

1.8. Взаимосвязь циклов Кондратьева, инноваций и искусственного интеллекта

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

Статья развивает результаты предыдущих публикаций авторов в сфере эволюционного моделирования экономических систем. На примере эволюционного развития популяции коронавируса Covid-19 показано, что с целью повышения вероятности своего выживания она применяет два принципиально разных типа мутаций: увеличивающие КПД в освоении ресурса (1-го типа) и качественно расширяющие ее ресурсную базу (2-го типа). В статье предложено использовать аналогичный подход применительно к инновационному развитию реальных экономических систем.

Особое внимание уделено психологическим механизмам генерации инноваций двух типов и роли искусственного интеллекта в этом процессе. Задача выявления связи между когнитивными процессами и типами инноваций решалась с использованием анализа современных мета-аналитических и нейро-визуализационных исследований. Выявлена тенденция к наличию прямой связи между дивергентным мышлением и радикальными инновациями, а также обратной связи между когнитивной ригидностью и инновациями 2-го типа. Обоснована необходимость балансирования инвестиций в развитие инноваций с учетом психологических барьеров.

Введение

Современный мир переживает эпоху сущностных перестроений. Однополярная модель развития полностью изжила себя и уходит в прошлое, а вместе с ней и доминирование либерал-фундаменталистской экономической модели в экономике и торговле. 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, а в идеале, и моделирование влияния на эволюцию экономических систем инноваций, увеличивающих КПД, в частности, обеспечивающих более экономичное использование доступных ресурсов (инновации 1-го типа), и инноваций, принципиально расширяющих доступные к использованию ресурсы, например, открытие атомной энергии (инновации 2-го типа).

Присуждение Нобелевской премии по экономике 2025 года Дж. Мокиру, Ф. Агийону и П. Хоуитту за работы в области технологического прогресса и устойчивого роста подтверждает высокую актуальность данного направления. В частности, Дж. Мокир обосновал необходимость научного понимания принципов работы технологий для непрерывного инновационного процесса. Однако существующие экономико-математические модели не в полной мере отражают дифференциацию инноваций на два типа. Кроме того, они не позволяют воспроизводить автоматически циклы Кондратьева, которые большинством исследователей признаются фундаментальным фактором экономического развития.

Авторы данной статьи полагают, что преодоление указанных ограничений возможно при рассмотрении квазициклической экономической эволюции как частного случая фундаментальных эволюционных моделей развития биологических популяций. Такой подход позволяет задействовать массив экспериментальных данных по мутационной эволюции вируса Covid-19 для верификации моделей, а также более полно учитывать влияние двух принципиально разных типов инноваций на динамику экономического развития.

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. Также предложен новый подход к выявлению психологических механизмов, лежащих в основе генерации двух типов инноваций субъектами экономической деятельности, и оценке роли искусственного интеллекта (ИИ) в этом процессе.

1. Теоретические основания дифференциации инновационных стратегий

1.1. Инновации 1-го и 2-го типа: экономическая дефиниция

Первые результаты исследования влияния двух типов инноваций на прогресс экономических систем были опубликованы авторами в 2025 году [1]. Актуальность этой тематики подтверждает присуждение Нобелевской премии по экономике 2025 года за работы в области исследований зависимостей технологического прогресса и устойчивого роста от внедрения двух типов инноваций. Однако если, научное понимание принципов работы технологий для непрерывного инновационного процесса одним из нобелевских лауреатов четко обосновано, то предложенные двумя другими лауреатами экономико-математические модели не в полной мере отражают разделение инноваций на два типа, не учитывают их влияние на развитие экономических систем и не способны автоматически воспроизводить циклы

Кондратьева. При этом большинство современных исследователей признают отмеченные выше факторы к фундаментальным основам экономического развития.

Авторы полагают, что для устранения указанных ограничений целесообразно рассматривать квазициклическую эволюцию экономических систем как частный случай фундаментальных эволюционных моделей развития биологических популяций. Такой подход позволяет, с одной стороны, использовать для верификации моделей массив экспериментальных данных по мутационной эволюции вируса Covid-19, а с другой стороны, лучше учитывать влияние каждого из двух принципиально разных типов инноваций на динамику развития экономических систем.

