

УДК: 330.354

1.3. Моделирование инноваций, увеличивающих технологическую эффективность и ресурсную базу

Грачев И.Д., Ларин С.Н., Ноакк Н.В.,
ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

Сегодня экономический рост ведущих мировых держав неразрывно связан с разработкой и внедрением инноваций. Они способствуют повышению производительности труда, снижению ресурсных и финансовых затрат, увеличению конкурентоспособности стран и их экономик, созданию новых товаров, услуг и технологий, открытию новых рынков, увеличению доходов и благосостояния населения. Основной целью статьи является обоснование возможности и целесообразности инновационного развития России в ближайшей перспективе через активизацию включения в хозяйственный оборот двух типов инноваций. На основе анализа источников литературы сделан вывод о необходимости одновременного внедрения инноваций двух типов. На примере эволюционного развития популяции коронавируса Covid-19 показано, что его популяция с целью повышения вероятности выживания применяет два принципиально разных типа мутаций: 1) увеличивающих КПД в освоении ресурса и 2) качественно расширяющих ее ресурсную базу. В статье предложено использовать аналогичный подход применительно к инновационному развитию реальных экономических систем. Проанализировано на моделях сравнительное воздействие инноваций 1-го и 2-го типов на эволюцию экономических систем. Главный вывод по результатам проведенного исследования заключается в том, что для ускорения инновационного развития российской экономики необходимо активно разрабатывать и внедрять инновации второго типа.

Введение

Современный мир переживает эпоху сущностных перестроений. Закончилась однополярная модель развития, а вместе с ней - доминирование либерал-фундаменталистской экономической модели в экономике и торговле. Гиперболизированная ставка на финансовый спекулятивный капитал и информационную ответственность провалилась где-то полностью (Великобритания), а где-то частично (США).

С точки зрения вероятности выживаемости страны восстанавливается понимание роли реального сектора и, прежде всего, энергетики. Это заставляет обратиться к решению проблемы конечности ресурсного обеспечения такого развития.

В свою очередь, выход за пресловутые «пределы роста» осуществляется и будет осуществляться путем развития науки и технологических инноваций 1-го и 2-го типа. Разумное распределение финансовых ресурсов и практических усилий в этом направлении предполагает ясное понимание и в идеале моделирование влияния на эволюцию экономических систем инноваций, увеличивающих КПД (в частности, более экономично использующих доступные ресурсы), или 1-го типа, и инноваций, принципиально расширяющих доступные к использованию ресурсы (например, открытие атомной энергии), или 2-го типа.

В данной статье авторами предпринята попытка на основе модельного представления динамики развития живых и экономических систем показать влияние инноваций 1-го и 2-го типов на экономический рост.

Обзор литературы

В условиях глобализации практически ежедневно появляются новые технологии, материалы, продукты и услуги. Сегодня инновации превратились в ключевой драйвер экономического роста. Под инновациями в экономике принято понимать процесс внедрения новых идей, технологий и подходов, позволяющих повысить эффективность производства, управления и потребления ресурсов.

Концепция распространения инноваций основана на теоретических разработках французского ученого Габриэля Тарда. В своей книге, вышедшей в 1903 году, он предложил теорию S-образной кривой, отражающей законы принятия инноваций, и отметил важность фактора межличностной коммуникации [Тард Ж.Г., 2011]. В 40-е годы XX века американцы поставили эту концепцию на научную основу. В настоящее время наиболее распространенными теориями являются диффузная модель распространения инноваций Э. Роджерса и диффузная модель Ф. Басса [Bass F.M., 2004].

Первый в 1962 году предложил концепцию линейной модели инноваций. Согласно этой модели, инновационный процесс начинается с научных исследований, после которых новые идеи и технологии мигрируют в производство, затем в маркетинг, а в конце – к потребителям.

Основные этапы линейной модели инноваций:

1. Научные исследования – разработка новых идей и технологий на основе научных исследований;
2. Производство – создание прототипов и внедрение новых технологий в производственный процесс;
3. Маркетинг – проведение маркетинговых исследований и разработка стратегии продвижения новых продуктов на рынок;

4. Дистрибуция – продажа новых продуктов и услуг на рынке, а также распространение их среди потребителей.

Линейная модель инноваций была очень популярна в первые десятилетия после ее внедрения за счёт своей простоты и понятности. Однако с течением времени инновационный процесс перестал быть линейным и стал включать в себя множество взаимосвязанных этапов. В результате, линейная модель инноваций после конструктивной критики была заменена более сложными моделями, такими как модель инновационной экосистемы.

