



# РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ ТРОЙНОЙ СПИРАЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В БИОЭКОНОМИКЕ РОССИИ<sup>1</sup>

**Е. С. Титова**

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,  
Москва, Россия

Цель данного исследования – изучение особенностей организации инновационной деятельности по развитию российской биоэкономики и поиск путей повышения ее эффективности. Автором представлены результаты анализа основных направлений развития отечественной биоэкономики, которые включают производство биотоплива; деятельность, связанную с получением и реализацией новых пищевых биопродуктов; производство биопродуктов, имеющих прямое или опосредованное медицинское назначение, а также работы, ориентированные на утилизацию различных органических отходов и сбережение окружающей среды. Отмечено, что происходящая эволюция рынка биопродуктов вынуждает при организации производства оценивать значимость определенных организационно-экономических факторов, влияющих на формирование производственно-сбытовых цепочек, замкнутых производственных циклов, а также биологизацию отраслей экономики в целом. Представлены основные эволюционные изменения концепции организации инновационного развития экономики от так называемой модели тройной спирали с взаимоотношениями трех групп основных экономических акторов, обозначаемых как университет – промышленность – государство, к многоспиральным моделям. Рассмотрены особенности многоспиральных моделей, значимых для отечественной биоэкономики, и предложена новая модель гептаспирали. На основе собранных материалов сделано заключение, что к числу ключевых условий, выполнение которых необходимо для эффективного развития отечественной биоэкономики, относится подготовка квалифицированных кадров, способных обеспечивать эту деятельность.

*Ключевые слова:* биотехнологии, биопродукты, инновационное развитие, инвестиции, квалифицированные кадры.

## DEVELOPING TRIPLE HELIX MODEL TO OPTIMIZE INNOVATION ACTIVITIES IN BIO-ECONOMY IN RUSSIA

**Ekaterina S. Titova**

Plekhanov Russian University of Economics,  
Moscow, Russia

The goal of the research is to study specific features of the organization of innovation activities dealing with the development of Russian bio-economy and searching for ways of raising its efficiency. The author provided results of analyzing key trends of developing home bio-economy, including production of bio-fuel, work connected with getting and selling of new bio-foodstuffs, production of bio-produce with direct or indirect medical purpose and work oriented to utilization of different organic waste and protection of the environment. It was pointed out that the current bio-product market evolution makes it necessary for production organization to estimate the importance of certain organizational and economic factors influencing the development of productive and sales chains, closed

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на выполнение государственного задания по научной теме FSSW-2025-0004 «Разработка комплексного научно-методологического подхода к формированию концептуальной модели междисциплинарной подготовки кадров для биоэкономики РФ с учетом необходимости экономически эффективного использования ресурсного потенциала пищевых и агробиотехнологий».

production cycles and biologization of industries in general. The article provides key evolution changes in the concept of organization of economy innovation development from the so-called model of triple helix with interrelations of three groups of economic actors named university-industry-state to multi-helix models. Specific features of multi-helix models, which are important for home bio-economy, were studied and a new model of hepta-helix was put forward. On the basis of the collected materials a conclusion was drawn that key conditions necessary for effective development of home bio-economy include training of qualified personnel, who can provide this work.

*Keywords:* biotechnologies, bio-produce, innovation development, investment, qualified personnel.

### Введение

В настоящее время биоэкономика, характеризующаяся как надотраслевая система, которая выполняет широкий круг задач, связанных с обеспечением устойчивого развития, получила мощный поступательный импульс к развитию во многих государствах, включая Россию [8; 18; 27]. В общедоступных международных базах данных (БД), содержащих библиографическую информацию, к середине 2025 г. накопились сведения о тысячах публикациях со словом *bioeconomy*.

В частности, в базе данных NCBI PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) таких публикаций оказалось более 6,7 тыс.,

а в базе данных ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>) – около 14,8 тыс. При этом только за 2025 г. в БД NCBI PubMed было аннотировано почти 800 работ, из них 180 обзоров, а в БД ScienceDirect за аналогичный период размещена 2 661 статья.

Можно отметить и существенную динамику публикаций в области биологических наук: более 11 тыс. статей в год, по данным Nature Index (<https://www.nature.com/>). Странами-лидерами по количеству статей являются США, КНР, Великобритания, Германия, Франция – мировые лидеры по развитию биоэкономики (рис. 1).

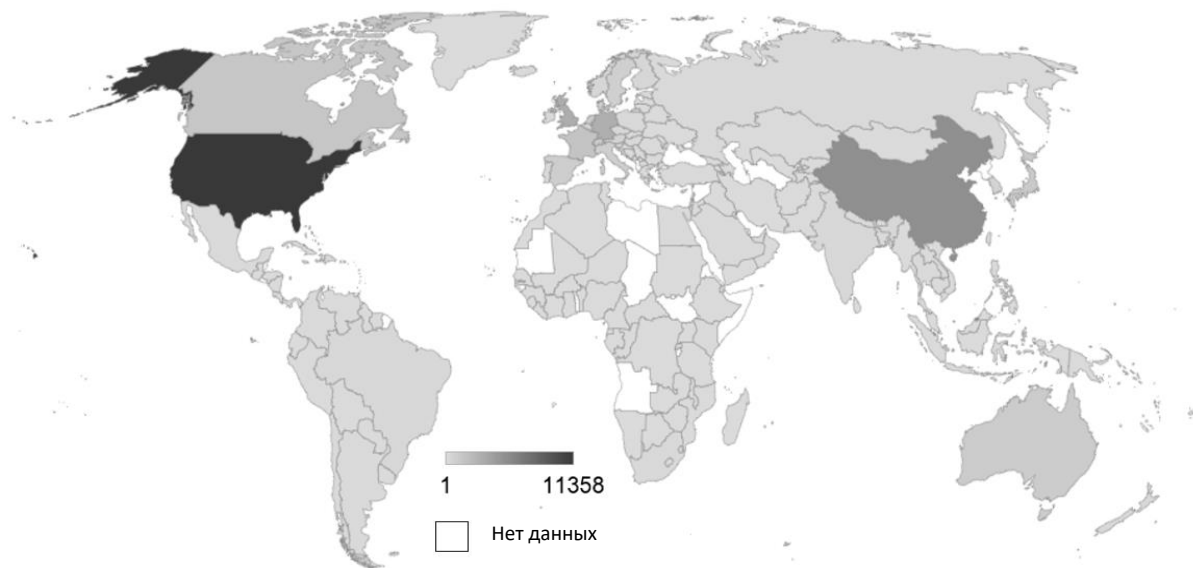


Рис. 1. Количество статей, 01.04.2024–31.03.2025 (в ед.)

Составлено по данным Nature Index. Country/territory tables. – URL: <https://www.nature.com/nature-index/country-outputs/generate/biological-sciences/global>

В числе изученных обзорных статей представляется целесообразным особо отметить те, которые содержат анализ вклада промышленных биотехнологий в решение

комплекса проблем сохранения окружающей среды, обеспечения устойчивого развития, экономического роста и внедрения инноваций. Так, в работе зарубежных ав-

торов указано, что в настоящее время в мире насчитывается около 20 922 биотехнологических компаний, в том числе порядка 6 650 в США [34].

