваться для моделирования реализации инновационных процессов, мониторинга и прогнозирования характера и динамики структуры и поведения составляющих элементов указанных экосистем.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Кириллова Е.А., Дли М.И., Какатунова Т.В., Епифанов В.А.  
Трансформация модели тройной спирали в условиях формирования инновационных экосистем в промышленности // Дискуссия. – 2022. – Вып. 110 – С. 16–30.

ГОСТ 7.1–2003

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Тройная спираль, модель, промышленное устойчивое развитие, производственно-хозяйственные системы, инновационный процесс, экосистемы.

JEL: O310, O320, L000

DOI 10.46320/2077-7639-2022-1-110-16-30

# Transformation of triple helix model in the conditions of innovative ecosystems formation in industry

**Kirillova E.A., Dli M.I., Kakatunova T.V., Epifanov V.A.**

Growing attention to innovations as one of the key factors for ensuring sustainable development in the strategic perspective has determined their active study, analysis of causes and sources of occurrence, creation of formation and dissemination models. Models of innovative development have become the object of this study. The constant increase in the volume of interactions, the increased specialization of individual elements, the need for a sharp reduction in the time of product launch to the market and the increase in the number of subjects involved in the innovation process, closely interconnected within a single continuous flow, are reflected in spiral cycle models, one of the most common among which is the triple helix model. Innovative development presentation in the form of spiral cycles and triple helix models, in particular, served as the object of research. The subject of the study was changes in the triple helix model caused by modern transformations of the external environment and subjects of interaction themselves, modification of their roles and management specifics to achieve sustainable development based on the innovation flow. The aim was to develop methodological support for regional innovation potential strengthening through the formation of a unified environment based on the principles of open innovation and contributing to the creation of scientific and technical information networks, as well as opportunities for their commercialization. As a result of the study: noting problems highlighted in the analysis of conceptual models of innovative processes implementation at the present stage, as well as taking into account peculiarities of their practical existing application conditions and their development trends, the article describes the developed modified model of the triple helix. Authors highlight the need for an ecosystem approach to the consideration of innovation processes implementation and management. Such modular structural representation of it can be used to innovative processes implementation model, monitoring and forecasting the nature and dynamics of the structure and behavior of these ecosystems constituent elements.

FOR CITATION

*Kirillova E.A., Dli M.I., Kakatunova T.V., Epifanov V.A.* Transformation of triple helix model in the conditions of innovative ecosystems formation in industry. *Diskussiya [Discussion]*, 110, 16–30.

APA

KEYWORDS

*Triple helix, model, industrial sustainable development, production and economic systems, innovation process, ecosystems.*

JEL: O310, O320, L000

## Введение

С появлением теории инновационного развития инновационные процессы стали активно изучаться, анализироваться причины и источники их возникновения, создаваться модели формирования и распространения. Первоначально инновационный процесс рассматривался как линейная последовательность этапов от научных исследований до удовлетворения потребностей конкретных пользователей – модель «технологического толчка» (от науки – к рынку). Затем она зеркально видоизменилась на «давления рыночного спроса» (или от потребностей рынка – к науке). Впоследствии достаточно быстро им на смену пришли нелинейные модели третьего и четвертого поколения, где первые две модели стали рассматриваться лишь как частные случаи более общего процесса, объединяющего научно-исследовательские работы, развитие технологий и трансформирующиеся потребности рынка. Обосновывается выделение еще трех моделей: совмещенная (3G), интегрированная (4G) и модель стратегических сетей (5G) [1].

Понимание инновационного развития как непрерывного процесса определяет часто его циклическое представление в виде одного или нескольких серий этапов непосредственно или опосредованно взаимодействующих между собой при генерации новых идей, предложений, трансформирующихся в инновационное знание и затем коммерциализирующихся как инновационный продукт, а также реализуя диффузию такого опыта. Наибольшее развитие в связи с ориентацией на признание экономической роли всего спектра возможных стратегий ведения инновационной деятельности – от полномасштабных исследований и разработок до технологических заимствований и прямой закупки оборудования, получила цепная модель Клейна-Розенберга [2]. Данная модель достаточно полно позволяет описывать сотрудничество предприятий реального сектора экономики с научными и исследовательскими организациями при создании инноваций, так как такое взаимодействие в ее терминах охватывает кадровый потенциал, создание, регистрацию и распространение объектов интеллектуальной деятельности и другие смежные услуги. Представление инновационного процесса в форме такой модели отчасти позволяет преодолевать барьеры кооперации, связанные с различиями в стратегиях управления, «целевых функциях», основных субъектов производственно-хозяйственных отношений, формируя культурную общность.

Как отмечается в настоящее время заметен очевидный переход от линейных инноваций на уровне отдельного субъекта до непрерывных инноваций, создаваемых совместно участниками коллаборативных сетей. Инновационный процесс стал интерактивным, распределенным и децентрализованным [3]. Постоянное нарастание объемов взаимодействий, усиление специализации отдельных элементов, потребность резкого сокращения времени вывода продукта на рынок и рост числа вовлеченных в инновационный процесс субъектов, тесно взаимосвязанных в рамках единого непрерывного потока нашло отражение в моделях спиральных циклов. Такие модели представляют собой единый цикл вращения переходов между взаимосвязанными фазовыми состояниями в рамках устойчивого экономического роста. Его особенностью является не замкнутость, а нарастание при каждом витке, что обуславливает его спиральную модель представления. Чередование в процессе движения по спирали усиления инновационных свойств экономического роста, говорит о наличии у инновационной спирали волновых свойств. Спиральные модели инновационного развития имеют важное значение в теории управления поскольку они позволяют рассматривать инновации как сложные процессы, встроенные во взаимосвязь различных институциональных производственно-хозяйственных субъектов, культурных и многих других аспектов, что делает взаимодействие в рамках совместного развития важной предпосылкой как для генерации, так и для обмена и передачи знаний. В рамках такой модели подчеркивается, что отдельные звенья переплетаются и, тем самым, создают направленный поток системных преобразований. Такой подход на принципах процессного управления позволяет максимально скоординировать взаимосвязи и взаимозависимости между отдельными субъектами и элементами инновационного процесса при формировании устойчивых ценностей.

В тоже время если рассмотрение модели инновационного развития как спирали является актуальным и доказанным, то вопрос об ее элементах и их количестве является дискуссионным. Он стал активно подниматься в теоретических и практических исследованиях с середины 1990-х годов XX века, когда основным источником коммерциализации новых знаний для блага общества и государства в политических программах и мероприятиях стало более тесное сотрудничество науки (в форме университетов) и промышленных предприятий. Эти итерационные



контакты в рамках модели двойной спирали предполагали рассмотрение инновационного процесса как разрозненные заказы на разработку или реализацию продукта или оказание услуги. Отношения между субъектами, участвующими в производстве знаний при такой форме, сохранялись на достаточно короткий период, так как цели каждого из субъектов при таком взаимодействии существенно различаются. Компромиссные решения между интеграцией и дифференциацией каждого из субъектов взаимодействия приводили к реализации локальных синергетических эффектов.