Второй из указанных выше авторов моделей – Ф. Басс – предложил математическую модель инноваций, которая имеет следующий вид: $n_t = (p + q \times \frac{N_t}{M})(M - N_t)$

n_t - количество принявших инновацию в момент времени t ;

M - потенциал рынка;

N_t - суммарное число принявших инновацию в момент времени t ;

p - коэффициент внешнего влияния;

q - коэффициент внутреннего влияния.

В работе Кузнецова Ю.А. и Марковой С.Е. дается краткое описание ряда математических моделей диффузии инноваций¹. Одно из направлений в построении таких моделей восходит к классической модели Ф. Басса. Другое основано на использовании биологических аналогий – метафор и поэтому концептуально модели этого направления исследований оказываются сходными с моделями динамики численности взаимодействующих биологических популяций, в частности, с известными моделями Лотки – Вольтерры. Такие модели могут учитывать как отношения типа хищник – жертва, так и отношения конкуренции и симбиоза. В работе строится обобщенная математическая модель динамики смены поколений инновационного товара, в определенной мере объединяющая упомянутые выше подходы в области моделирования диффузии инноваций. Эта модель охватывает весьма широкий диапазон конкретных математических моделей и может быть положена в основу общих эконометрических моделей диффузии инноваций, описываемых системами одно-временных уравнений.

В статье [Бухаров Д.Н., Аракелян С.М., 2020] обосновано использование модели диффузии инноваций на основе подходов клеточного автомата для рассмотрения различных режимов распространения инноваций в обрабатывающих отраслях как во времени, так и по территориальному и другим признакам. В качестве примера инновационной продукции выбраны новые принципы создания элементов оптоэлектроники и фотоники с помощью лазерных технологий как перспективных экономических ниш рынка наукоемких технологий для России в конкурентном мире с учетом международного разделения труда и роли отечественных вычислительных устройств нового поколения.

В работе [Ештокин С.В., 2021] выявлены основные проблемы и перспективы диффузии инновационных технологий оборонно-промышленного комплекса в гражданский сектор экономики для реализации политики импортозамещения. Проведенное исследование показало, что в ОПК России, по сравнению с зарубежными странами, имеется ряд организационно-правовых и регулятивных проблем, которые значительно снижают его конкурентные позиции и увеличивают зависимость от государственного заказа. При реализации предложенных автором подходов можно ожидать, что российский ОПК сможет успешно интегрироваться в гражданский сектор экономики и участвовать в формировании новой социально-экономической реальности, рожденной технологической революцией Индустрии 4.0.

Основной вывод исследования, проведенного Цыганковым Н.С., Петруниной А.Э., Москалевым А.К. заключается в том, что применение моделей инновационного процесса, адекватных современным условиям функционирования экономических субъектов, – это один из основных элементов процесса планирования и управления инновациями². За счет применения моделей с адаптивными параметрами станет возможным достичь максимальной эффективности от реализации инноваций на рынке за счет оптимизации инновационного процесса и распределения усилий и ответственности между всеми участниками.

В работе [Кощеева А.К., Брындин А.В., Зюзин А.Н., 2024] выполнен обзор новых математических моделей инновационного развития. Отмечается появление моделей влияния культуры и институтов на экономическое развитие, применения рефлексивной логики для решения ранее неразрешимых проблем оппортунизма экономических агентов, методов проектирования бизнес-процессов инновационной деятельности.

В работе [Молокова Е.Л., Ляшенко Е.А., 2023] представлена характеристика факторов формирования модели отклоняющегося поведения типа институциональный новатор, а также процессов диффузии результатов институционального новаторства.

В работе [Мотченко Л.А., Клочко Н.В., 2019] предложены прогнозно-аналитические модели динамики распространения инновационных продуктов и услуг типа SIR-модели в непрерывной и дискретной формах. Авторы предлагают разбить население региона, где распространяется инновация, численностью $N(t)$, в момент времени t на три группы. Первая группа объединяет лиц, которые положительно относятся к нововведениям. Это потенциальные новаторы, а их количество в момент t обозначено через $S(t)$. Вторая группа объединяет лиц, которые уже являются потребителями новации. Это настоящие новаторы, распространители

¹ [http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2017_-_1\(45\)_unicode/4.pdf?_ysclid=mca5zx8tb625309383](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2017_-_1(45)_unicode/4.pdf?_ysclid=mca5zx8tb625309383) (Дата обращения 24.06.2025)