Важное место в биоэкономике отводится разработкам биотоплива с использованием возобновляемой биомассы в целях достижения углеродной нейтральности, однако его широкому распространению в основном препятствуют все еще высокие производственные затраты [21]. При этом именно экономические причины рассматриваются в качестве основных ограничителей интенсивного внедрения биотехнологических разработок в практику.

Значительное внимание при изучении развития биоэкономике во многих из проанализированных статей отечественных и зарубежных авторов посвящено микрородорослям, представляющим собой большую группу фотосинтезирующих микроорганизмов, которые можно использовать в производстве экологически чистых продуктов питания и кормов. В результате обеспечиваются снижение уровня загрязнения окружающей среды и связывание CO<sub>2</sub> с целью смягчения последствий изменения климата [28]. Не менее существенное внимание исследователей привлечено к применению биотехнологий для развития пищевых систем, организации эффективной переработки отходов, внедрению биотехнологий при создании промышленных симбиозов, формированию эффективных цепочек создания стоимости.

Развитию биоэкономике в нашей стране также начали уделять большое внимание, что нашло отражение в недавних документах высокого уровня<sup>1</sup>. В настоящее время создан Научно-технологический центр биоэкономике и биотехноло-

гий<sup>2</sup>, по поручению президента Российской Федерации разработан и утвержден Национальный проект по обеспечению технологического лидерства «Технологическое обеспечение биоэкономике»<sup>3</sup>.

При выполнении приведенных директив, очевидно, потребуется оптимизировать организационные подходы и инвестиционные потоки в экономику 89 регионов Российской Федерации, существенно различающихся по климатогеографическим характеристикам и уровням социально-экономического развития, а также по другим показателям.

Оптимизация инновационного развития экономики, в частности, биоэкономике и соответствующего инвестирования, может быть достигнута на основе так называемой модели тройной спирали [2]. Основные идеи данной концепции в классическом виде представляются как форма эффективного взаимодействия трех основных элементов: университетов, индустрии и государства. Среди них университетам отводится роль генераторов новых знаний и технологий, промышленность должна внедрять результаты научных исследований в реальное производство, а государство выступает как регулятор и инвестор, обеспечивающий создание и внедрение инноваций. Со временем количество элементов в модели увеличивалось. В нее были включены такие элементы, как общество и окружающая (природная) среда, после чего рассматриваемую модель стали характеризовать как пятерная, или пентаспираль (*Quintuple Helix*). Более того, в работах некоторых авторов стали использоваться термины «многоспиральные модели» или «N-спиральные модели» (*N-Helix models*) [29].

С учетом этого в данном исследовании проводилось изучение особенностей ин-

<sup>1</sup> Указы Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»; от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»; от 18 июня 2024 г. № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий».

<sup>2</sup> Распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 августа 2024 г. № 2103-р «О создании Научно-технологического центра биоэкономике и биотехнологий».

<sup>3</sup> URL: <http://government.ru/news/57483/> (дата обращения: 31.12.2025).

новационного развития российской биоэкономики через развитие модели тройной спирали до многоспиральной модели в интересах организации соответствующего инвестирования.

### **Материалы и методы исследования**

Основными материалами исследования были публикации российских ученых, аннотированные в отечественной Научной электронной библиотеке (НЭБ) (<https://elibrary.ru/>). Кроме того, анализировались отдельные данные, приводимые на официальных сайтах вузов, которые заняты подготовкой кадров для биоэкономики, и сведения Федеральной службы государственной статистики (<http://ssl.rosstat.gov.ru/>).

Материалы о формировании и развитии моделей тройной, четверной и пятерной спиралей, а также многоспиральных моделей анализировались в основном по публикациям зарубежных ученых, которые имеются в общедоступных международных базах данных ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>) и PubMed NCBI (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>).

В исследовании использовались методы статистического анализа, составления картограмм, а также общенаучные методы анализа, синтеза и систематизации полученной информации.

### **Основные направления развития отечественной биоэкономики**

Одно из наиболее значимых направлений биоэкономики в Российской Федерации связано с производством биопродуктов, которые имеют прямое или опосредованное медицинское назначение. Важнейшее место среди них занимают различные вакцины, используемые для лечения и профилактики многих инфекционных и других болезней [18]. Наглядным примером этого является разработка отечественной вакцины «Спутник», сыгравшая принципиальную роль в борьбе с недавней пандемией COVID-19 [32]. Значительное внимание уделяется и поиску эффективных биотехнологий для производства

витаминов, гормонов, ферментов, а также других биопродуктов, которые могут быть использованы в терапевтических целях.

Проведенный анализ публикаций показал, что к настоящему времени многие отечественные авторы посвящают свои работы, относящиеся к биоэкономике, вопросам производства и использования биотоплива в Российской Федерации [9; 11]. Биотопливо обычно подразделяют на твердое (топливные гранулы, пеллеты и др.), жидкое (биоэтанол и биодизель) и газообразное (биогаз, биоводород и др.). Производят биотопливо из растительного или животного сырья, а также из сельскохозяйственных, органических промышленных и бытовых отходов. Известно, что Россия обладает одними из крупнейших запасов древесного сырья в мире, что позволяет нашей стране оставаться крупным производителем топливных гранул и пеллет, несмотря на санкционные ограничения [4]. Практическое значение уже приобрело использование биогазовых установок, которые обеспечивают населенные пункты тепловой и электрической энергией [6; 18]. С использованием таких установок связывают экономические и экологические эффекты, в частности, от вовлечения в хозяйственный оборот не востребованного сырья и отходов.

Активно развивающимся направлением российской биоэкономики представляется производство перечня новых пищевых биопродуктов [31]. С этой целью применяются биотехнологии ферментативной биотрансформации микроорганизмами различного сырья. Современные технологии способствуют преобразованию подходов к организации питания, например, через замещение углеводов белками путем интеграции в рацион питания так называемых «сладких» белков [26].

Отдельные направления биоэкономики связаны с утилизацией различных органических отходов и со сбережением окружающей среды на основе использования биотехнологий для организации рационального природопользования [18].

Так, в число крупных биоэкономических направлений, реализуемых в Российской Федерации, обычно включают еще и экологическую деятельность [1]. При этом можно отметить существенное значение различий природно-ресурсного потенциала в регионах России, от которых зависят подходы к реализации экологической политики. Также важным считается подход к организации природопользования в регионах России в целом. Этим вопросам уделено большое внимание при реализации профильных национальных проектов и соответствующих государственных документов.

С учетом указанных основных направлений развития российской биоэкономики

представляется целесообразным проанализировать существующие направления инвестиционной активности.

### Инвестиционная активность для российской биоэкономики

В целом по России можно отметить рост инвестиций в основной капитал: около 22,3% в 2022 г. по отношению к 2021 г. и 19,8% в 2023 г. по отношению к 2022 г. По объему инвестиций основной капитал в фактически действовавших ценах в 2023 г. лидируют (в порядке убывания) Москва, Московская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ, Санкт-Петербург (рис. 2).