#### **Анализ существующих методов и подходов**

Существенный вклад в описание нелинейных моделей инновационного процесса внесли исследования Г. Ицковиц и Л. Лейдесдорф. Первый делал акцент на анализе и оценке отношений между университетом и промышленным предприятием, описывая их как неинституциональную модель, ориентированную на реализацию выгод межинституциональных сетей и технологического обмена. Лейдесдорф придерживался эволюционного подхода и видел во взаимодействии и наложении связей между различными и независимыми сферами деятельности источники роста, что подтолкнуло его к исследованию механизмов обмена в рамках создания инноваций (фор-

мирование устойчивых ценностей, производство и диффузия знаний и опыта). Разработанная ими модель тройной спирали (*The Triple Helix Model (1996 г.)*) подчеркивает институциональную важность субъектов, обычно известных как «звенья спирали», для создания инноваций, делая акцент на «трехсторонних» взаимосвязях и взаимодействиях различных групп субъектов. Традиционно считавшиеся заинтересованными стороны, отвечающие за производство и распространение инноваций – предприятия промышленного сектора, создание новых знаний – университеты, в рамках представления данной модели взаимодействуют с государственными структурами при инициализации новых знаний и их воплощении в продукцию и услуги, определяющие конкурентоспособность государства и реализацию его социальных функций для действия социально-экономического развития. Такая модель, представляет собой общее аналитическое отображение, дополняет и систематизирует отдельные разрозненные описания институциональных механизмов и моделей взаимодействия, в том числе давая объяснение их динамики.

Добавление звена «государственные структуры» к двойной спирали имело существенное значение в изменении понимания функциони-

рования всей структуры инновационного процесса и рассматривается как ключевое в обеспечении самости модели. Переход от попарного взаимодействия к многомерному спиральному послужил основой для существенной дополнительной динамики в рассматриваемой системе взаимодействий инновационного процесса: возможности для двух сторон сотрудничать против третьей стороны, изменяя акцент рассмотрения ее преобразований с траектории (стабильной, движущейся вокруг равновесия) к системе (сложной, нелинейной и нестабильной). Динамика этих трансформаций имеет тенденцию к коэволюции, что говорит о возможных пересечениях траекторий в рамках совместного влияния и развития, вызывая их рекомбинацию, которая в свою очередь является толчком к новым преобразованиям. Следовательно, вся спираль находится в состоянии самоподдерживающегося движения. Предполагается, что она менее стабильна чем бинарное взаимодействие. Это движение позволяет модели реализовывать синергетические эффекты, и в последующем самоорганизовываться, оставляя при этом неизменными институциональные детерминанты [4].

Спиральное представление не только позволяет учитывать влияние фактора времени, но и подчеркивает нелинейность взаимодействия ее субъектов и других элементов. Формируемая сеть взаимоотношений порождает тенденции изменения целей, намерений, инициатив и проектов, которые определяют возможности получения добавленной стоимости за счет как аккумуляции ресурсов и способностей, так и постоянной реорганизации, модификации, взаимодополнения отдельных комплиментарных элементов. Эти трансформации главным образом касаются динамики таких взаимосвязанных аспектов как: институциональные преобразования, эволюционные механизмы и роль университетов [5]. Такие нелинейные взаимодействия лежат в основе формирования новых знаний на основе комбинаций ресурсов и способностей [6]. При этом необходимо подчеркнуть, что модель тройной спирали акцентирует внимание не только на преобразованиях всей системы и взаимодействиях между ее элементами, но и говорит о преобразованиях самих элементов и их важности для устойчивого развития всей спирали в стратегической перспективе. Кроме того, предполагается, что управление в таком случае следует рассматривать как процесс воздействия на единую спиральную экосистему, объединяющую не только внутренние компо-

ненты, но и внешние, поскольку инновационные идеи и предложения иницируются и развиваются согласно концепциям открытых инноваций и динамических способностей главным образом за счет обмена и взаимопроникновения частей системы в рамках сложных сетей. Такая реконфигурация и трансформация ресурсов и способностей отдельных субъектов взаимодействия в рамках спирали способствует формированию непрерывного инновационного потока, в том числе создающего пул фрактальных спиралей в смежных областях.

Характерной чертой модели выделяется обязательное выстраивание в рамках спирали тесных горизонтальных трехсторонних связей между ее основными звеньями, проявления которых являются основой инициации инновационных процессов [7]. Именно горизонтальный характер таких связей во многом обуславливается тем, что государство в данной модели описывается не как управляющий субъект, а как равноправный элемент [8]. Это существенно отличает модель тройной спирали от этатистской модели развития (ориентированной на государство) или модели «невмешательства» (ориентированной на рынок). Акцент на горизонтальных связях в свою очередь способствует формированию политики, направленной на достижение целей устойчивого развития, затрагивающей инфраструктуру, индустриализацию и инноваций.

Гибкость реализации модели тройной спирали проявляется в возможностях одних субъектов временно принимать на себя роли партнеров, то есть в реализации частичного функционального взаимопроникновения сфер влияния институциональных субъектов инновационного процесса, тем самым заполняя пробелы, которые возникают, когда одна сфера слаба или неспособна выполнять свою традиционную роль. Звенья тройной спирали не являются отдельными изолированными функциональными сферами модели, а представляют собой неотделимые интегрированные институциональные области. Отмечается, что именно эта конвергенция функциональных сфер влияния формирует динамику эволюционного устойчивого роста системы в стратегической перспективе. Важно отметить, что модель тройной спирали рассматривает в качестве источников устойчивого роста в стратегической перспективе не только экономические факторы, а также институциональные правила и принципы, эндогенную динамику преобразований благодаря инновациям. В [9] эмпирическим путем подтверждается,

что достижение устойчивого роста, основанного на инновациях и знаниях, возможны благодаря использованию модели тройной спирали.

Системный взгляд на инновационный процесс, который дает модель тройной спирали, рассматривается как теоретическая концептуальная основа, описывающая процессы получения, закрепления, формализации, распространения и использования результатов интеллектуальной деятельности. Потребность в создании и регистрации результатов интеллектуальной деятельности в ее рамках позиционируется с точки зрения трех векторов, направлений развития субъектов: как создание дополнительной стоимости в промышленном производстве товаров или оказании услуг, как обеспечение конкурентоспособности государства, реализации им социальных функций и его технологического развития, а также как результат научной работы по созданию принципиально нового продукта академическим сообществом. Результаты интеллектуальной деятельности являются своего рода связующим элементов всех трех звеньев. Именно в рамках трехстороннего взаимодействия осуществляется закрепление и защита прав на результаты интеллектуальной собственности каждого из субъектов. В тоже время у научных организаций не всегда есть необходимое лабораторное оборудование для воплощения инновационных результатов интеллектуальной деятельности в производстве или его создание, приобретение для разового тестирования не всегда целесообразно. В связи с этим некоторые из оригинальных идей могут быть не развиты не доведены до готового к использованию продукта. Создание и реализация новых технологий может проявляться через движение по траекториям во всех трех соответствующих направлениях и с потенциально различной динамикой.