1.2. Циклы Кондратьева: современный статус проблемы

Теоретической основой исследования служат классические работы по цикличности экономического развития. Н.Д. Кондратьев на основе статистического анализа динамики цен, процентных ставок и объемов производства в ведущих странах за 1780–1920 годы выявил наличие длинных волн продолжительностью 48–55 лет [2]. Затем Й. Шумпетер интерпретировал данные циклы через призму инновационного развития. Для этого он обосновал концепцию «созидательного разрушения», согласно которой внедрение новых технологий приводит к вытеснению устаревших производственных методов и структурной перестройке рынка [3]. В современных экономических исследованиях вопросы существования и временные параметры циклов Кондратьева продолжают оставаться дискуссионными.

Наличие волн Кондратьева в динамике мирового ВВП за 1870–2007 годы с периодом 52–53 года подтверждено авторами работы [4]. Им также удалось установить статистическую значимость циклов Жюгляра и Китчина. При этом цикл Кузнецца предложено рассматривать как третью гармонику волны Кондратьева. Некоторые авторы подтверждают наличие циклов Кондратьева методами спектрального и кросс-спектрального анализа. Так, в работе [5] выявлена высокая когерентность временных рядов в частотной области, соответствующей К-волнам (38–55 лет).

Во многих современных исследованиях значительное внимание уделяется вопросам взаимосвязи инноваций, институтов и технологических укладов. Так, в работе [6] доказано, что наличие технологических инноваций без соответствующей институциональной базы недостаточно для поддержки устойчивого экономического роста. Подтверждением этого стал исторический анализ адаптации целого ряда стран к технологическим революциям, имевшим место в период 1830–1970 годов. По прогнозным оценкам, приведенным в работе [7] сейчас происходит активное формирование шестого технологического уклада (комплекс МАНБРИК). Предполагается, что в 2030-е годы он сольется с восходящей волной шестого цикла Кондратьева.

1.3. Психологические механизмы генерации инноваций

Традиционное экономическое моделирование инновационных процессов длительное время фокусировалось преимущественно на количественных показателях (затраты на НИОКР, количество патентов, темпы внедрения и т.д.), совершенно игнорируя психологические механизмы генерации инноваций. Современная практика показывает, что такая редукция явно недостаточна для объяснения фундаментальной асимметрии в распределении инноваций 1-го и 2-го типа. Это наглядно подтверждают эмпирические данные, на основе которых выявлена устойчивая доминанта инкрементальных улучшений при критическом дефиците радикальных прорывов¹.

Интеграция психологических и экономических знаний позволяет объяснить, почему даже при наличии финансовых ресурсов и институциональной поддержки генерация инноваций 2-го типа остаётся ограниченной. Действительно, когнитивная система субъектов экономической деятельности устроена так, что она естественным образом минимизирует неопределённость и когнитивные затраты. Отсюда и возникает системный перекося в сторону инноваций 1-го типа [8].

Можно предположить, что инновации, повышающие КПД использования ресурсов, и инновации, качественно расширяющие ресурсную базу, коррелируют с различными когнитивными процессами. Это хорошо согласуется с данными о различиях между дивергентным и конвергентным мышлением [8]. Современные исследования подтверждают, что дивергентное мышление, характеризующееся способностью устанавливать отдалённые ассоциации и выходить за рамки доминирующих концептуальных рамок, остаётся валидным предиктором креативного потенциала при генерации радикальных решений [9].

В рамках авторской модели, предложенной в настоящей статье, эти данные соотносятся с когнитивными основами инноваций 2-го типа. В отличие от этого, инкрементальные улучшения (соотносимые в контексте предложенной модели с инновациями 1-го типа) преимущественно опираются на конвергентное мышление и склонность к оптимизации в рамках существующих когнитивных схем [10].

Важно отметить, что эффективная генерация инноваций обоих типов требует не статической доминанции одного когнитивного режима, а динамического переключения между дивергентными и конвергентными процессами в рамках единого творческого цикла [8]. Исследования авторов работ [11] подтверждают, что продуктивное генерирование идей поддерживается функциональной связью между сетью по

¹ Stettner, U., & Lavie, D. (2013). Ambidexterity under scrutiny: Exploration and exploitation via internal organization, alliances, and acquisitions. *Strategic Management Journal* (2014), 35(13), 1903–1929. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2328338>. Дата обращения: 11.03.2026.

умолчанию (обеспечивающей спонтанную ассоциативную активность) и исполнительную сеть (обеспечивающей критическую оценку).