Рис. 2. Инвестиции в основной капитал по регионам Российской Федерации в фактически действовавших ценах, 2023 г. (в млн руб.)

Составлено по: URL: [http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2024.pdf](http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2024.pdf) (дата обращения: 12.08.2025).

Можно надеяться, что стратегические ориентиры по развитию биоэкономики в Российской Федерации окажут воздействие на направления инвестиционной политики в регионах России, а рациональная организация инновационного развития позволит обеспечить необходимую экономическую отдачу. Определенный инвестиционный интерес будет в бли-

жайшее время проявлен ввиду опубликованных поручений президента России по модернизации котельных для использования пеллет и строительству новых котельных, которые могли бы работать на подобном виде топлива<sup>1</sup>. Более того, указан-

<sup>1</sup> URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/76943> (дата обращения: 12.08.2025).

ные поручения президента предполагают выделение государственных средств финансовой поддержки. Дополнительно стоит отметить, что в числе этих поручений есть ряд значимых для развития не только лесного комплекса, но и всей биоэкономики России. Так, предполагаются интенсификация вовлечения в хозяйственный оборот низкосортной древесины, поддержка теплоэлектроцентралей, работающих на биотопливе, и т. д.

После рассмотрения вопроса о необходимости увеличения использования авиационного биотоплива (биокеросина) на 29-й конференции ООН по изменению климата (COP29) эта задача стала привлекать больше внимания в Российской Федерации ввиду существования риска введения специальных платежей на выбросы углекислого газа для осуществления зарубежных полетов в случае отсутствия использования биокеросина, что, безусловно, окажет влияние на стоимость перелета и на возможность выполнения полетов в целом<sup>1</sup>.

Происходящая эволюция рынка биотоплива в целом вынуждает при организации производства оценивать значимость ряда экономических и экологических факторов, включающих стоимость и потенциальные преимущества производимых продуктов, которые могут влиять на их конкурентоспособность в сравнении с ископаемым топливом [15]. К числу важных проблем относят и состояние региональной инфраструктуры для хранения, транспортировки и распределения биотоплива, для решения которых также требуются соответствующие инвестиции. Кроме того, в работах некоторых авторов показано, что в отдельных регионах структура производства лесопромышленной продукции с недавнего времени претерпевает существенные изменения со смещением акцента на выпуск товаров лесного сектора высоких уровней передела, в частности, на древесное биотопливо [19].

Естественно, что особо нуждается в целевых инвестициях еще один ключевой сектор биоэкономики, который тесно связан с деятельностью агропромышленных предприятий и в котором осуществляется производство различных, в том числе новых, пищевых продуктов [16]. Для того чтобы такая деятельность не испытывала существенных трудностей, привлечение инвестиций следует осуществлять на основе приоритетов, предусматривающих внедрение в производство новых видов продуктов и биоэнергоресурсов в сочетании с интеграцией в экономику региона. Этому может способствовать проработка особенностей цепочек создания стоимости, в том числе с учетом особенностей взаимодействия основных участников биоэкономической деятельности [33].

Развитие еще одного значимого направления биоэкономики, нуждающегося в инвестициях, обусловлено необходимостью решать комплекс задач по переработке постоянно накапливающихся органических отходов, для чего создаются новые технологии [14]. Например, в цитированной статье описана разработка технологии утилизации отходов целлюлозно-бумажной промышленности путем производства топливных комбинированных брикетов. По сведениям авторов, эта инновационная технология обеспечивает переработку древесных отходов и отходов упаковочной ламинированной бумаги, что позволяет снизить негативное влияние промышленных предприятий на окружающую среду и повысить их экономическую эффективность.

Преодоление объективных сложностей в повышении инвестиционной активности в области биотехнологий для российской экономики представляется весьма актуальной проблемой при текущей ситуации, сложившейся в отечественном народном хозяйстве [10]. Одним из аспектов указанной проблемы, несомненно, является необходимость импортозамещения различных продуктов с выходом на обеспечение технологического суверенитета, в том

<sup>1</sup> URL: <https://cop29.az/en/home> (дата обращения: 12.08.2025).

числе при создании биопродуктов с учетом сохранения доли импорта в потреблении критической биотехнологической продукции на уровне 70%<sup>1</sup>. Очевидно, что при этом необходимо решать многочисленные взаимосвязанные задачи, для чего требуется эффективное взаимодействие основных участников биоэкономической деятельности: государственных органов, производственных предприятий (индустрии) и научных организаций, способных создавать перспективные инновационные технологии. Проведенный анализ литературы дает основания для целенаправленного поиска путей решения имеющихся задач в рамках так называемой модели тройной спирали [7; 25]. Таким образом, можно определить точки потенциального роста на основе взаимодействия государственной, производственной и академической среды.

Соответственно, представляется интересным рассмотреть основные шаги по эволюции модели тройной спирали в целом и развитию таких моделей применительно к условиям России.

#### **Модель тройной спирали и возможности использования ее эволюционных трансформаций в целях развития биоэкономики России**

На рубеже XX в. в зарубежной литературе была опубликована базовая концепция тройной спирали, о взаимоотношениях трех групп основных участников инновационной деятельности (элементов), обозначенных как университет – промышленность – государство (*university – industry – government*) [25]. Термин «спираль» был привлечен по аналогии с двуспиральной структурой молекул ДНК, чтобы подчеркнуть близость взаимодействий выбранных элементов. В XXI в. модель тройной спирали стала привлекать большое внимание различных исследователей, и в настоящее время она активно обсуждается в отечественной литературе [7; 10]. Основные

идеи данной концепции представлялись как обеспечение оптимизации во взаимодействиях трех элементов, среди которых университету отводилась роль генератора новых знаний и технологий.

Организации, входящие в элемент «университет», проводят актуальные научные исследования и готовят кадры, которые потенциально будут способны создавать перспективные инновационные продукты. Второй элемент «промышленность», состоящий из различных организаций, относящихся к сектору реального производства, должен внедрять в практическую деятельность результаты научных исследований, что приведет к устойчивому развитию экономики. Третий элемент «государство» рассматривался как регулятор и катализатор в развитии инноваций. На государственные органы возлагался комплекс основных задач, связанных с организационным и нормативно-правовым обеспечением, а также с инвестициями, необходимыми для финансирования научных исследований и для внедрения инноваций в промышленность. Элементу «государство» отводится также функция формирования нормативно-правовой базы, с помощью которой предполагается регулировать деятельность структур первого и второго элементов. Схематически представления о строении модели тройной спирали приведены на рис. 3.

В начале XXI в. в данной модели стали применять другой порядок описания взаимодействующих элементов, термин *industry* заменили на *business*, а *university* – на *academia* [24; 35]. Тем самым подчеркивалась, например, роль научной деятельности, которая проводится во многих странах Запада именно в университетах.

Постепенно появилось предложение о расширении тройной спирали до четверной спирали за счет включения четвертого элемента – «общественности, основанной на СМИ и культуре» (*media-based and a culture-based public*) [22; 30]. Далее количество элементов в модели увеличивалось до более широко известной пятерной спира-

<sup>1</sup> URL: <https://fedstat.ru/indicator/62725>

ли (пентаспирали) с пятым элементом, обычно определяемым как «окружающая» или «природная среда» (*environment*) [20; 23]. Количество элементов модели продолжало расти, соответственно, некоторые

авторы стали использовать для их обозначения термин «многоспиральные модели» или «N-спиральные модели» (*N-Helix models*) [29; 30].