При этом сами авторы модели определяют такие направления ее развития в связи с постоянно усиливающимися тенденциями локальной спецификации и интеграции, глобального давления со стороны умной специализации и цепочек создания стоимости, а также развития информационно-коммуникационных технологий, как: раскрытие некоторых новых звеньев модели, их реконфигурация под влиянием экономического, политического и социально-когнитивного потенциалов факторов изменений [4].

По мере усложнения взаимоотношений в рамках производственно-экономических систем, а также усиления роли неэкономических

аспектов в обеспечении устойчивого развития, таких как «экологическая устойчивость», сокращение «социального неравенства», спираль модифицировалась. Толчком также послужили тенденции активного внедрения программ умной специализации в рамках стран Европейского союза, формирование системы гражданского общества и усиление его роли, развитие информационно-коммуникационных технологий и средств массовой информации, включая некоммерческие организации. В контексте развития всего общества инновации являются ключевым элементом, обеспечивая персонификацию и переход к системным и ориентированным на пользователя структурам производства и предложения. Э. Караянис и Э. Григорудис предложили модель четырехзвенной спирали (*The Quadruple Helix Model (2009г.)*), которая представляет собой единое пространство для трансфера инноваций между бизнесом и наукой при поддержке государства и участия гражданского общества (прежде всего, в контексте СМИ и культурного фактора) [10]. Ядром модели четырехзвенной спирали выступает общество, как основной потребитель инноваций. Именно конечные пользователи стимулируют их создание, определяют форму, интенсивность инновационного процесса и являются его движущей силой. При этом подчеркивается, что из пассивного статичного потребителя товаров и услуг, созданных другими институциональными субъектами, представили общества в настоящее время трансформируются в активных участников инновационного процесса, формируя тем самым внутреннюю сетевую динамику движения в рамках спирали. Представители общества рассматриваются как посредники, координаторы, инициаторы и потребители знаний, а также как важный фактор, способствующий инновационному развитию. Они становятся основными агентами в рамках взаимодействий, направленных на создание добавленной стоимости, генерируя инновационные идеи, создавая новые исследовательские траектории, также взаимосвязывая механизмы и процессы создания ценностей на микроуровне. В свою очередь, представители трех других звеньев спирали (бизнес, государство и университеты [11]) заинтересованы в инновационной деятельности представителей общества и оказывают содействие, необходимое для создания таких инноваций, – от инструментов до платформ и предоставления информации [12]. При этом актуальным становится учет социального и культурного контекста инновационных преобразований [13].

Выделение данного четвертого звена было также связано с тем, что одним из условий, определяющим создание благоприятной среды для реализации инновационного процесса, считается уровень восприимчивости общества к инновациям, то есть наличие спроса на инновационные товары и услуги со стороны граждан и инициация ими инновационных идей и предложений в связи с развитием их потребностей. Участие представителей общества в создании инноваций и увеличение социальных нововведений является также одним из составных элементов перехода к новому технологическому укладу и развитию экономики знаний. При этом как подчеркивается в [14] крайне важно привлечение представителей общества уже на этапе планирования, чтобы повысить их осведомленность, обеспечивать их дальнейшую поддержку и участие в инновационном процессе. Это достигается путем постоянного и открытого общения между гражданами и всеми заинтересованными субъектами, что в свою очередь способствует укреплению доверия. Активную роль в этом играют сети формальных и неформальных коммуникаций, которые также создают потенциальные возможности интуитивного и произвольного создания новых инновационных продуктов или услуг. Такие случаи могут стать триггерами, катализаторами и ускорите-

лями процессов прикладного исследования и их применения – тем самым существенно повышая результативность умной специализации в рамках модели.

Кроме того, данный фактор приобретает особую актуальность на локальном региональном уровне из-за синергетических эффектов, возникающих в результате территориальной близости производителей и потребителей инноваций [15], что подтверждается в исследованиях практической апробации модели для сельской местности [16]. Акцент на локальный контекст и общество в таких территориях способствует большей эффективности инноваций, которые здесь главным образом носят нетехнологический характер. В свою очередь в [17] четвертое звено описывается скорее как культурное измерение, устоявшиеся законы, правила, стандарты, важность формирования и распространения общественной осведомленности, поскольку оно оказывает влияние на все аспекты развития инноваций. Инновационный процесс зарождается и в своем развитии затрагивает в рамках взаимодействия почти все звенья спирали. Так как это сотрудничество «расширяет» ресурсы и способности каждого из институциональных субъектов, развивает их возможности по созданию инновационных продуктов или услуг, она может быть описана как формирование



инфраструктуры обеспечения развития знаний с точки зрения перекрывающихся институциональных сфер, где каждая берет на себя роль другой, и на стыках возникают гибридные инновации. Другими авторами дополнительное звено трактуется с системной точки зрения, акцентируя внимание на реализуемых посредством информационно-коммуникационных средств услугах [18]. Общество описывается не как отдельное звено, а как интегрированная часть спирали, и его значение заключается в том, чтобы отвечать требованиям граждан [19]. Такое расширенное понимание общества в рамках модели подчеркивает экосистемный характер процесса, обуславливает совместную эволюцию ресурсов и способностей каждого из субъектов взаимодействия и системы в целом, а также балансирует нелинейные инновационные режимы в контексте многоуровневых инновационных систем.

Важнейшим системообразующим элементом спирали подчеркивается, как и в предыдущем варианте модели, роль знаний, которые в процессе движения между подсистемами спирали, известного как «циркуляция знаний», превращаются в инновации и ноу-хау, реализуемые в обществе и экономике. Формирование подобных элементов может обеспечить более быструю, широкую, дешевую и устойчивую динамику процессов познания и обучения [10]. Авторы модели подчеркивают непрерывный характер реализации инновационного процесса в такой системе при наличии восходящего и нисходящего прогресса сложности [20].

Модель инноваций с пятизвенной спиралью (*The Quintuple Helix Model (2010 г.)*) отражает тот факт, что инновации все чаще стали рассматриваться как зависящие от окружающей системы институциональных и культурных норм. В ней добавляется пятое измерение – окружающая среда, акцентирующее внимание на вопросах экологии в инновационной системе, и фактически отвечающее за устойчивое развитие и стабильное функционирование остальных компонентов. Это звено рассматривается как ограничивающий и направляющий фактор развития науки, технологий и инноваций [21]. Четырехзвенные и пятизвенные модели спирали были приняты Европейским союзом в качестве теоретических основ для формирования стратегий в области умной специализации, «Плана S», открытых инноваций 2.0 и т.д. Тем не менее, вопрос, который обычно остается нерешенным в рамках модели спирали с пятью звеньями, заключается в их взаи-

модействии при реализации инновационного процесса. Он чаще всего рассматривается по аналогии с живой природой в близкой к ней категории экосистемы, представляющей собой междисциплинарную область отношений между организмами или между ними и окружающей средой [22]. Одним из направлений развития исследований в данной области представляется изучение влияний одной системы тройной спирали на другую. Например, приводит ли рост или упадок внутривосточной тройной спирали к усилению позиции страны и уровня ее взаимодействия на международном уровне.