² <http://www.nauteh-journal.ru/files/2cee24f4-2725-4f2a-89a8-e78b5d7073dc> (Дата обращения 22.06.2025)

новаторских идей, агенты. Их количество в момент t обозначено через $I(t)$. И третья группа состоит из лиц, которые негативно относятся ко всяким новшествам и изменениям. Это консерваторы, а их количество в момент t обозначено через $R(t)$. Таким образом, общая численность населения региона в момент t равна сумме $N(t) = S(t) + I(t) + R(t)$. Полученные авторами модели позволяют прогнозировать в пространственном и временном масштабах только общие тенденции распространения инновационных продуктов или услуг, пропорционально динамике численности указанных трех групп потребителей.

В работе [Рогачев А.Ф., Симонов А.Б., 2023] отмечено, что нелинейность диффузии инноваций затрудняет прогнозирование и управление как инновационными, так и другими связанными с ними экономическими процессами. Авторами предложена модель диффузии, учитывающая временные лаги между моментом возникновения спроса на инновацию и созданием инновационного продукта. Показано, каким образом эти лаги влияют на динамику инновационной деятельности. Полученные результаты схожи с положениями теории двойного рынка и цикла Хайпа. При этом они позволяют оценить факторы, влияющие на особенности нелинейной динамики диффузии инноваций. Показано, как информационные потоки в региональном разрезе влияют на особенности диффузии инноваций в регионе, и сделаны предложения по оптимизации управления инновационной деятельностью с использованием полученной модели.

В статье [Титова А.В., 2024] исследована эволюция от модели линейных инноваций к модели открытых инноваций, в призме развития области знаний управления инновациями и области знаний экономической географии, пересечение которых создало само понятие инновационной модели. Использование инструментария проектного менеджмента позволило выделить ключевое отличие этих двух моделей, состоящее не в их образующих субъектах, а в особенностях управления процессом создания результата, характеризующегося итерационностью и инкрементностью. Это доказало необходимость применения адаптивного подхода к управлению инновациями в системах любого масштаба.

Длинные волны базовых научно-технологических инноваций интерпретируются некоторыми исследователями, например [Яковец Ю.В., 2021], как научно-технологические революции, технологические уклады и т.д. Причем продолжительность этих волн с течением времени уменьшается. Эта особенность учитывается при помощи множества известных математических моделей, например, элементарных степенных и экспоненциальных функций, затухающих колебаний, моделей системной динамики (System Dynamics - SD) и др. Вместе с тем, эмпирическая периодизация волн инноваций сталкивается с такими методическими проблемами, как наличие относительно коротких эмпирических временных рядов, отсутствие точной календарной идентификации начала и конца волны, выбор показателей и стран мира для обоснованного измерения волн инноваций.

В статье [Стоун, В.И., Лейн, Дж.П., 2012] предлагается концептуальная структура, объединяющая все методы генерации знаний в логическую модель. Она может использоваться для планирования, получения и измерения предполагаемых полезных воздействий посредством внедрения знаний на практике. Кроме того, интеграция модели оценки «Контекст-Вход-Процесс-Продукт» (CIPP) проактивно повышает релевантность политики и программ НТИ, поддерживая при этом строгость. Полученная структура логической модели явно отслеживает прогресс знаний от входов, следуя за ним через три процесса генерации знаний и их соответствующие результаты знаний (открытие, изобретение, инновация), поскольку она генерирует предполагаемые социально полезные воздействия. Эта гибридная модель для создания технологических инноваций основана на лучших практиках в разработке новых продуктов в объединении с широко принятым подходом к трансляции знаний. Учитывая акцент на практике, основанной на доказательствах, в области медицины и здравоохранения и ожидания «от скамьи до постели больного» в отношении передачи знаний, спонсоры и получатели грантов должны найти эту модель полезной для планирования, внедрения и оценки инновационных процессов.

Материалы и методы

Согласно фундаментальной аксиоме основной целью деятельности любых живых систем является повышение вероятности их выживания. Затем можно воспользоваться ленинской методикой, которая рекомендует (в произвольном изложении) при анализе запутанных и сложных свойств обществ спуститься по спирали на несколько ступеней вниз и там поискать что-то аналогичное.

При обосновании моделей инновационного развития экономических систем методологически целесообразно использовать аналогию влияния на эволюцию мутаций вируса Covid-19, по которому накоплено громадное количество экспериментальных данных, и эволюцию экономических систем под воздействием инноваций.