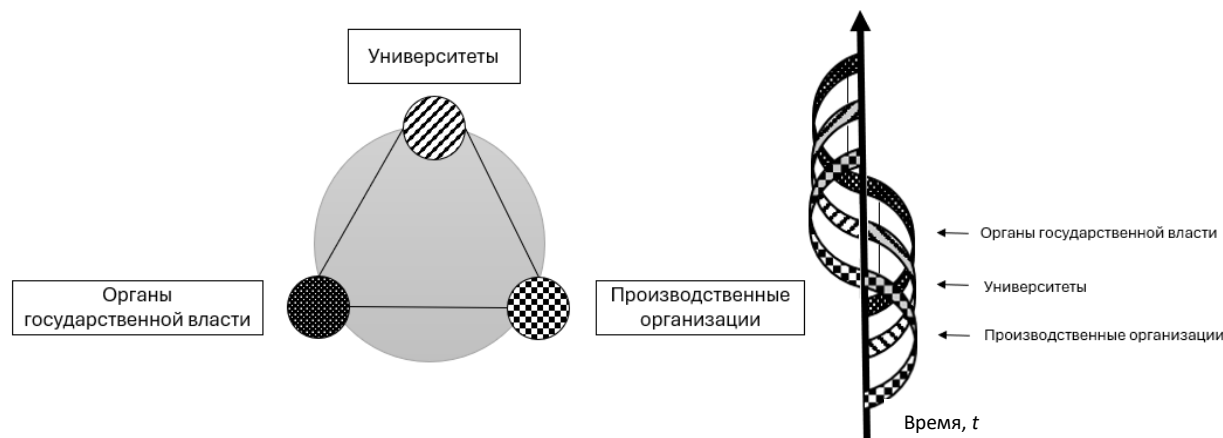


Рис. 3. Схема представлений о строении модели тройной спирали

Составлено по: [7; 10; 25].

В отечественной и зарубежной литературе названия пяти элементов пятерной спирали часто несколько варьируют, однако один из элементов практически всегда обозначается как *government* (государство) [12; 20]. Остальные четыре элемента в русской версии чаще всего описывают как промышленность или бизнес, образовательная и научная среда, общественность (в том числе средства массовой информации, культурное сообщество и пр.), природная среда (экологическая обстановка, видовое биоразнообразие и пр.).

Кроме того, была предложена и особая русифицированная версия четверной спирали, которая характеризовалась разделением обычно одного выделяемого элемента *university/academia* на два отдельных – «наука» и «образование» [13]. В отличие от многих западных стран в нашей стране уже около 100 лет отдельно существуют научно-исследовательские институты, ведущие основную научную работу, и многочисленные образовательные организации, занятые в основном образовательной деятельностью, что делает такое разделение на два элемента вполне обоснован-

ным. С учетом этого российская концепция моделирования трансформаций при взаимодействии участников инновационной деятельности превращается в модель шестерной спирали [5].

Проведенный анализ собранных материалов позволяет сделать еще один шаг в развитии концепции многоспиральной модели и предложить для России седьмой элемент. Этим седьмым элементом могла бы стать биоэкономика как система ряда профильных подсистем, которые носят междисциплинарный и трансдисциплинарный характер и охватывают ряд направлений биоэкономики (энергетическое, аграрное, пищевое, фармацевтическое и др.) [12]. Как особый элемент, биоэкономику с соответствующими подсистемами предлагается считать совокупностью профильных организаций реального и финансового секторов экономики, непосредственно взаимодействующих с другими элементами многоспиральной модели.

Схематически представления о структуре такой гептаспиральной (спирали из семи элементов) показаны на рис. 4. Как видно из рисунка, в разработанной модели пред-

полагается внедрение еще одного особого участника – оператора биоэкономической деятельности, который будет выполнять роль опорного стержня модели и функции

координатора взаимодействия элементов модели, обеспечивая взаимодействие акторов биоэкономической деятельности.

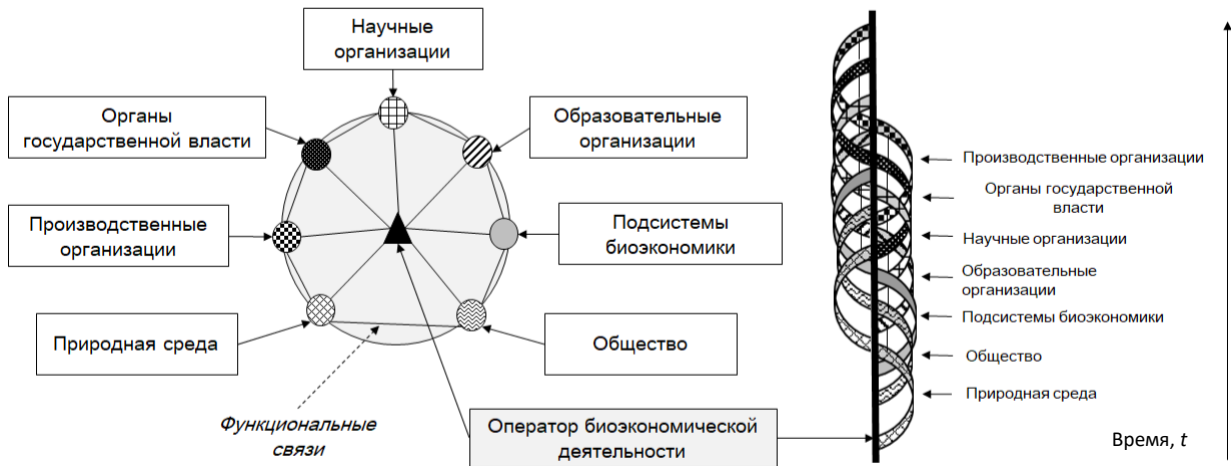


Рис. 4. Схема предлагаемой структуры модели гептаспирали

Для реализации предложенной модели гептаспирали одним из ключевых условий станет подготовка квалифицированных кадров, способных обеспечивать биоэкономическую деятельность. Соответственно, с учетом междисциплинарного и трансдисциплинарного характера биоэкономики существующая в России система образования начинает модернизироваться, чтобы решать существующие кадровые вопросы.

**Модернизация подготовки квалифицированных кадров для российской биоэкономики**

Существующая задача подготовки междисциплинарных и даже трансдисциплинарных кадров в биоэкономике рассматривается на основе не только каскада потенциальных направлений интеграции биотехнологий в различные виды экономической деятельности [17], но и взаимосвязей областей профессиональной деятельности (ОПД), указанных в федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС) по укрупненным группам направлений (УГН) подготовки кадров.

На рис. 5 в качестве примера показана взаимосвязь УГН по разработанным для

реализации образовательным программам магистратуры ФГОС, которые могут быть использованы при подготовке кадров для биоэкономики, и соответствующих данному ФГОС ОПД.