1.4. Искусственный интеллект в контексте инноваций: текущее состояние исследований

На текущий момент не обнаружено рецензируемых исследований, которые бы экспериментально подтвердили гипотезу о том, что ИИ принципиально не способен поддерживать генерацию радикальных инноваций (2-го типа). Однако существуют эмпирические свидетельства, которые могут интерпретироваться в поддержку данной гипотезы. Среди них наибольший интерес вызывают следующие:

1) Ориентация AI-инноваций на процессы;

В исследовании на выборке патентов США было установлено, что инновации в области ИИ преимущественно ориентированы на оптимизацию процессов и демонстрируют меньшую радикальность по сравнению с аналогичными разработками в сфере информационных технологий [12].

2) Превосходство GenAI в задачах на дивергентное и конвергентное мышление не эквивалентно способности к радикальным инновациям;

В ходе экспериментального исследования в Scientific Reports выявлено, что модели GenAI (ChatGPT-4.0, DeepSeek-V3, Gemini 2.0) превосходят людей как в задачах на дивергентное мышление (Alternate Uses Task), так и в конвергентном (Remote Associates Test) [13]. Однако данные тесты измеряют всего лишь потенциал генерации идей, а не их способность приводить к качественному расширению ресурсной базы экономической системы, что принято авторами статьи в качестве ключевого критерия инноваций 2-го типа в предлагаемой модели.

3) Решение инсайт-задач на уровне «среднего человека».

Исследование ChatGPT на вербальных инсайт-задачах показало, что результаты ИИ соответствуют распределению «среднего» человека, но не демонстрируют качественного скачка, характерного для подлинных радикальных прорывов [14].

Вместе с тем в существующих исследованиях есть целый ряд методологических ограничений. Ниже указаны наиболее значимые из них:

1) Операционализация «радикальности»;

В большинстве работ «радикальная инновация» операционализируется как высокая новизна патента [15], а не как качественное расширение ресурсной базы, что предлагается в разработанных авторами данной статьи моделях.

2) Отсутствие лонгитюдных данных;

Нет исследований, доказывающих, что AI-генерированные идеи приводят к реальным экономическим прорывам и внедрению в производственные процессы [13].

3) Антропоцентричные метрики;

Креативность ИИ оценивается по человеческим шкалам, что может исказить оценку его уникального потенциала и не учитывает специфику машинной генерации идей [11];

4) Лабораторный контекст.

Большинство экспериментов - изолированные задачи (тесты дивергентного мышления), а не реальные инновационные процессы в экономике с ограничениями по ресурсам и внедрению.

2. Методология моделирования

2.1. Эволюционная аналогия: от Covid-19 к экономике

По ее результатам экспериментальной проверки ранее разработанной авторами данной статьи двух-триггерной мутационной модели, отражающей динамику развития коронавируса Covid-19, без дополнительной подстройки к обновленным данным для Москвы по состоянию на 18 марта 2025 года было установлено, что она адекватно отражает реальные данные. На этом основании была построена двух-триггерная модель случайно-закономерной эволюции экономических систем под влиянием инноваций 1-го и 2-го типа. При этом предполагалось, что инновации 1-го типа будут квази-непрерывными, а инновации 2-го типа по времени увязывались с квазипериодическими циклами Кондратьева.

Сущность двух-триггерной модели инноваций изложена в работе [1]. Для учета характера волновых мутаций в модель включены два закономерно 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 двух принципиально разных типов, в данной работе инновации 1-го типа моделировались непрерывным изменением КПД системы в смысле погрешности оценивания рыночных стоимостей (или себестоимости производства товаров агентами). Случайно-закономерный триггер инноваций 2-го типа по времени и инновативности привязывался к циклам Кондратьева.

2.2. Параметры модели и сценарии экспериментов

Для исключения влияния множества нецелевых факторов использовался компаративный метод, ранее апробированный авторами в работах [16], [17] (Грачёв, Ларин, 2024; Грачёв и др., 2024). В рамках этого метода страна В выступала в качестве контрольной системы, не применяющей инновации ни 1-го, ни 2-го типов, тогда как страна А реализовывала различные сценарии инновационной активности.

Параметр доступных ресурсов принят на уровне 1000% от текущей капитализации страны, что соответствует методике, описанной в работе [1].

2.3. Метрики оценки результатов

Для оценки результатов моделирования использовались следующие метрики.

Динамика ВВП - основной показатель экономического роста системы.

Циклы Кондратьева - наличие квазипериодических колебаний с периодом 40–60 лет.