В реальной эволюции Covid-19 явно наблюдались мутации двух принципиально разных типов: увеличивающие КПД вируса, в частности, по заразности (1-го типа), и увеличивающие доступную к использованию ресурсную базу за счет обнуления иммунитета у переболевших к вирусу-мутанту (2-го типа).

Экспериментально выполнена проверка двух-триггерной мутационной модели без дополнительной подстройки к обновленным данным для Москвы на 18.03.2025 г. Эволюционная модель адекватно отражает реальные данные. В связи с этим была построена двух-триггерная модель случайно-закономерной эволюции экономических систем с инновациями. При этом инновации 1-го типа предполагались квази-непрерывными, а инновации 2-го типа по времени увязывались с квазипериодическими циклами Кондратьева.

Результаты и обсуждение

Для применения модели эволюционного развития живых систем к экономическим системам достаточно заменить слово «мутации» на слово «инновации».

Если мы непредвзято проанализируем все известные инновации, то и они, по аналогии с мутациями, могут быть классифицированы как: повышающие КПД экономической системы (1-го типа) и принципиально

расширяющие доступные к использованию природные ресурсы (2-го типа). К примеру, переход от паровых к двигателям внутреннего сгорания – это инновации первого типа, а открытие и освоение деления и синтеза ядер – это инновация второго типа, так как они кардинально увеличивает энергетическую ресурсную базу.

Эта методология легко моделируется математически. Достаточно построить предельно простую эволюционную модель в форме, близкой к моделям Фишера для простейших биологических популяций [Фишер, Р.А., 1930]. С целью проверки этих вербально сформулированных гипотез в предыдущих работах авторов [Грачев И.Д. и др., 2025; Грачев И.Д. и др., 2020a] была предложена двух-триггерная мутационная модель эволюции вируса Covid-19, а также проведены предварительные оценки динамики пандемии и получены сравнительные прогнозы ее развития на будущий период до 1600 дней. Учитывая, что с момента публикации этих работ прошло немало времени, представляет интерес, прежде всего, проверка актуальности модели без дополнительной настройки.

На рисунке 1 представлена фактическая эволюция Covid-19 (красная кривая) и случайная реализация динамики развития пандемии по двух-триггерной мутационной модели без дополнительной подгонки для Москвы по состоянию на 18.03.2025. Учитывая расхождение фактических реализаций эволюции Covid-19 для разных стран и городов [Грачев И.Д. и др., 2020b; Грачев И.Д. и др., 2020c], результат следует признать вполне удовлетворительным. Модель работает.

Это позволяет нам перейти к во многом аналогичной эволюции экономических систем. Общая вероятностная эволюция по экономической модели задается в форме, близкой уравнениям из работы авторов [Грачев И.Д. и др., 2025]. Сущность двух-триггерной модели инноваций детально изложена в работе [Грачев И.Д., Ноакк Н.В., 2023]. Для учета характера волновых мутаций в модель включены два закономерных случайных триггера, один из которых меняет КПД системы, а второй расширяет ресурсную базу. Там же обоснован подбор параметров, соответствующих реальному развитию экономических систем.

В отличие от биологических мутаций, экономические инновации 1-го типа (с повышающим КПД системы) непрерывно дискретны. С целью эффективности разделения воздействия на эволюцию инноваций 1-го и 2-го типа, мы в данной работе инновации 1-го типа моделировали непрерывным изменением КПД системы в смысле погрешности оценивания рыночных стоимостей (или себестоимости производства товаров агентами). Случайно-закономерный триггер инноваций второго типа по времени и инновативности привязывался к циклам Кондратьева

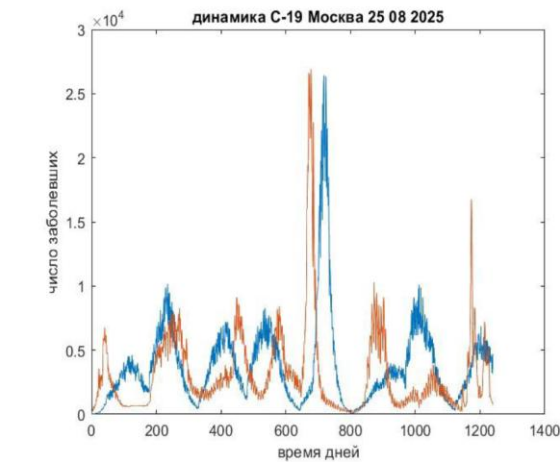


Рис.1. Фактическая эволюция Covid-19 (красная кривая) и случайная реализация динамики ее развития по двухтриггерной мутационной модели без дополнительной подгонки для Москвы по состоянию на 18.03.2025.