Более того, проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости подкрепления перехода от локального использования биотехнологий к биоэкономике распространением гуманитарных знаний. По этой причине в отечественных вузах находят развитие определенные биоэкономические образовательные программы, примеры которых наряду с традиционными биотехнологическими приведены в таблице.

Важно подчеркнуть, что интеграция новых знаний в образовательные программы, реализация гибридных образовательных программ (разработанных по значительно отличающимся направлениям подготовки и специальностям) для гармоничного развития биоэкономики с использованием подхода гептаспирали должны быть подкреплены взаимодействием образовательных организаций с другими элементами разработанной модели. Особенно это касается представителей индустрии, взаимо-

действие с которыми при подготовке кадров, а также поиск эффективных механизмов взаимодействия приобретают важное

значение для достижения технологических результатов.

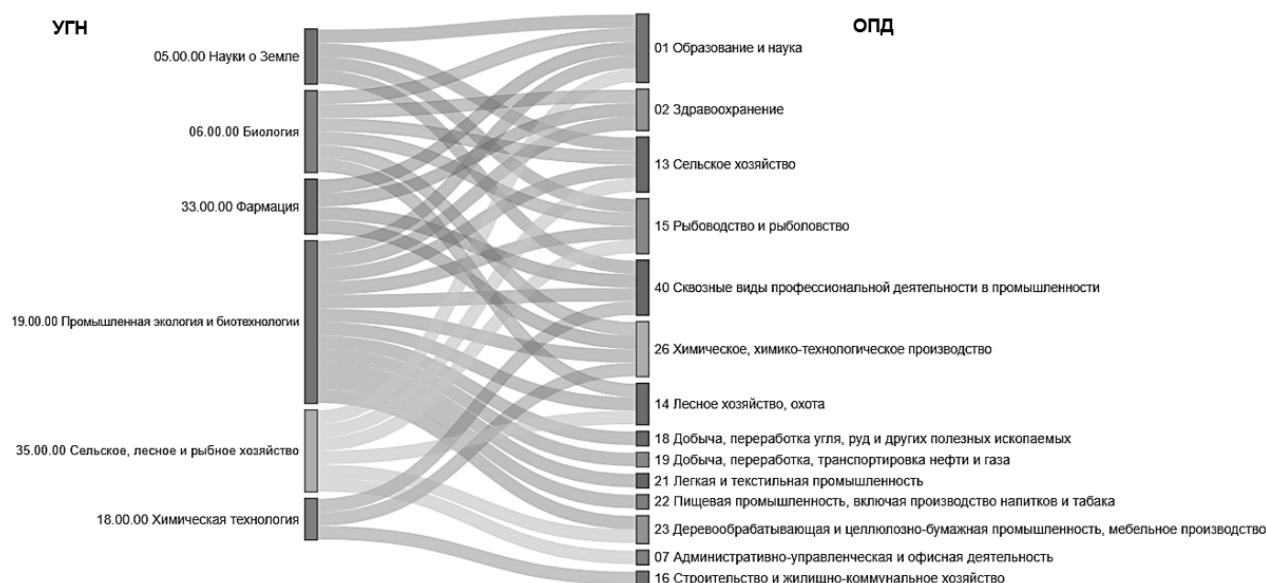


Рис. 5. Взаимосвязь направлений подготовки кадров и областей профессиональной деятельности в изученных ФГОС уровня магистратуры

Составлено с использованием метода построения диаграмм по Сэнки и соответствующего онлайн-сервиса (<https://sankeymatic.com/>)

**Примеры образовательных программ в области биоэкономики, реализуемых ведущими вузами России\***

Уровень образования	Направление / специальность подготовки	Образовательная программа
1	2	3
<i>Российский биотехнологический университет</i>		
Бакалавриат	06.03.01 Биология	Экологическая инженерия и клеточная биология
	18.03.01 Химическая технология	Функциональные полимеры и медико-фармацевтические материалы
	19.03.01 Биотехнология	Биоэкономика и природоподобные технологии
Специалитет	06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика	Молекулярная и клеточная инженерия
Магистратура	19.04.01 Биотехнология	Бизнес-аудит биотехнологических производств
		Геномика, протеомика и системная биотехнология
<i>Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова</i>		
Бакалавриат	05.03.06 Экология и природопользование	Экология и экономика природопользования
	19.03.01 Биотехнология	Биоэкономика пищевых систем
	38.03.01 Экономика	Биоэкономика (экономист-инженер)
Магистратура	19.04.05 Высотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения	Нутрициология и фудомика
	38.04.07 Товароведение	Пищевые инновации и продакт-дизайн

\* Составлено по: URL: <https://edu.rosbiotech.ru/> (дата обращения: 12.08.2025); URL: <https://www.rea.ru/> (дата обращения: 12.08.2025); URL: <https://postupi.dvfu.ru/education/bakalavriat-spetsialitet/tekhnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-bioekonomike/> (дата обращения: 12.08.2025); URL: <https://abit.itmo.ru/program/master/bioeconomics> (дата обращения: 12.08.2025).

1	2	3
<i>Дальневосточный федеральный университет</i>		
Бакалавриат	19.03.01 Биотехнология	Пищевая биотехнология и инженерия
	27.03.02 Управление качеством	Международный менеджмент качества в биоэкономике
	27.03.03 Системный анализ и управление	Технологии искусственного интеллекта в биоэкономике
Магистратура	19.04.01 Биотехнология	Биотехнология природных биопрепаратов
	27.04.07 Научно-технологические и экономика инноваций	Биоэкономика и продовольственная безопасность
<i>Университет ИТМО</i>		
Бакалавриат	12.03.04 Биотехнические системы и технологии; 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Биоинженерия
	19.03.01 Биотехнология	Биотехнология
Магистратура	06.04.01 Биология; 19.04.01 Биотехнология	Прикладная геномика
	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Биоэкономика и управление ресурсами

Таким образом, модернизация процесса подготовки кадров может сыграть значимую роль в развитии биоэкономики, в том числе через реализацию модели гептаспиралей.

### Заключение

Можно наблюдать значительный рост исследовательского интереса к вопросам развития биоэкономики в различных странах мира. При этом большое внимание уделяется поиску средств для обеспечения инвестиций в основные фонды биотехнологических предприятий, а также определению механизмов организации эффективных производственно-сбытовых цепочек с использованием подходов рационального природопользования.

Проведенный анализ дает основания сделать вывод о необходимости специализации стратегий развития биоэкономической деятельности в регионах России ввиду разнородных социально-экономических и климатогеографических условий.

Подход к развитию биоэкономики как комплексной инновационной системы предопределяет необходимость адаптации

распространенной в теории инновационного развития модели тройной спирали и ее трансформации в модель гептаспиралей с учетом существующих в литературе теоретических приращений.

В статье показано, что использование предлагаемой модели инновационного развития в форме гептаспиралей может обеспечить систематизацию взаимодействия основных акторов биоэкономической деятельности, что позволит определить эффективность капиталовложений в перспективе.