Тем не менее сами авторы спиральных моделей и опыт ее практической апробации подтверждают необходимость учета при внедрении национальной специфики. Данные отличия, главным образом, обуславливаются состоянием и особенностями институциональной среды, в которой происходит внедрение модели. Причем эти различия могут наблюдаться не только на уровне стран, но и на уровне регионов в рамках одной страны [8]. В частности, для российской практики в [8] обосновывается наибольшая целесообразность именно тройной модификации спирали намеренно не учитывая общество и окружающую среду, поскольку они, как отмечают авторы, хотя обуславливают развитие национальной инновационной системы, но не являются ее частями, и, следовательно, их необходимо регулировать отдельно. Также авторы на основе системных принципов экономической теории [23] предлагают в модель включать звено образования, учитывая исторически сложившееся институциональное разделение науки и образования [8].

Теория спирального развития инноваций все еще продолжает эволюционировать, в частности, создаются различные модификации n-мерных спиралей, ориентированные на новых заинтересованных сторон, глобализацию, специализацию и сохранение окружающей среды, что особенно важно для устойчивого развития на современном этапе. В эпоху глобализации, цифровизации и социэкологии исследования функционирования региональных инновационных систем на основе моделей спирального развития с учетом в том числе эволюционного аспекта, который зачастую игнорировался, является особенно ценным для управления и обеспечения устойчивости таких систем [24].

Делая упор на развития средств связи, информационно-коммуникационного обмена, тенденцию цифровизации в [25] описывается

дополненная модель пятизвенной спирали (*The '5+1' Helix Model*), где учтены взаимосвязи и взаимозависимости, присущие промышленному производству через укрепление информационных связей в рамках цифровой экосистемы, призванной стать связующим звеном для всех субъектов, звеньев и уровней. В исследовании [26] предлагается модификация отображения динамической структуры тройной спирали, делающая акцент на предпринимательстве как ключевом факторе обеспечения конкурентоспособности и развития региона. В модели основное внимание уделено локальным инновациям и потенциальным местам приложения предпринимательской инициативы для их катализации.

При разработке методов анализа и оценки спиралей при размерности больше трех часто употребляется понятие  $n$ -мерной спирали (*n-Helix models*). Так, как отмечают сами авторы тройной спирали [27] и многие критики [28], выделение каждого нового звена должно быть достаточно четко функционально и институционально обосновано, в связи с возможным снижением эффективности ее использования из-за затруднений анализа качественных переменных и проблемами применимости математического аппарата. Хотя в инновационных процессах может быть задействовано более трех различных типов субъектов инновационной деятельности, утверждается, что это не обязательно напрямую создает новый тип динамики, выходящих за рамки суммирования динамики эффектов от тройных спиралей. Так, изменения в социально-технических характеристиках систем, могут быть объяснены трансформациями в отношениях между тройными спиралями, а не какими-либо чрезмерно изогнутыми отношениями четырехкратной или  $n$ -мерной спирали.

Существенной проблемой при использовании четырёх и пятизвенных спиралей является многоаспектность и значительное число качественных характеристик при интерпретации дополнительных звеньев, что затрудняет их идентификацию, оценку и анализ. В тоже время многие социальные процессы могут происходить одновременно и мешать друг другу. Представляется затруднительным рассматривать четвертое звено спирали как отдельное, поскольку культурные особенности и характеристики представителей общества, направлены не на какую-либо конкретную спираль, а скорее на саму систему в целом. Такое комплексное рассмотрение системы должно послужить основой к аналогичному подходу в управлении инновационными процессами [24].

При этом в некоторых исследованиях [27], [29], [30], описывая необходимость увеличения размерности спирали, предлагается ее представление через разложение и рекомбинацию на несколько совместно существующих спиралей более низкой размерности: разбиение на наборы взаимодействующих систем тройной спирали, которые можно анализировать отдельно. Такой взгляд на сложные системы с использованием тройной и  $n$ -мерных спиралей обеспечивает аналитическую основу для разработки подходов к управлению сложными инновационными системами. В тоже время в концепции четырехзвенной спирали, а также в недавно появившейся теории многоуровневых перспектив социально-технических переходов [31], подчеркивается, что не всегда многомерную систему можно представить как сумму триад. В таком случае особенно актуальным становится вопрос идентификации того оптимального состава звеньев спирали, обеспечивающего реализации синергетических и других эффектов для которых формируется такая модель представления инновационного процесса, при сохранении ее управляемости, возможности оценки и анализа. Индикатор наличия и размеров эффектов может быть разработан и для  $n$ -мерных спиралей, но необходимо учитывать при этом увеличение неопределенности и вероятностей реализации прогнозов такой модели.

### Результаты исследования

Отмечая выделенные в ходе анализа проблемы концептуальных моделей реализации инновационных процессов на современном этапе, а также учитывая особенности существующих условий их практического применения и тенденции их развития была разработана модифицированная модель тройной спирали, представленная на рисунке 1.

Модифицированная спиральная модель реализации инновационного процесса представляет собой мультимодальную, многоузловую инновационную экосистему, охватывающую взаимодополняющие и взаимоусиливающие инновационные сети звеньев, опирающиеся на потоки результатов интеллектуальной деятельности, сформированные посредством интеграции частной и государственной собственности с использованием инструментов индукции 4.0, и сформированные социальным капиталом, подкрепленным финансовым обеспечением различных сфер и переплетающихся в рамках многомерных горизонтальных взаимодействий, обеспечивая тем самым реализацию скоординированного потока