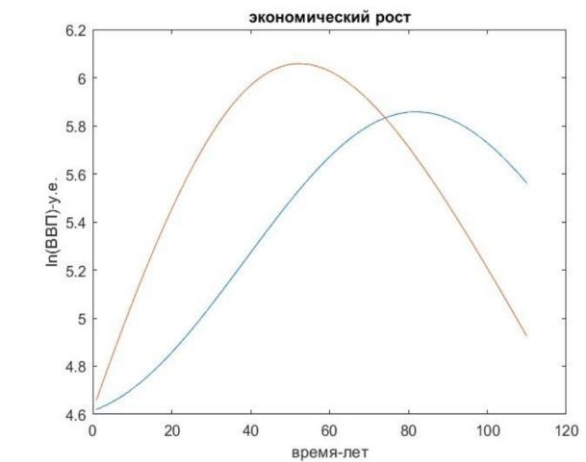


Рис.2. Сравнительная эволюция инновационной страны А к стационарной стране В при использовании исключительно инноваций 1-ого типа.

Как обычно, для исключения влияния множества нецелевых факторов использовали компаративный метод, при котором страна В не применяла инновации ни 1-го, ни 2-го типов. Доступные к использованию ресурсы составляют примерно 1000% капитализации страны.

На рисунке 2 представлена сравнительная эволюция инновационной страны А к стационарной стране В при использовании исключительно инноваций 1-го типа. В данном конкретном примере КПД страны А в смысле эффективности оценивания рыночных стоимостей примерно на 20% выше КПД страны В.

При использовании инноваций только 1-го типа наблюдается ожидаемое и очевидное ускорение инновационной страной экономического роста с последующим ускоренным проеданием ресурсов и катастрофическим падением ВВП.

При моделировании инноваций второго типа соответствующий инновационный триггер (который может быть увязан с затратами на знания) включал пополнение ресурсами страны А, соответствующими стартовым для данного конкретного примера.

На рисунке 3 представлена сравнительная эволюция страны В и страны А при одновременной работе инноваций 1-го и 2-го типа.

И, наконец, на рисунке 4 представлено компаративное соотношение ВВП страны А к стране В при одновременной работе инноваций 1-го и 2-го типа. Применительно к современному этапу развития российской экономики это единственный вариант выхода на долгий, стремящийся к 1, рост вероятности выживания страны в условиях ужесточения санкционных ограничений.

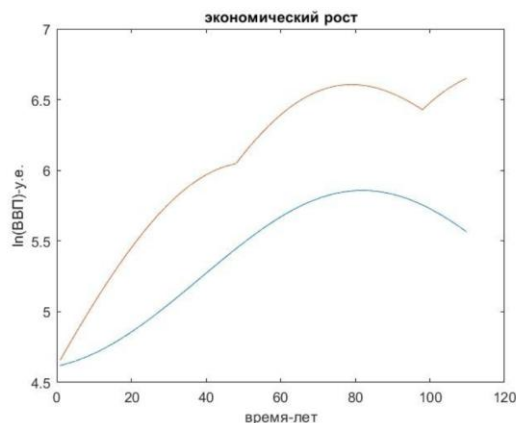


Рис. 3. Сравнительная эволюция страны В и страны А при одновременной работе инноваций 1-го и 2-го типа.

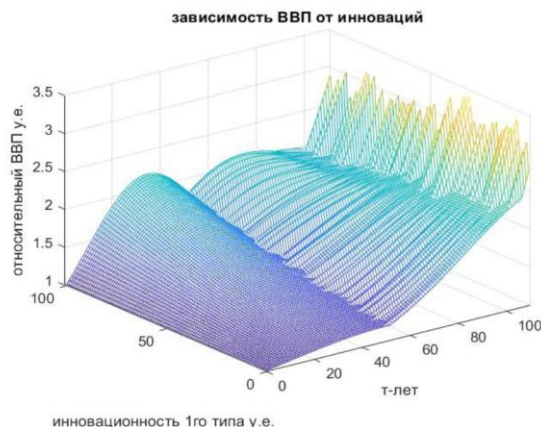


Рис. 4. Компаративное сравнение совместной работы инноваций 1-го и 2-го типов.