Подобное взаимодействие может быть оформлено в виде экосистемы (сети) биоэкономики, что предопределяет реализацию инновационного и инвестиционного потенциала участников биоэкономической деятельности. Это будет подкреплено существующей активностью, например, по развитию биоэкономики в лесном секторе через поддержку экспортного потенциала производства биотоплива. Аналогичный потенциал может быть раскрыт по направлениям агро- и пищевых биотехнологий, а также при производстве биопродуктов для нужд здравоохранения.

Более того, в связи с нарастающим негативным антропогенным воздействием от накопления отходов биоэкономическая деятельность приобретает стратегическое значение и нуждается в постоянных инвестициях, особенно в основные фонды.

Собранные материалы определенно указывают на необходимость и возможность оптимизации инновационного и инвестиционного развития российской биоэкономики с использованием имеющейся инфраструктуры, опыта формирования кластеров и экосистем. С учетом этого была проанализирована эволюция базовой модели тройной спирали, основанной на развитии взаимоотношений трех групп основных экономических акторов (элементов): университет – промышленность – государство. К настоящему времени количество элементов в модели увеличилось, и

для их обозначения стали использовать термин «многоспиральные модели». Проведенный анализ особенностей многоспиральных моделей позволил предложить для повышения инвестиций в российскую биоэкономику новую модель семерной спирали.

Кроме того, сделано заключение о том, что к числу ключевых условий, выполнение которых необходимо для эффективного развития отечественной биоэкономики, относится подготовка квалифицированных кадров.

В целом на основе полученных результатов представляется перспективным для оптимизации развития российской биоэкономики применять модель гептаспирали и продолжать совершенствование отдельных элементов модели в целях общего развития.

#### Список литературы

1. Берендеева А. Б. Место экологической составляющей в ESG-повестке субъектов экономики: многоуровневый подход // Многоуровневое общественное воспроизводство: вопросы теории и практики. – 2025. – № 1 (44). – С. 11–26.
2. Бондаренко Н. Е., Дубовик М. В., Губарев Р. В. «Тройная спираль» как основа создания инновационных систем // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2018. – № 2. – С. 3–15.
3. Борищук Е. Л., Булычева Е. В., Бегун Д. Н., Зудин А. Б. Биоэкономические тренды в современной медицине (обзор литературы) // Ремедиум. – 2024. – Т. 28. – № 4. – С. 359–366.
4. Долматов С. Н., Гуляева К. А. Перспективы экспорта древесных пеллет из России в Японию и Южную Корею в условиях международных санкций // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 9. – С. 447–453.
5. Донских М. В. Некоторые теоретические основы государственного регулирования кооперации государства университетов и бизнеса // Экономические науки. – 2022. – № 217. – С. 334–339.
6. Закарчевский О. В., Ставцев А. Н., Брагинцев Ю. Н., Хашир А. А. Обеспечение АПК энергетическими ресурсами: состояние и тенденции развития // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2025. – № 3 (121). – С. 66–78.
7. Каменский Е. Г., Маякова А. В., Огурцова А. Ю., Гусейнов М. А. Общая структура эмпирической картины диспозиций институциональных агентов модели «тройной спирали» в России // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2024. – Т. 14. – № 2. – С. 252–261.
8. Коков А. Ч., Бекмурзаев И. Д., Пугоев Б. А. Биоэкономика как комплексная система обеспечения устойчивого развития государства // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 11. – № 1 (154). – С. 13–20.

9. Крылова А. Ю., Зайченко В. М., Гаева Т. Н., Лищинер И. И., Малова О. В. Целесообразность создания промышленного производства жидкого биотоплива в России // Российские нанотехнологии. – 2023. – Т. 18. – № 1. – С. 15–23.
10. Максимов М. И., Соколов А. П., Батсайхан И., Балаханова Д. К., Уткин А. Ю. Модель тройной спирали как катализатор инновационного развития промышленности России // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 5. – № 2 (155). – С. 25–36.
11. Петухова М. С., Пхунсомбат С. Анализ тенденций развития рынка биотоплива в контексте сотрудничества России и стран юго-восточной Азии // Инновации и продовольственная безопасность. – 2025. – № 1 (47). – С. 118–129.
12. Разинкина И. В. Развитие спирали инноваций: сравнительный анализ инновационных моделей тройной, четверной и пятерной спиралей // Экономические науки. – 2022. – Т. 206. – № 1. – С. 131–137.
13. Рыбачук М. А. Национальная инновационная экосистема: ключевые акторы и взаимосвязи // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2021. – Т. IV. – С. 58–65.
14. Рыжиков В. А., Ерохина О. А., Аким Э. Л., Луканин П. В. Совместная переработка отходов в комбинированные топливные брикеты, содержащие целлюлозу и синтетические полимеры // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2025. – № 1. – С. 30–38.
15. Рыжов Ю. Н., Трудко А. В. Эволюция биотоплива и потенциал использования в ДВС // Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета. – 2024. – № 2 (42). – С. 101–107.
16. Скрыгин Ю. В., Забайкин Ю. В. Современные биотехнологии в аграрном секторе // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – Т. 13. – № 2-2. – С. 426–434.
17. Титова Е. С. Интеграция биотехнологий в экономическую систему для развития биоэкономики // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2025. – Т. 21. – № 3. – С. 148–162.
18. Титова Е. С., Шишкин С. С. Актуальные проблемы биоэкономики, роль постгеномных дисциплин. – М.: ВАШ ФОРМАТ, 2023.
19. Шишелов М. А. Ограничения и возможности развития лесопереработки северного региона (на примере Республики Коми) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2022. – № 3. – С. 279–289.
20. Almeida F., Deutsch N. Urban Living Labs as Catalysts for Innovation: Advancing Urban Ecosystems within the Quintuple Helix Model // Urban Governance. – 2025. – Vol. 5. – P. 133–141.
21. Ban L., Wu D., Sun D., Zhou H., Wang H., Zhang H., Charles Xu C., Yang S. Sustainable Production of Biofuels from Biomass Feedstocks Using Modified Montmorillonite Catalysts // ChemSusChem. – 2025. – Vol. 18 (1). – P. e202401025.
22. Carayannis E. G., Campbell D. F. 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.
23. Carayannis E. G., Campbell D. F. J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other? A Proposed Framework for a Transdisciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology // International Journal of Social Ecology and Sustainable Development. – 2010. – Vol. 1 (1). – P. 41–69.
24. Erosa V. E. Dealing with Cultural Issues in the Triple Helix Model Implementation: a Comparison Among Government, University and Business Culture // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2012. – Vol. 52. – P. 25–34.