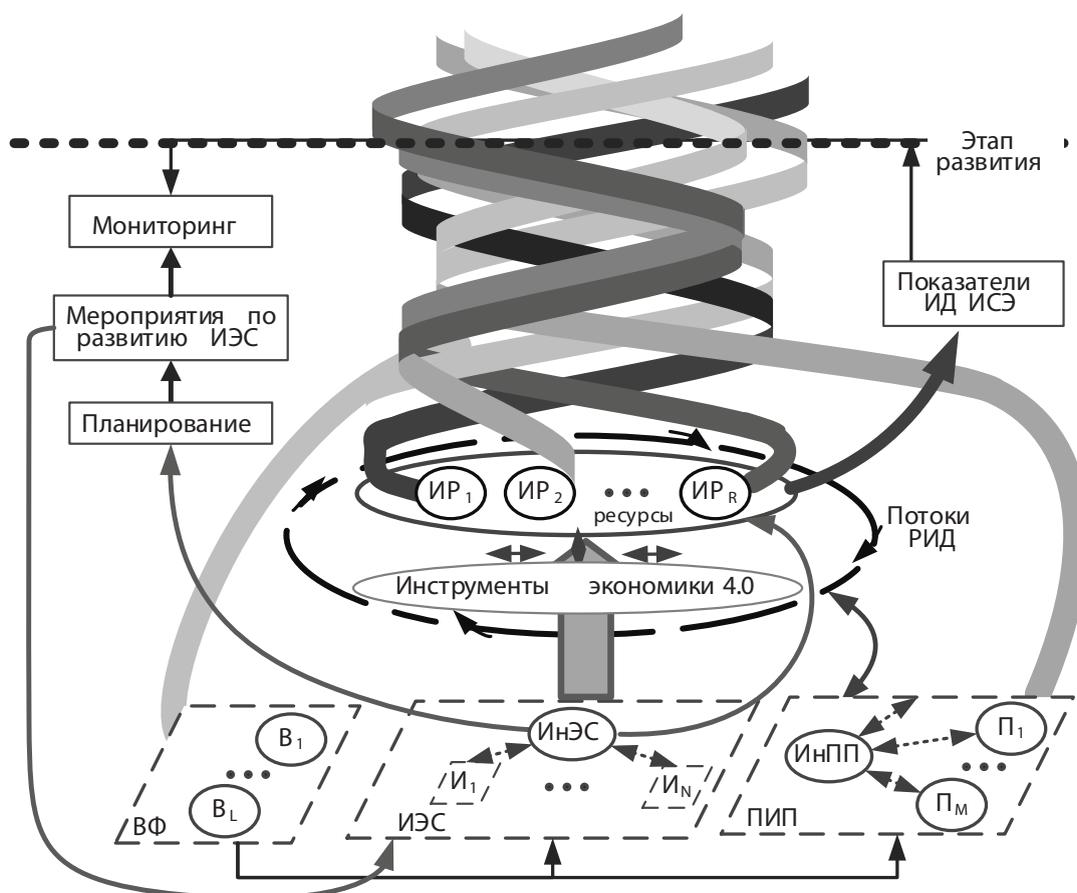


Рисунок 1. Модифицированная спиральная модель реализации инновационного процесса (на рисунке: ИР – инновационные ресурсы; ИЭС – инновационная экосистема; ИНЭС – интегратор ИЭС; ИНПП – интегратор потребностей потребителей; ВФ – внешние факторы)

Источник: Составлено авторами

инноваций для устойчивого развития в стратегической перспективе.

Смена технологических укладов, четвертая промышленная революция существенным образом повлияли на все производственно-хозяйственные и социально-экономические процессы не только на национальном, но и мировом уровне. Инновации стали неотъемлемой основой всех видов деятельности. Вместе с тем их реализация силами отдельных производственно-хозяйственных субъектов определяется как крайне затруднительная и неэффективная. Специализация отдельных субъектов и регионов определила выполнение каждым из них узкоспециализированных функций. Глобализация привела к резкому увеличению скорости перемещения капитала, информации, технологий, человеческих ресурсов и других важнейших факторов производства. Поэтому для обеспечения своей конкурентоспособности и устойчивости в стратегической перспективе

необходимо учитывать изменения данных внешних факторов, представленные в рамках одного из модулей внизу модели.

Невозможность изолированного создания и реализации инновационного процесса в совокупности с эволюционными изменениями каждого из субъектов взаимодействия и всей системы в целом формируют единую инновационную экосистему, основанную на принципах конкурентного партнерства и коэволюции, лежащую в основе преобразований, встроенных в контекст спирали. Вместе с тем необходимо отметить роль потребителей инноваций в этом процессе, напрямую определяющие «заказ» на инновации, формируя потребность как толчок инициации инновационного процесса под влиянием изменений внешних факторов и других субъектов. Потребности промышленного производства, устойчивое развитие общества и государства определяют целесообразность и рациональность реализации,

масштабы, направленность, формы и темпы инновационной деятельности. При этом возможность реализации такой деятельности и ее эффективность напрямую зависят от наличия, взаимосвязанности и координационной деятельности поставщиков услуг, работ, кадров и оборудования, то есть нужна инновационная экосистема. Для клиентов – это в первую очередь развитие сервиса и удобство приобретения и использования услуг, снижение их стоимости, персонализация. Все это ведет к структурным преобразованиям в производственно-хозяйственной деятельности и обществе, росту конкурентоспособности, созданию новых рабочих мест, улучшению благосостояния населения, контролю и снижению негативного влияния на экологию, что определяет предпосылки устойчивости таких объединений в стратегической перспективе. Кроме того, взаимовыгодные долгосрочные партнерские отношения оказывают существенное влияние не только на стоимость и качество производимых продуктов и оказываемых услуг, но и на уменьшение степени риска и неопределенности в процессе данной деятельности, создавая основу для конкурентных преимуществ и динамических способностей отдельных предприятий.

Потребности, идентифицируемые на основе развития науки, техники и технологий и/или запросов со стороны промышленного производства, перерастают от идей к концепту и, затем, в конкурентоспособный инновационный продукт или услугу в инновационной экосистеме. Такой продукт сам будет способствовать развитию производства и всей региональной социально-экономической системы в целом, так как направлен на решение их практических задач, формировался в их рамках, гибко «перенастраиваясь» под все внутренние и внешние изменения. Интеграторы в каждом из модулей выполняют координационную роль.

Отмечается существенная роль знаний в данных преобразованиях. Именно ключевые компетенции сотрудников, их знания и опыт, являющиеся основными источниками инноваций, способствуют эффективности функционирования и устойчивости таких научно-промышленных систем. Вклад в измерение отношений повышает взаимодополняемость и доверие по мере развития экосистемы. При описании экосистемы и ее элементов во многих исследованиях акцент делается на экспликации только среды хотя источники ее конкурентных преимуществ определяются характеристиками потенциала системы.

Также важно подчеркнуть не статичный характер экосистем [32], а необходимость сочетания пространственного и динамического взгляда на управление ими. Анализ практического опыта реализации одной из экосистем в российской практике [33] выделяет положительное влияние межотраслевой конвергенции и цифровизации на конкурентные преимущества такой системы. Дифференциация платформ, осуществляемая по различным признакам, и применение сквозных технологий реализуют возможности создания персонализированного предложения для конечных потребителей, заинтересованных в получении всего комплекса инновационных услуг/работ на всех этапа инновационного процесса при сокращении затрат на их поиск и сравнение [35]. Цифровые платформы способствуют осуществлению такого предложения и присвоения этих преимуществ за счет аккумуляции информации и более быстрых, а местами единственно возможных коммуникационных взаимодействий и механизмов обмена, возможностей совместного пользования оборудованием, технологий и других ресурсов, развития новых способностей в процессах обучения, формирования новых инструментов создания стоимости, снижая при этом роль географических, временных и иных факторов, влияющих на данные процессы, институты и явления [34]. Ввиду ограниченности возможностей бюджетного финансирования и посткризисной экономии собственных средств со стороны промышленных производителей возникает необходимость поиска новых стратегий и подходов к использованию материально-технической базы которой может стать государственно-частное партнерство.