Вероятность выживания системы - доля сценариев, в которых система не достигает катастрофического падения ВВП.

Семантическая дистанция – для оценки «радикальности» инноваций в сценариях с ИИ использовался метод MAD [11].

Индекс концептуального смещения - оценка объединения удаленных доменов в инновационных предложениях [18].

3. Методология и сценарии моделирования

3.1. Методологическое обоснование: от биологической эволюции к экономической

Сущностно важна полная аналогия мутаций, повышающих КПД вируса, и мутаций, обновляющих ресурсную базу за счёт обнуления иммунитета, с инновациями 1-го и 2-го типа (Р- и М- инновациями, по Дж. Мокиру). Однако не менее важны и, на первый взгляд, чисто технические моменты моделирования эволюции, которые оказывают большое влияние на способы анализа экономических эволюций. Так, ни у кого не вызывает сомнений, что эпидемия в Москве и эпидемия в Санкт-Петербурге – это случайные реализации общей эволюции вируса SARS-CoV-2. Но попытки лобового их сравнения в любых разумных метриках не проходят. В нормированной квадратичной метрике кривые заболевших в Москве и Санкт-Петербурге дают значение 0,98. Оно характерно для независимых временных рядов. Существенно более простые и понятные результаты можно получить, переходя от временных рядов к автокорреляционным функциям и кросс-корреляционным функциям.

Ниже представлена серия сценариев динамики развития коронавируса Covid-19 и соответствующих им рисунков (см. Рис. 1÷3: эволюция Covid-19 (верификация биологической модели)).

На рисунке 1 представлена автокорреляционная функция эволюции по заболевшим для Москвы от начала до 18.03.2025 года и кросс-корреляционная функция для Москвы и наилучшей из опробованных моделей, использующей исключительно мутации 1-го типа, т.е. повышающие эффективность вируса (в смысле заразности и т.д.).

Как и в наших более старых исследованиях, можно ещё раз убедиться, что адекватная реальным экспериментальным данным модель без включения мутаций 2-го типа, т.е. обнуляющих иммунитет, а следовательно, и бесконечно расширяющих его ресурсную базу, построить невозможно. Именно подключение в модель мутаций второго типа представлено на рисунке 2.

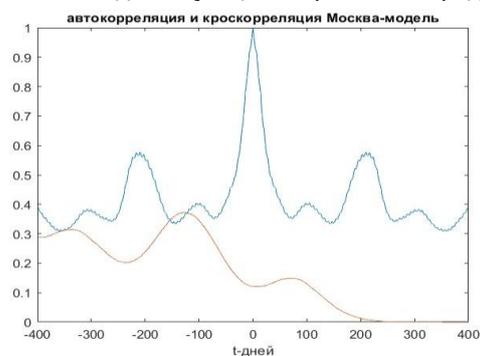


Рис. 1. Автокорреляция и кросс-корреляция по Москва-модели с мутациями только 1-го типа.
Источник: авторская разработка

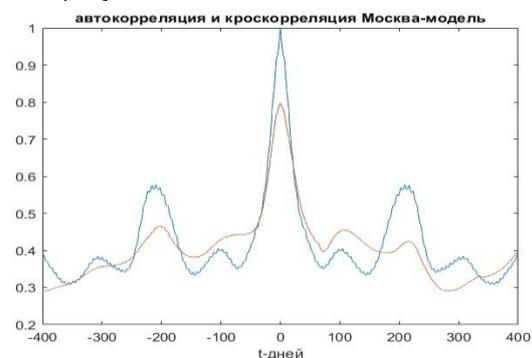


Рис. 2. Автокорреляция и кросс-корреляция по Москва-модели с мутациями 1-го и 2-го типа.
Источник: авторская разработка

Конкретная реализация модельной функции в терминах кросс-корреляции отражает основные особенности автокорреляционной функции для Москвы. В нормированной квадратичной метрике отклонение $\Delta^2=0,35$, что приемлемо с учетом вышеприведенного отклонения для пары Москва–Санкт-Петербург.

И, наконец, на рисунке 3 представлены автокорреляционная функция заболевших для Санкт-Петербурга и кросс-корреляционная функция для пары Санкт-Петербург–Москва. Нетрудно заметить, что Москва и Санкт-Петербург с точностью до случайных факторов имеют одинаковые автокорреляционные функции.

Ниже указаны три ключевых фактора биологической эволюционной модели.