25. *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. – Vol. 29 (2). – P. 109–123.
26. *Farag M. A., Rezk M. M., Elashal M. H., El-Araby M., Khalifa S. A. M., El-Seedi H. R.* An Updated Multifaceted Overview of Sweet Proteins and Dipeptides as Sugar Substitutes; the Chemistry, Health Benefits, Gut Interactions, and Safety // *Food Research International*. – 2022. – Vol. 162 (A). – P. 111853.
27. *Galanakis C. M., Brunori G., Chiaramonti D., Matthews R., Panoutsou C., Fritsche U. R.* Bioeconomy and Green Recovery in a Post-COVID-19 Era // *Science of the Total Environment*. – 2022. – Vol. 808. – P. 152180.
28. *Gallego I., Medic N., Pedersen J. S., Ramasamy P. K., Robbens J., Vereecke E., Romeis J.* The Microalgal Sector in Europe: Towards a Sustainable Bioeconomy // *New Biotechnology*. – 2025. – Vol. 86. – P. 1–13.
29. *Gonzalez-Martinez P., Garcia-Perez-De-Lema D., Castillo-Vergara M.* The Role of Society in the N-Helix Innovation Model: A Systematic Review of the Literature // *Journal of the Knowledge Economy*. – 2025. – Vol. 16 (6). – P. 18124–18154.
30. *Gouvea R., Li S.* Smart Nations for All, Disability and Jobs: A Global Perspective // *Journal of the Knowledge Economy*. – 2022. – Vol. 13 (2). – P. 1635–1650.
31. *Konovalov S. A., Gavrilova N. B., Ivanova N. F., Chernopolskaya N. L., Rebezov M. B., Smolnikova F. H.* Development of Technology for a Creamy Dessert Bioproduct for Healthy Nutrition with Functional Ingredients // *Agrarian Science*. – 2024. – Vol. 11. – P. 150–156.
32. *Logunov D. Y., Dolzhikova I. V., Shcheblyakov D. V. et al.* Safety and Efficacy of an rAd26 and rAd5 Vector-Based Heterologous Prime-Boost COVID-19 Vaccine: an Interim Analysis of a Randomised Controlled Phase 3 Trial in Russia // *Lancet*. – 2021. – Vol. 397 (10275). – P. 671–681.
33. *Mittenzwei M., Schiller D.* Bioeconomy Innovation within Traditional Value Chains: The Example of the Sugar Industry in Three European Regions // *Progress in Economic Geography*. – 2025. – Vol. 3 (1). – P. 100035.
34. *Thatoi S., Mishra H. N., Chattaraj R. R., Das Mohapatra P. K., Mohapatra S.* Contributions of Biotechnology Industries of India to Global Bioeconomy: an Overview // *3 Biotech*. – 2025. – Vol. 15 (2). – P. 1–23.
35. *Thomas C. J., McKew J. C.* Playing Well with Others! Initiating and Sustaining Successful Collaborations between Industry, Academia and Government // *Current Topics in Medicinal Chemistry*. – 2014. – Vol. 14 (3). – P. 291–293.

## References

1. Berendeeva A. B. Mesto ekologicheskoy sostavlyayushchey v ESG-povestke subektov ekonomiki: mnogourovneviy podkhod [The Place of the Environmental Component in the ESG Agenda of Economic Entities: Multi-Level Approach]. *Mnogourovnevoe obshchestvennoe vosproizvodstvo: voprosy teorii i praktiki* [Multilevel Social Reproduction: Issues of Theory and Practice], 2025, No. 1 (44), pp. 11–26. (In Russ.).
2. Bondarenko N. E., Dubovik M. V., Gubarev R. V. «Troynaya spiral» kak osnova sozdaniya innovatsionnykh sistem [«Triple helix» as the Basis of the Creation of Innovative Systems]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2018, No. 2, pp. 3–15. (In Russ.).
3. Borshchuk E. L., Bulycheva E. V., Begun D. N., Zudin A. B. Bioekonomicheskie trendy v sovremennoy meditsine (obzor literatury) [Bioeconomical Trends in Modern Medicine (literature review)]. *Remedium*, 2024, Vol. 28, No. 4, pp. 359–366. (In Russ.).

4. Dolmatov S. N., Gulyaeva K. A. Perspektivy eksporta drevesnykh pellet iz Rossii v Yaponiyu i Yuzhnyu Koreyu v usloviyakh mezhdunarodnykh sanktsiy [Prospects for Exporting Wood Pellets from Russia to Japan and South Korea under the Conditions of International Sanctions]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of Tula State University. Technical Sciences], 2024, No. 9, pp. 447–453. (In Russ.).

5. Donskikh M. V. Nekotorye teoreticheskie osnovy gosudarstvennogo regulirovaniya kooperatsii gosudarstva universitetov i biznesa [Some Theoretical Foundations of State Regulation of Cooperation of the State, Universities and Business]. *Ekonomicheskie nauki* [Economic Sciences], 2022, No. 217, pp. 334–339. (In Russ.).

6. Zakarchevskiy O. V., Stavtsev A. N., Braginets Yu. N., Khashir A. A. Obespechenie APK energeticheskimi resursami: sostoyanie i tendentsii razvitiya [Provision of Agro-Industrial Complex with Energy Resources: State and Development Trends]. *Ekonomika, trud, upravlenie v selskom khozyaystve* [Economy, Labor, Management in Agriculture], 2025, No. 3 (121), pp. 66–78. (In Russ.).

7. Kamenskiy E. G., Mayakova A. V., Ogurtsova A. Yu., Guseynov M. A. Obshchaya struktura empiricheskoy kartiny dispozitsiy institutsionalnykh agentov modeli «troynoy spirali» v Rossii [The General Structure of the Empirical Picture of the Dispositions of Institutional Agents of the "Triple Helix" Model in Russia]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment* [Proceedings of the Southwest State University. Series: Economy. Sociology. Management], 2024, Vol. 14, No. 2, pp. 252–261. (In Russ.).

8. Kokov A. Ch., Bekmurzaev I. D., Pugoev B. A. Bioekonomika kak kompleksnaya sistema obespecheniya ustoychivogo razvitiya gosudarstva [Bioeconomy as a Comprehensive System for Ensuring Sustainable Development of the State]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economy and Management: Problems, Solutions], 2025, Vol. 11, No. 1 (154), pp. 13–20. (In Russ.).

9. Krylova A. Yu., Zaychenko V. M., Gaeva T. N., Lishchiner I. I., Malova O. V. Tselesoobraznost sozdaniya promyshlennogo proizvodstva zhidkogo biotopliva v Rossii [The Feasibility of Creating Industrial Production of Liquid Biofuels in Russia]. *Rossiyskie nanotekhnologii* [Russian Nanotechnology], 2023, Vol. 18, No. 1, pp. 15–23. (In Russ.).

10. Maksimov M. I., Sokolov A. P., Batsaykhan I., Balakhanova D. K., Utkin A. Yu. Model troynoy spirali kak katalizator innovatsionnogo razvitiya promyshlennosti Rossii [The Triple Helix Model as a Catalyst for Innovative Development of Russian Industry]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economy and Management: Problems, Solutions], 2025, Vol. 5, No. 2 (155), pp. 25–36. (In Russ.).

11. Petukhova M. S., Pkhunsombat S. Analiz tendentsiy razvitiya rynka biotopliva v kontekste sotrudnichestva Rossii i stran yugo-vostochnoy Azii [Analysis of Biofuel Market Development Trends in the Context of Cooperation between Russia and Southeast Asia Countries]. *Innovatsii i prodovolstvennaya bezopasnost* [Innovation and Food Security], 2025, No. 1 (47), pp. 118–129. (In Russ.).