Экосистемы следует рассматривать как процесс, а не явления. Такое понимание экосистемы, формирующиеся, развивающейся и создающей внутри и вокруг себя сквозной инновационный поток, способствующий развитию ресурсов, знаний и компетенций, обладает потенциалом для расширения теоретического понимания управления промышленным производством. Под инновационной экосистемой предлагается понимать интегрированную форму функционирования сетевой структуры, направленной на создание устойчивых ценностей отдельных участников интеграции и всей системы в целом посредством коэволюционного партнерства и взаимодополняемости ее отдельных элементов, действующих как конкурентные партнеры в рамках их многомерного взаимодействия по выявлению, реализации и максимизации эффектов. Тем самым

обеспечивая рост эффективности реализации инновационных процессов в регионах и улучшения их социально-экономического положения. При этом регламентировать и описывать процедуры функционирования инновационной экосистемы, пытаться создать детальный план ее работы не имеет смысла, так как именно в ее живом отклике на изменения происходящие с ее отдельными элементами, системой в целом и внешней средой, заложен основной принцип ее функционирования. Для ее устойчивого развития важнее постараться идентифицировать и стимулировать рост, наращение и трансформации ее ключевых «питательных» компонентов – взаимодополняющих, действующих в со-развитии и конкурентном партнерстве цепочки создания стоимости отдельных субъектов. Следует искать и разрабатывать подходы и инструменты для взаимоувязки и координации деятельности отдельных элементов в целях увеличения эффектов от системы в целом, примером которого может быть представленная в статье модель. Для исследователей и практиков она предоставляет собой аналитический инструмент, позволяющий им оценить взаимосвязь между различными аспектами, и процессами внутри системы, которые объединяют предприятия для создания экономической и социальной ценности.

В рамках инновационного частно-государственного партнерства осуществляется обмен ресурсами, основными средствами, загрузка свободных основных средств, а также движение финансовых потоков. Единая цифровая платформа такой экосистемы аккумулирует информационные потоки как вне, так и внутри системы, а также обеспечивает постоянный доступ к ним. Процессы интеллектуальной деятельности по созданию инновационной продукции и/или услуги, ее коммерциализации и внедрения, направленные на удовлетворение идентифицированной потребности, связывают все процессы воедино в единый сквозной поток. В контексте структурных преобразований общей системы производственно-хозяйственных отношений и переноса ее реализации на сетевой характер взаимодействия между субъектами, усиление взаимосвязи и взаимозависимости между ними, инновационные преобразования

в рамках одного из взаимодействующих субъектов приводят к веерному эффекту распространения изменений, и они сами становятся «точками роста» новых преобразований. Тем самым реализуется мультипликативный эффект наращения преимуществ.

### **Заключение**

Таким образом, представленный анализ формирования моделей развития инноваций и управления им подчеркивает многоаспектность данного явления. Выделяется потребность в экосистемном подходе к рассмотрению реализации и управления инновационными процессами. Усиление тенденций специализации акцентирует внимание на учете комплиментарности, рекомбинации и развития ресурсов и способностей отдельных производственно-хозяйственных субъектов. Непрерывность и скорость изменений, а также взаимосвязанность и взаимозависимость почти всех элементов производственно-хозяйственной системы на современном этапе акцентируют внимание на потоковом характере инновационных процессов на основе результатов интеллектуальной деятельности, а также влиянии цифровизации на них. Однако, с другой стороны, существенные трансформации внешних условий сложность, обусловленная возникающими инновационными экосистемами, требует развития механизмов управления и координации. В связи с этим в данной статье была предложена разработанная модифицированная модель тройной спирали, отражающая формирование инновационной экосистемы на основе развития ресурсов и способностей каждого из субъектов и системы в целом с использованием инструментов цифровой экономики и потокового характера движения результатов интеллектуальной деятельности в многомерном пространстве социально-производственных координат. Такое ее модульное структурное представление может использоваться для моделирования реализации инновационных процессов, мониторинга и прогнозирования характера и динамики структуры и поведения составляющих элементов указанных экосистем, а именно правительства, университетов, промышленности и организаций гражданского общества, действующих для достижения устойчивого развития в стратегической перспективе.

### **Список литературы**

1. *Rothwell R.* Towards the Fifth-generation Innovation Process // *International Marketing Review*. 1994. Vol. 11 (1). P. 7-31.
2. *Kline S., Rosenberg N.* An overview of innovation // *The Positide*
3. *Сморodinская Н.В.* Усложнение организации экономических

Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. 1986. № 3. P. 275-306.