Инновации 2-го типа работают по шкале X, которая также является шкалой времени, а инновации 1-го типа — по шкале Y, на которой значение 0 соответствует $KPD(A)/KPD(B) = 1$, а значение 100 — $KPD(A)/KPD(B) = 1.5$.

Заключение

Полученные в ходе проведенных исследований результаты позволяют сформулировать следующие выводы.

На основе общих модельных оценок можно утверждать, что инновации 1-го типа могут значительно повысить КПД системы и ускорить освоение ресурсов, но в экономическом смысле они не могут, в отличие от инноваций 2-го типа, принципиально повысить вероятность выживания России. Следовательно, инновации 1-го типа не могут быть главным и первым вопросом перспектив будущего развития экономики России. Обязательно должны быть готовы инновации 2-го типа и механизмы для их генерирования.

Этот вывод наглядно подтверждается результатами проведенных исследований и их сравнительной графической интерпретацией, которые представлены в данной статье.

Литература

1. Бухаров Д.Н., Аракелян С.М. Математическое моделирование диффузии инноваций в контексте анализа угроз национальной безопасности Российской Федерации // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 3. С. 1467-1494. DOI 10.18334/vines.10.3.110455.
2. Грачев И.Д., Грачев Д.И., Ларин С.Н., Ноакк Н.В. Цифровая модель экономически оптимальных противоэпидемических ограничений // Экономика и предпринимательство, 2020а. Вып.14. №2(115). С.869-872. DOI: 10.34925/EIP.2020.115.2.175.
3. Грачев И.Д., Грачев Д.И., Ларин С.Н., Ноакк Н.В. Оценка экономических результатов различных вариантов карантинных с использованием комбинированной цифровой экономико-эпидемиологической модели // Экономика и предпринимательство, 2020б. Вып.14. №2(115). С.902-909. DOI: 10.34925/EIP.2020.115.2.182.
4. Грачев И.Д., Грачев Д.И., Ларин С.Н., Ноакк Н.В. Прогноз вероятной динамики эпидемии COVID-19 в Москве при стандартном управлении интенсивностью контактов // Экономика и предпринимательство, 2020с. Вып. 14. №3 С. 814–820. DOI: 10.34925/EIP.2020.116.3.169.
5. Грачев И.Д., Ларин С.Н., Ноакк Н.В., Хрусталева Е.Ю. Инструментарий прогнозирования динамики развития пандемии Covid-19 и оценки ее влияния на экономический рост. Монография / И.Д. Грачев, С.Н. Ларин, Н.В. Ноакк, Е.Ю. Хрусталева; Центральный экономико-математический институт Российской академии наук. — М., 2025. — 218 с.
6. Грачев И.Д., Ноакк Н.В. Общие вероятностные прогнозы динамики COVID-19 // Цифровая экономика, 2023. № 2(23). С. 36-41. DOI: 10.34706/DE-2023-02-04.
7. Ештокин С.В. Диффузия высоких технологий оборонно-промышленного комплекса в гражданский сектор экономики: стратегические шаги к импортозамещению // Вопросы инновационной экономики. 2021. Т. 11, № 1. С. 257–278. DOI 10.18334/vines.11.1.111862.

8. Кощеева А.К., Брындин А.В., Зюзин А.Н. Новые математические модели инновационного развития // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Том XXII. Декабрь 2024. С. 14-25.
9. Молокова Е.Л., Ляшенко Е.А. Подходы к характеристике процессов диффузии результатов институционального новаторства // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 11. С. 4903–4912. DOI 10.18334/epp.13.11.119473.
10. Мотченко Л.А., Ключко Н.В. Математическая модель динамики распространения инновационных продуктов и услуг // Экономический вестник ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2019. № 1. С. 75–79.
11. Рогачев А.Ф., Симонов А.Б. Моделирование диффузии инноваций на региональных рынках с учетом информационных аспектов // Друкеровский вестник. 2023 № 2. С. 270–283.
12. Стоун, В.И., Лейн, Дж.П. (2012). Моделирование технологических инноваций: как наука, инженерия и отраслевые методы могут сочетаться для достижения положительных социально-экономических последствий. Implementation Sci 7, 44. DOI: 10.1186/1748-5908-7-44.
13. Тард Жан Габриэль. Законы подражания. – М.: Академический проект, 2011. – 304 с.
14. Титова А.В. Линейная и открытая модель инноваций в призме предиктивного и адаптивного подходов к разработке проектов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и Право № 9 сентябрь 2024 г. С. 102–107. DOI 10.37882/2223-2974.2024.09.33.
15. Фишер, Р.А. (1930). Генетическая теория естественного отбора. Оксфорд, Великобритания: Кларендон Пресс. 16.
16. Яковец Ю.В. Динамика продуктивности общественного интеллекта цивилизаций: закономерности, исторические тенденции, перспективы. // Вестник Российской академии естественных наук, 2021. №1. С. 72–82. DOI 10.52531/1682-1696-2021-21-1-72-82.
17. Bass F.M. Comments on «A new product growth model for consumer durables» // Management Science. 2004. Vol. 50. № 12 (Supplement). Pp. 1833-1840.