1. Долгосрочные эволюционные модели без включения мутаций (инноваций), обновляющих доступную к использованию ресурсную базу, неадекватны

2. Сколь угодно революционные мутации (инновации), не обновляющие ресурсную базу, не обеспечивают долгосрочный прогресс.

3. При оценке долгосрочной адекватности модели важнейшее значение имеют квазипериодические процессы, наблюдаемые в реальном эксперименте.

Из пункта 3 вытекает наш особый интерес к циклам Кондратьева как реально наблюдаемым квазипериодическим процессам. Любая эволюционная модель должна генерировать циклы Кондратьева без дополнительных искусственных предположений. В свою очередь, прошедшая этот тест эволюционная модель пригодна для оценки некоторых долгосрочных последствий применения ИИ, прежде всего, через искажения упомянутых выше циклов Кондратьева.

3.2. Базовые сценарии инновационного развития

Указанные закономерности создают методологическую основу для обращения к теоретическим положениям Дж. Мокира, в которых он проводит принципиальное различие между категориями знаний, лежащих в основе технологического прогресса. В его концепции выделяются две фундаментальные категории: инновации Р-типа (persuasive knowledge) – способствующие повышению коэффициента полезного действия существующих экономических систем; инновации М-типа (mutative knowledge) – способствующие качественному расширению спектра доступных ресурсов.

Анализ динамических траекторий, представленный в предыдущих исследованиях авторов [1], показывает, что инновационные решения Р-типа не способны предотвратить долгосрочную стабилизацию или регресс экономической системы. Их воздействие ограничено ускорением эволюционного процесса лишь на отдельных интервалах времени.

Напротив, технологические прорывы М-типа обладают потенциалом для фундаментальной трансформации производственных технологий. В контексте аналогии с эволюцией биологической популяции вируса, разработанной в настоящей статье, ключевая особенность таких инноваций применительно к экономической системе заключается в расширении доступной для нее ресурсной базы.

Ниже представлены серии сценариев и соответствующих им рисунков (см. рис. 4–13: экономическое моделирование (инновации 1-го и 2-го типа)).

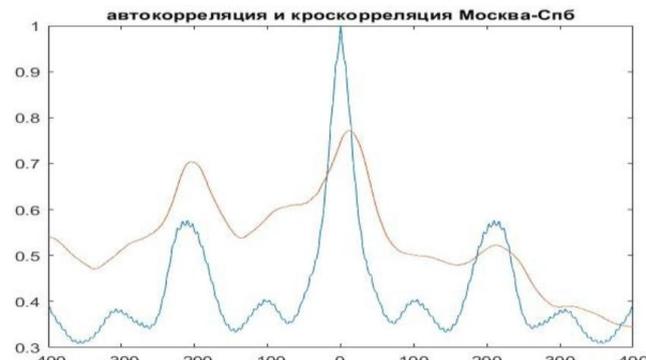


Рис. 3. Автокорреляция Москва и кросс-корреляция Москва-Санкт-Петербург с мутациями 1-го и 2-го типа.
Источник: авторская разработка

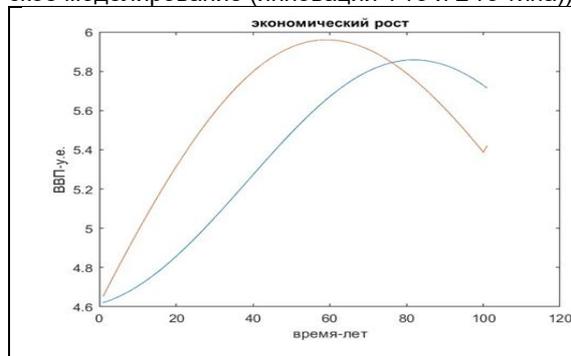


Рис. 4. Экономический рост системы, не использующей инновации (синий – страны В) и использующей инновации 1-го типа (Р-типа по Дж. Мокиру) (красный – страны А).

Источник: авторская разработка

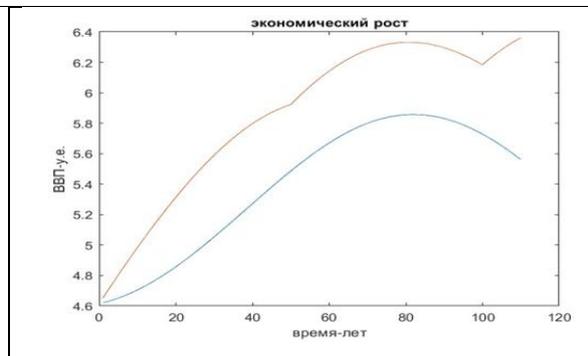


Рис. 5. Экономический рост системы, не использующей инновации (синий цвет – страна В) и использующей инновации 1-го и 2-го типа (красный цвет – страна А) (Р- и М-тип по Дж. Мокиру).