- систем в условиях нелинейного развития // Вестник ИЭ РАН. 2017. № 5. С. 104–115.
4. *Smitha H.L., Leydesdorff L.* The Triple Helix in the context of global change: dynamics and challenges // *Critical Studies in Innovation*. 2014. Vol. 32. № 4. P. 321–336.
  5. *Etzkowitz H., Leydesdorff L.* The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations // *Research Policy*. 2000. № 29. P. 109–123.
  6. *Ranga M., Etzkowitz H.* Triple helix systems: An analytical framework for innovation policy and practice in the knowledge society // *Industry and Higher Education*. 2013. № 27 (4). P. 237–262.
  7. *McAdam M., Debackere K.* Beyond «Triple Helix» toward «Quadruple Helix» models in regional innovation systems: Implications for theory and practice // *R&D Management*. 2018. № 48. P. 3–6.
  8. *Данилина Я.В., Рыбачук М.А.* Системный подход к формированию эффективной национальной инновационной системы. // Материалы Второй конференции «Системные проблемы отечественной мезоэкономики, микроэкономики, экономики предприятий». Отделения моделирования производственных объектов и комплексов ЦЭМИ РАН. 2018. Вып. 2. С. 101–108.
  9. *Mabrouki M.* Patent, education, human capital, and economic growth in Scandinavian countries: a dynamic panel CS-ARDL analysis // *Journal of the Knowledge Economy*. 2022. DOI 10.1007/s13132-022-01001-1.
  10. *Караянис Э., Григорудис Э.* Четырехзвенная спираль инноваций и «умная специализация»: производство знаний и национальная конкурентоспособность // Форсайт. 2016. Т. 10. № 1. С. 31–42.
  11. *Лукашенко М.А., Добровольская Т.Ю.* Цифровая корпоративная культура предпринимательского университета // Современная конкуренция. 2020. Т. 14. № 4 (80). С. 84–94.
  12. *Мусина Д.Р., Янгиров А.В., Харитонов С.В.* Моделирование управленческих воздействий на субъекты агропромышленного комплекса в цифровой отраслевой платформе // Дискуссия. 2021. № 4 (107). С. 42–48.
  13. *Иванов Н.* Социальный контекст инновационного развития // Мировая экономика и международные отношения. 2013. № 5. 2013. С. 17–30.
  14. *Taratori R., Rodriguez-Fiscal P., Pacheco M.A., Koutra S., Pareja-Eastaway M., Thomas D.* Unveiling the Evolution of Innovation Ecosystems: An Analysis of Triple, Quadruple, and Quintuple Helix Model Innovation Systems in European Case Studies // *Sustainability*. 2021. № 13. 7582. <https://doi.org/10.3390/su13147582>.
  15. *Юревич М.А.* Глобальная трансформация высшего образования: от традиционного к предпринимательскому университету // *Journal of Applied Economic Research*. 2021. Vol. 20. № 3. С. 560–581.
  16. *Sá E., Casais B., Silva J.* Local development through rural entrepreneurship, from the Triple Helix perspective: The case of a peripheral region in Northern Portugal // *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*. 2018. Vol. 21 (1). P. 5–26.
  17. *Nordberg K.* Enabling Regional Growth in Peripheral Non-University Regions - The Impact of a Quadruple Helix Intermediate // *Journal of the Knowledge Economy*. 2015. Vol. 6 (2). P. 334–356.
  18. *Ivanova I.* Quadruple Helix Systems and Symmetry: A Step Towards Helix Innovation System Classification // *Journal of the Knowledge Economy*. 2014. Vol. 5. P. 357–369.
  19. *Höglund L., Linton G.* Smart specialization in regional innovation systems: A quadruple helix perspective // *R&D Management*. 2018. Vol. 48 (1). P. 60–72.
  20. *Carayannis E.G., Campbell D.J.* «Mode 3» and «Quadruple Helix»: Toward a 21st Century Fractal Innovation Ecosystem // *International Journal of Technology Management*. 2009. Vol. 46 (3/4). P. 201–234.
  21. *Carayannis E., Campbell D. J.* Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? // *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*. 2010. Vol. 1 (1). P. 41–69.
  22. *Markard J., Raven R., Truffer B.* Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects // *Research Policy*. 2012. Vol. 41. P. 955–967.
  23. *Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А.* Системная сбалансированность экономики. М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2017. 320 с.
  24. *Lew Y.K., Park J.-Y.* The evolution of N-helix of the regional innovation system: Implications for sustainability // *Sustainable Development*. 2021. Vol. 29 (2). P. 453–464.
  25. *Костырев А.П.* Развитие организационно-экономического механизма промышленной политики на основе многоуровневого подхода: дис. ... канд. экон. наук. Нижний Новгород, 2021. 228 с.
  26. *Farinha L., Ferreira J. J.* Triangulation of the triple helix: A conceptual framework. 2013. DOI:10.13140/2.1.4161.1202.
  27. *Leydesdorff L., Smith H.L.* Triple, quadruple, and higher-order helices: historical phenomena and (neo)evolutionary models // *Triple Helix*. 2022. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1163/21971927-bja10022>.
  28. *Смородинская Н. В.* Глобализированная экономика: от иерархий к сетевому укладу. 2015. М.: ИЭ РАН, 344 с.
  29. *Park H.W., Stek P.* Measuring Helix Interactions in the Context of Economic Development and Public Policies: From Triple to Quadruple and N-Tuple Helix vs. N-Tuple and Quadruple Helix to Triads // *Triple Helix*. 2022. P. 1–11. DOI: 10.1163/21971927-bja10026.
  30. *Etzkowitz H., Zhou C.* Triple helix twins: Innovation and sustainability // *Science & Public Policy*. 2006. Vol. 33 (1). P. 77–83.
  31. *Geels F.W., Sovacool B.K., Schwanen T., Sorrell S.* Sociotechnical transitions for deep decarbonization // *Science*. 2017. № 357 (6357). P. 1242–1244.
  32. *Chepurenska A.* Entrepreneurship Ecosystems in Post-Socialist Economies // *Foresight and STI Governance*. 2019. Vol. 13. № 4. P. 6–8.
  33. *Chernova G.V., Kalayda S.A., Khalin V.G., Yurkov A.* Sber ecosystem - the product of digitalization impact on intersectoral economic convergence // *Journal of applied informatics*. 2021. Т. 16. № 3 (93). С. 57–68.
  34. *Одинцова Т.Н., Глушкова Ю.О., Баширзаде Р.Р., Пахомова А.В.* Цифровая платформа как основа инновационного планирования в цепях поставок // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2019. № 3 (23). С. 97–104.
  35. *Kalayda S.A.* Model of creating an economic ecosystem in the framework of economic convergence under the influence of digitalization // *Journal of applied informatics*. 2021. Т. 16. № 6 (69). С. 28–42.

## References

1. *Rothwell R.* Towards the Fifth-generation Innovation Process // *International Marketing Review*. 1994. Vol. 11 (1). P. 7–31.
2. *Kline S., Rosenberg N.* An overview of innovation // *The Positivist*
3. *Смородинская Н.В.* Complication of the organization of economic Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. 1986. № 3. P. 275–306.