References in Cyrillics

1. Buharov D.N., Arakeljan S.M. Matematicheskoe modelirovanie diffuzii innovatsij v kontekste analiza ugroz natsional'noj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii // Voprosy innovatsionnoj `ekonomiki. 2020. T. 10. № 3. S. 1467-1494. DOI 10.18334/vinec.10. 3.110455.
2. Grachev I.D., Grachev D.I., Larin S.N., Noakk N.V. Tsifrovaja model' `ekonomicheski optimal'nyh protivop`epidemicheskikh ogranichenij // `Ekonomika i predprinimatel'stvo, 2020a. Vyp.14. №2(115). S.869-872. DOI: 10.34925/EIP.2020.115.2.175.
3. Grachev I.D., Grachev D.I., Larin S.N., Noakk N.V. Otsenka `ekonomicheskikh rezul'tatov razlichnyh variantov karantinov s ispol'zovaniem kombinirovannoj tsifrovoj `ekonomiko-`epidemicheskoy modeli // `Ekonomika i predprinimatel'stvo, 2020b. Vyp.14. №2(115). S.902-909. DOI: 10.34925/EIP.2020.115.2.182.
4. Grachev I.D., Grachev D.I., Larin S.N., Noakk N.V. Prognoz verojatnoj dinamiki `epidemii COVID-19 v Moskve pri standartnom upravlenii intensivnost'ju kontaktov // `Ekonomika i predprinimatel'stvo, 2020c. Vyp. 14. №3 S. 814-820. DOI: 10.34925/EIP.2020. 116.3.169.
5. Grachev I.D., Larin S.N., Noakk N.V., Hrustalev E.Ju. Instrumentarij prognozirovanija dinamiki razvitiija pandemii Covid-19 i otsenki ee vlijanija na `ekonomicheskij rost. Monografija / I.D. Grachev, S.N. Larin, N.V. Noakk, E.Ju. Hrustalev; Tsentral'nyj `ekonomiko-matematicheskij institut Rossijskoj akademii nauk. – M., 2025. – 218 s.
6. Grachev I.D., Noakk N.V. Obschie verojatnostnye prognozy dinamiki COVID-19 // Tsifrovaja `ekonomika, 2023. № 2(23). S. 36-41. DOI: 10.34706/DE-2023-02-04.
7. Eshtokin S.V. Diffuzija vysokih tehnologij oboronno-promyshlennogo kompleksa v grazhdanskij sektor `ekonomiki: strategicheskie shagi k importozamescheniju // Voprosy innovatsionnoj `ekonomiki. 2021. T. 11, № 1. S. 257-278. DOI 10.18334/vinec.11.1.111862.
8. Koscheeva A.K., Bryndin A.V., Zjuzin A.N. Novye matematicheskie modeli innovatsionnogo razvitiija // `Ekonomika i upravlenie: problemy, reshenija. 2024. Tom XXII. Dekabr' 2024. S. 14-25.
9. Molokova E.L., Ljashenko E.A. Podhody k harakteristike protsessov diffuzii rezul'tatov institutsional'nogo novatorstva // `Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. 2023. T. 13, № 11. S. 4903-4912. DOI 10.18334/epp.13.11.119473.
10. Motchenko L.A., Klochko N.V. Matematicheskaja model' dinamiki rasprostraneniija innovatsionnyh produktov i uslug // `Ekonomicheskij vestnik GOU VPO LNR «DonGTU», 2019. № 1. S. 75-79.
11. Rogachev A.F., Simonov A.B. Modelirovanie diffuzii innovatsij na regional'nyh rynkah s uchedom informatsionnyh aspektov // Drukerovskij vestnik. 2023 № 2. S. 270-283.
12. Stoun, V.I., Lejn, Dzh.P. (2012). Modelirovanie tehnologicheskikh innovatsij: kak nauka, inzhenerija i otraslevye metody mogut sochetat'sja dlja dostizhenija polozhitel'nyh sotsial'no-`ekonomicheskikh posledstvij. Implementation Sci 7, 44. DOI: 10.1186/1748-5908-7-44.
13. Tard Zhan Gabri`el'. Zakony podrazhanija. – M.: Akademicheskij proekt, 2011. – 304 s.
14. Titova A.V. Linejnaja i otkrytaja model' innovatsij v prizme prediktivnogo i adaptivnogo podhodov k razrabotke projektov // Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Serija: `Ekonomika i Pravo № 9 sentjabr' 2024 g. S. 102-107. DOI 10.37882/2223-2974.2024.09.33.