12. Razinkina I. V. Razvitie spirali innovatsiy: sravnitelnyy analiz innovatsionnykh modeley troynoy, chetvernoy i pyatерnoy spiraley [Evolution of Innovation Helix: Comparative Analysis of Triple, Quadruple and Quintuple Helix Models]. *Ekonomicheskie nauki* [Economic Sciences], 2022, Vol. 206, No. 1, pp. 131–137. (In Russ.).

13. Rybachuk M. A. Natsionalnaya innovatsionnaya ekosistema: klyuchevye aktory i vzaimosvyazi [National Innovation Ecosystem: Key Actors and Linkages]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economy and Management: Problems, Solutions], 2021, Vol. IV, pp. 58–65. (In Russ.).

14. Ryzhikov V. A., Erokhina O. A., Akim E. L., Lukanin P. V. Sovmestnaya pererabotka otkhodov v kombinirovannye toplivnye brikety, soderzhashchie tsellyulozu i sinteticheskie polimery [Co-Processing of Waste into Combined Fuel Briquettes Containing Cellulose and Synthetic Polymers]. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta* [Bulletin of Ivanovo State Power Engineering University], 2025, No. 1, pp. 30–38. (In Russ.).

15. Ryzhov Yu. N., Trudko A. V. Evolyutsiya biotopliva i potentsial ispolzovaniya v DVS [The Evolution of Biofuels and the Potential for Use in Internal Combustion Engines]. *Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta* [Vestnik of Nizhny Novgorod State Agrotechnological University], 2024, No. 2 (42), pp. 101–107. (In Russ.).

16. Skryagin Yu. V., Zabaykin Yu. V. Sovremennye biotekhnologii v agrarnom sektore [Modern Biotechnologies in the Agricultural Sector]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 2023, Vol. 13, No. 2-2, pp. 426–434. (In Russ.).

17. Titova E. S. Integratsiya biotekhnologiy v ekonomicheskuyu sistemu dlya razvitiya bioekonomiki [Integration of Biotechnology into the Economic System for Bioeconomy Development]. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost* [National Interests: Priorities and Security], 2025, Vol. 21, No. 3, pp. 148–162. (In Russ.).

18. Titova E. S., Shishkin S. S. Aktualnye problemy bioekonomiki, rol postgenomnykh distsiplin [Current Problems of Bioeconomy, the Role of Post-Genomic Disciplines]. Moscow, YOUR FORMAT, 2023. (In Russ.).

19. Shishelov M. A. Ogranicheniya i vozmozhnosti razvitiya lesopererabotki severnogo regiona (na primere Respubliki Komi) [Limitations and Opportunities for the Development of Wood Processing in the Northern Region (the Case of the Komi Republic)]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Sotsialno-ekonomicheskie nauki* [PNRPU Sociology and Economics Bulletin], 2022, No. 3, pp. 279–289. (In Russ.).

20. Almeida F., Deutsch N. Urban Living Labs as Catalysts for Innovation: Advancing Urban Ecosystems within the Quintuple Helix Model. *Urban Governance*, 2025, Vol. 5, pp. 133–141.

21. Ban L., Wu D., Sun D., Zhou H., Wang H., Zhang H., Charles Xu C., Yang S. Sustainable Production of Biofuels from Biomass Feedstocks Using Modified Montmorillonite Catalysts. *ChemSusChem*, 2025, Vol. 18 (1), p. e202401025.

22. Carayannis E. G., Campbell D. F. J. “Mode 3” and “Quadruple Helix”: Toward a 21st Century Fractal Innovation Ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 2009, Vol. 46 (3/4), pp. 201–234.

23. Carayannis E. G., Campbell D. F. J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other? A Proposed Framework for a Transdisciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 2010, Vol. 1 (1), pp. 41–69.

24. Erosa V. E. Dealing with Cultural Issues in the Triple Helix Model Implementation: a Comparison Among Government, University and Business Culture. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2012, Vol. 52, pp. 25–34.

25. 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, Vol. 29 (2), pp. 109–123.

26. Farag M. A., Rezk M. M., Elashal M. H., El-Araby M., Khalifa S. A. M., El-Seedi H. R. An Updated Multifaceted Overview of Sweet Proteins and Dipeptides as Sugar Substitutes; the Chemistry, Health Benefits, Gut Interactions, and Safety. *Food Research International*, 2022, Vol. 162 (A), p. 111853.

27. Galanakis C. M., Brunori G., Chiaramonti D., Matthews R., Panoutsou C., Fritsche U. R. Bioeconomy and Green Recovery in a Post-COVID-19 Era. *Science of the Total Environment*, 2022, Vol. 808, p. 152180.

28. Gallego I., Medic N., Pedersen J. S., Ramasamy P. K., Robbens J., Vereecke E., Romeis J. The Microalgal Sector in Europe: Towards a Sustainable Bioeconomy. *New Biotechnology*, 2025, Vol. 86, pp. 1–13.

29. Gonzalez-Martinez P., Garcia-Perez-De-Lema D., Castillo-Vergara M. The Role of Society in the N-Helix Innovation Model: A Systematic Review of the Literature. *Journal of the Knowledge Economy*, 2025, Vol. 16 (6), pp. 18124–18154.

30. Gouvea R., Li S. Smart Nations for All, Disability and Jobs: A Global Perspective. *Journal of the Knowledge Economy*, 2022, Vol. 13 (2), pp. 1635–1650.

31. Konovalov S. A., Gavrilova N. B., Ivanova N. F., Chernopolskaya N. L., Rebezov M. B., Smolnikova F. H. Development of Technology for a Creamy Dessert Bioproduct for Healthy Nutrition with Functional Ingredients. *Agrarian Science*, 2024, Vol. 11, pp. 150–156.

32. Logunov D. Y., Dolzhikova I. V., Shchelyakov D. V. et al. Safety and Efficacy of an rAd26 and rAd5 Vector-Based Heterologous Prime-Boost COVID-19 Vaccine: an Interim Analysis of a Randomised Controlled Phase 3 Trial in Russia. *Lancet*, 2021, Vol. 397 (10275), pp. 671–681.

33. Mittenzwei M., Schiller D. Bioeconomy Innovation within Traditional Value Chains: The Example of the Sugar Industry in Three European Regions. *Progress in Economic Geography*, 2025, Vol. 3 (1), p. 100035.

34. Thatoi S., Mishra H. N., Chattaraj R. R., Das Mohapatra P. K., Mohapatra S. Contributions of Biotechnology Industries of India to Global Bioeconomy: an Overview. *3 Biotech*, 2025, Vol. 15 (2), pp. 1–23.

35. Thomas C. J., McKew J. C. Playing Well with Others! Initiating and Sustaining Successful Collaborations between Industry, Academia and Government. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 2014, Vol. 14 (3), pp. 291–293.

Поступила: 08.09.2025

Принята к печати: 02.12.2025

#### **Сведения об авторе**

##### **Екатерина Сергеевна Титова**

кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского института развития образования РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 109992, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: Titova.ES@rea.ru

#### **Information about the author**

##### **Ekaterina S. Titova**

PhD, Leading Researcher at the Scientific Research Institute for Educational Development of the PRUE. Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 109992, Russian Federation.

E-mail: Titova.ES@rea.ru