- conomic systems in the conditions of nonlinear development // Bulletin of IE RAS. 2017. № 5. P. 104-115.
4. *Smitha H.L., Leydesdorff L.* The Triple Helix in the context of global change: dynamics and challenges // *Critical Studies in Innovation*. 2014. Vol. 32. № 4. P. 321-336.
  5. *Etzkowitz H., Leydesdorff L.* The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations // *Research Policy*. 2000. № 29. P. 109–123.
  6. *Ranga M., Etzkowitz H.* Triple helix systems: An analytical framework for innovation policy and practice in the knowledge society // *Industry and Higher Education*. 2013. № 27 (4). P. 237–262.
  7. *McAdam M., Debackere K.* Beyond «Triple Helix» toward «Quadruple Helix» models in regional innovation systems: Implications for theory and practice // *R&D Management*. 2018. № 48. P. 3–6.
  8. *Danilina Ya.V., Rybachuk M.A.* A systematic approach to the formation of an effective national innovation system. // *Materials of the Second Conference "Systemic problems of domestic Meso-economics, Microeconomics, Enterprise Economics". Departments of modeling of production facilities and complexes of CEMI RAS*. 2018. Issue. 2. P. 101-108.
  9. *Mabrouki M.* Patent, education, human capital, and economic growth in Scandinavian countries: a dynamic panel CS-ARDL analysis // *Journal of the Knowledge Economy*. 2022. DOI 10.1007/s13132-022-01001-1.
  10. *Karayanis E., Grigorudis E.* The four-link spiral of innovation and "smart specialization": knowledge production and national competitiveness // *Foresight*. 2016. Vol. 10. № 1. P. 31-42.
  11. *Lukashenko M.A., Dobrovolskaya T.Yu.* Digital corporate culture of the entrepreneurial University // *Modern competition*. 2020. Vol. 14. № 4 (80). P. 84–94.
  12. *Musina D.R., Yangirov A.V., Kharitonov S.V.* Modeling of managerial impacts on subjects of the agro-industrial complex in a digital industry platform // *Discussion*. 2021. № 4 (107). P. 42-48.
  13. *Ivanov N.* The social context of innovative development // *World Economy and International Relations*. 2013. № 5. 2013. C. 17–30.
  14. *Taratori R., Rodriguez-Fiscal P., Pachon M.A., Koutra S., Pareja-Eastaway M., Thomas D.* Unveiling the Evolution of Innovation Ecosystems: An Analysis of Triple, Quadruple, and Quintuple Helix Model Innovation Systems in European Case Studies // *Sustainability*. 2021. № 13. 7582. <https://doi.org/10.3390/su13147582>.
  15. *Yurevich M.A.* Global transformation of higher education: from traditional to entrepreneurial university // *Journal of Applied Economic Research*. 2021. Vol. 20. № 3. P. 560–581.
  16. *Sá E., Casais B., Silva J.* Local development through rural entrepreneurship, from the Triple Helix perspective: The case of a peripheral region in Northern Portugal // *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*. 2018. Vol. 21 (1). P. 5–26.
  17. *Nordberg K.* Enabling Regional Growth in Peripheral Non-University Regions - The Impact of a Quadruple Helix Intermediate // *Journal of the Knowledge Economy*. 2015. Vol. 6 (2). P. 334–356.
  18. *Ivanova I.* Quadruple Helix Systems and Symmetry: A Step Towards Helix Innovation System Classification // *Journal of the Knowledge Economy*. 2014. Vol. 5. P. 357–369.
  19. *Höglund L., Linton G.* Smart specialization in regional innovation systems: A quadruple helix perspective // *R&D Management*. 2018. Vol. 48 (1). P. 60–72.
  20. *Carayannis E.G., Campbell D.J.* «Mode 3» and «Quadruple Helix»: Toward a 21st Century Fractal Innovation Ecosystem // *International Journal of Technology Management*. 2009. Vol. 46 (3/4). P. 201–234.
  21. *Carayannis E., Campbell D. J.* Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? // *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*. 2010. Vol. 1 (1). P. 41-69.
  22. *Markard J., Raven R., Truffer B.* Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects // *Research Policy*. 2012. Vol. 41. P. 955–967.
  23. *Kleiner G.B., Rybachuk M.A.* Systemic balance of the economy. Moscow: Publishing House "Scientific Library", 2017. 320 p.
  24. *Lew Y.K., Park J.-Y.* The evolution of N-helix of the regional innovation system: Implications for sustainability // *Sustainable Development*. 2021. Vol. 29 (2). P. 453-464.
  25. *Kostyrev A.P.* Development of the organizational and economic mechanism of industrial policy based on a multilevel approach: dis. ... Candidate of Economic Sciences. Nizhny Novgorod, 2021. 228 p.
  26. *Farinha L., Ferreira J. J.* Triangulation of the triple helix: A conceptual framework. 2013. DOI:10.13140/2.1.4161.1202.
  27. *Leydesdorff L., Smith H.L.* Triple, quadruple, and higher-order helices: historical phenomena and (neo)evolutionary models // *Triple Helix*. 2022. P. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1163/21971927-bja10022>.
  28. *Smorodinskaya N. V.* Globalized economy: from hierarchies to a network structure. 2015. M.: IE RAS, 344 p.
  29. *Park H.W., Stek. P.* Measuring Helix Interactions in the Context of Economic Development and Public Policies: From Triple to Quadruple and N-Tuple Helix vs. N-Tuple and Quadruple Helix to Triads // *Triple Helix*. 2022. P. 1-11. DOI: 10.1163/21971927-bja10026.
  30. *Etzkowitz H., Zhou C.* Triple helix twins: Innovation and sustainability // *Science & Public Policy*. 2006. Vol. 33 (1). P. 77–83.
  31. *Geels F.W., Sovacool B.K., Schwanen T., Sorrell S.* Sociotechnical transitions for deep decarbonization // *Science*. 2017. № 357 (6357). P. 1242–1244.
  32. *Chepurenska A.* Entrepreneurship Ecosystems in Post-Socialist Economies // *Foresight and STI Governance*. 2019. Vol. 13. № 4. P. 6–8.
  33. *Chernova G.V., Kalayda S.A., Khalin V.G., Yurkov A.* Sber ecosystem - the product of digitalization impact on intersectoral economic convergence // *Journal of applied informatics*. 2021. T. 16. № 3 (93). C. 57-68.
  34. *Odintsova T.N., Glushkova Yu.O., Bashirzade R.R., Pakhomova A.V.* Digital platform as the basis of innovative planning in supply chains // *Actual problems of economics and management*. 2019. № 3 (23). P. 97–104.
  35. *Kalayda S.A.* Model of creating an economic ecosystem in the framework of economic convergence under the influence of digitalization // *Journal of applied informatics*. 2021. T. 16. № 6 (69). C. 28-42.

## Информация о финансировании

Информация о финансировании Работа выполнена при финансовой поддержке «Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук» по проекту МК-4087.2021.2.  
[https://grants.extech.ru/grants/res/winners\\_2021.php?research\\_area\\_id=8&TZ=K&year=2021](https://grants.extech.ru/grants/res/winners_2021.php?research_area_id=8&TZ=K&year=2021)

## Информация об авторах

Кириллова Е.А., к.э.н., доцент, доцент кафедры информационных технологий в экономике и управлении филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске (Смоленск, Российская Федерация). Почта для связи с автором: kirillova.el.al@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7046-3316

Дли М.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий в экономике и управлении филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске (Смоленск, Российская Федерация). Почта для связи с автором: no@sbmpei.ru, ORCID 0000-0002-5657-0892

Какатунова Т.В., д.э.н., профессор, профессор кафедры информационных технологий в экономике и управлении филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске (Смоленск, Российская Федерация). Почта для связи с автором: no@sbmpei.ru, ORCID 0000-0003-3827-232X

Епифанов В.А., д.э.н., профессор, ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» (Москва, Российская Федерация). Почта для связи с автором: YepifanovVA@mpei.ru, ORCID 0000-0003-1741-4253

## Информация о статье

Дата получения статьи: 27.01.2022  
Дата принятия к публикации: 28.02.2022

© Кириллова Е.А., Дли М.И., Какатунова Т.В., Епифанов В.А., 2022.

## Information about the authors

Kirillova E.A., Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Information Technologies in Economics and Management, Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk (Smolensk, Russian Federation). Corresponding author: kirillova.el.al@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7046-3316

Dli M.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Information Technologies in Economics and Management, Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk (Smolensk, Russian Federation). Corresponding author: no@sbmpei.ru, ORCID 0000-0002-5657-0892

Kakatonova T.V., Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Information Technologies in Economics and Management, Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk (Smolensk, Russian Federation). Corresponding author: no@sbmpei.ru, ORCID 0000-0003-3827-232X

Epifanov V.A., Doctor of Economic Sciences, Professor, Moscow Power Engineering Institute (Moscow, Russian Federation). Corresponding author: YepifanovVA@mpei.ru, ORCID 0000-0003-1741-4253

## Article Info

Received for publication: 27.01.2022  
Accepted for publication: 28.02.2022

© Kirillova E.A., Dli M.I., Kakatonova T.V., Epifanov V.A., 2022.