15. Fisher, R.A. (1930). *Geneticheskaja teorija estestvennogo otbora*. Oksford, Velikobritanija: Klarendon Press.
16. Jakovets Ju.V. Dinamika produktivnosti obschestvennogo intellekta tsivilizatsij: zakonomernosti, istoricheskie tendentsii, perspektivy. // *Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk*, 2021. №1. S. 72-82. DOI 10.52531/1682-1696-2021-21-1-72-82.
17. Bass F.M. Comments on «A new product growth model for consumer durables» // *Management Science*. 2004. Vol. 50. № 12 (Supplement). Pp. 1833-1840.

Сетевые ресурсы

1. Кузнецов Ю.А., Маркова С.Е. Математическое моделирование динамики смены поколений инновационных технологий // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*, 2017. № 1(45). С. 37–45. [Электронный ресурс]. URL - [http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2017_-_1\(45\)_unicode/4.pdf?ysclid=mca5zx8tb625309383](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2017_-_1(45)_unicode/4.pdf?ysclid=mca5zx8tb625309383). Дата обращения 24.06.2025.
2. Цыганков Н.С., Петрунина А.Э., Москалев А.К. Модель управления воронкой коммерциализации инноваций // *Информатика, вычислительная техника и управление. Серия: Естественные и технические науки*, №4, апрель 2022 г. С. 145–151. [Электронный ресурс]. URL - <http://www.nauteh-journal.ru/files/2cee24f4-2725-4f2a-89a8-e78b5d7073dc> (дата обращения 22.06.2025).

*Грачев Иван Дмитриевич – д.э.н., к.ф.-м.н., главный научный сотрудник
ЦЭМИ РАН ORCID 0000-0003-1815-5898
ldg@mail.ru*

*Ларин Сергей Николаевич, к.техн.н., ведущий научный сотрудник
ЦЭМИ РАН ORCID 0000-0001-5296-5865
sergey77707@rambler.ru*

*Ноакк Наталия Вадимовна – к.психол.н., ведущий научный сотрудник
ЦЭМИ РАН ORCID 0000-0001-8696-5767
n.noack@mail.ru*

Ключевые слова

Развитие экономических систем, инновации 1-го и 2-го типа, эволюционные аналогии, экспериментальная и модельная проверка

Ivan Grachev, Natalia Noack, Sergey Larin. Modeling innovations that increase technological efficiency and resource base

Keywords

Development of economic systems, innovations of the 1st and 2nd type, evolutionary analogies, experimental and model verification

DOI: 10.34706/DE-2025-03-03

JEL classification O32 – Управление технологическими инновациями и разработками, O47 Эмпирические исследования экономического роста.

Abstract

Today, the economic growth of the world's leading powers is inextricably linked with the development and implementation of innovations. They contribute to increased labor productivity, reduced resource and financial costs, increased competitiveness of countries and their economies, the creation of new goods, services and technologies, the opening of new markets, and an increase in income and well-being of the population.

The main objective of the article is to substantiate the possibility and feasibility of innovative development of Russia in the near future through the activation of the inclusion of two types of innovations in economic circulation. Based on the analysis of literary sources, a conclusion is made about the need for the simultaneous implementation of two types of innovations. Using the example of the evolutionary development of the Covid-19 coronavirus population, it is shown that its population uses two fundamentally different types of mutations in order to increase the likelihood of survival: 1) increasing the efficiency of resource development and 2) qualitatively expanding its resource base. The article proposes to use a similar approach in relation to the innovative development of real economic systems. The comparative impact of type 1 and type 2 innovations on the evolution of economic systems is analyzed using models. The main conclusion from the results of the study is that in order to accelerate the innovative development of the Russian economy, it is necessary to actively develop and implement innovations of the second type.