Источник: авторская разработка

В компаративных сценариях моделирования используются следующие обозначения: страна А - инновационная экономическая система, которая активно применяет инновации 1-го и/или 2-го типа; страна В - стационарная экономическая система, которая не применяет инновации либо применяет только инновации 1-го типа. На графиках динамика ВВП страны А обозначена красным цветом, а страны В - синим цветом.

Сценарий 1. Используются только инновации 1-го типа (Р-тип).

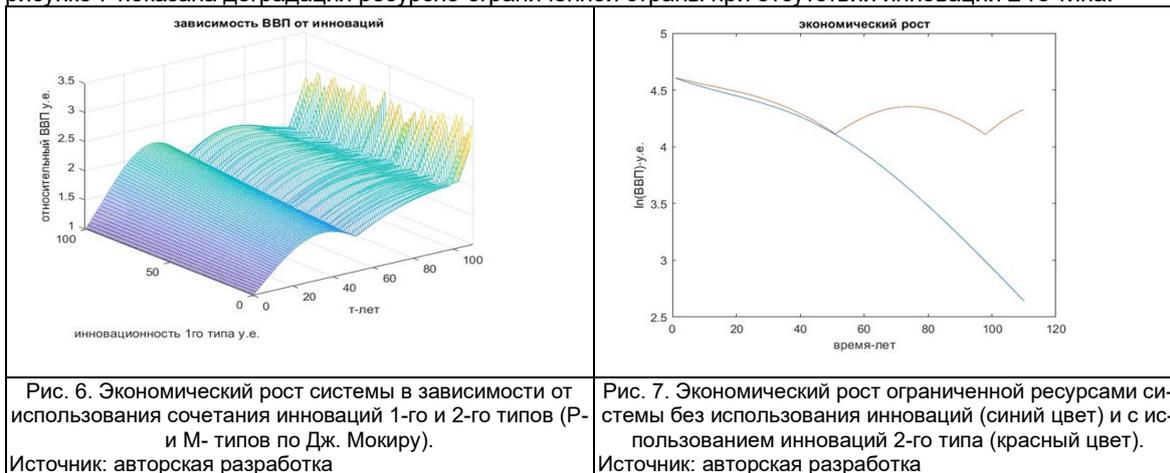
На рисунке 4 представлена сравнительная эволюция инновационной страны А по отношению к стационарной стране В при использовании исключительно инноваций 1-го типа. В данном конкретном примере КПД страны А в смысле эффективности оценивания рыночных стоимостей примерно на 20% выше КПД страны В. При использовании инноваций только 1-го типа наблюдается ожидаемое ускорение экономического роста с последующим ускоренным проеданием ресурсов и катастрофическим падением ВВП.

Сценарий 2. Используются инновации 1-го и 2-го типа (P- и M-тип).

Результаты цифрового моделирования (см. рис. 5) показывают, что инновации 2-го типа обеспечивают долгосрочный устойчивый прогресс и воспроизводят квазипериодические колебания, интерпретируемые как циклы Кондратьева, без введения дополнительных искусственных допущений. На рисунке 6 представлена сравнительная эволюция страны В и страны А при одновременной работе инноваций 1-го и 2-го типа. Совместное применение инноваций двух типов (см. рис. 5 и 6) позволяет провести сравнительную оценку их вклада на краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных (по времени) горизонтах. В терминологии Дж. Мокира это соответствует синхронной активации знаний P-типа и M-типа. При этом в модели естественным образом воспроизводятся слабо детерминированные длинноволновые циклы.

Сценарий 3. Ресурсно-ограниченная страна без инноваций 2-го типа.

Поскольку ключевым фактором устойчивого прогресса и цикличности выступает наличие доступных ресурсов, то для нас представляет интерес анализ поведения модели при стартовом сокращении ресурсной базы на порядок. Такая ситуация характерна для стран с ограниченными природными запасами. На рисунке 7 показана деградация ресурсно-ограниченной страны при отсутствии инноваций 2-го типа.



Сценарий 4. Страна с ограниченными ресурсами использует инновации двух типов.

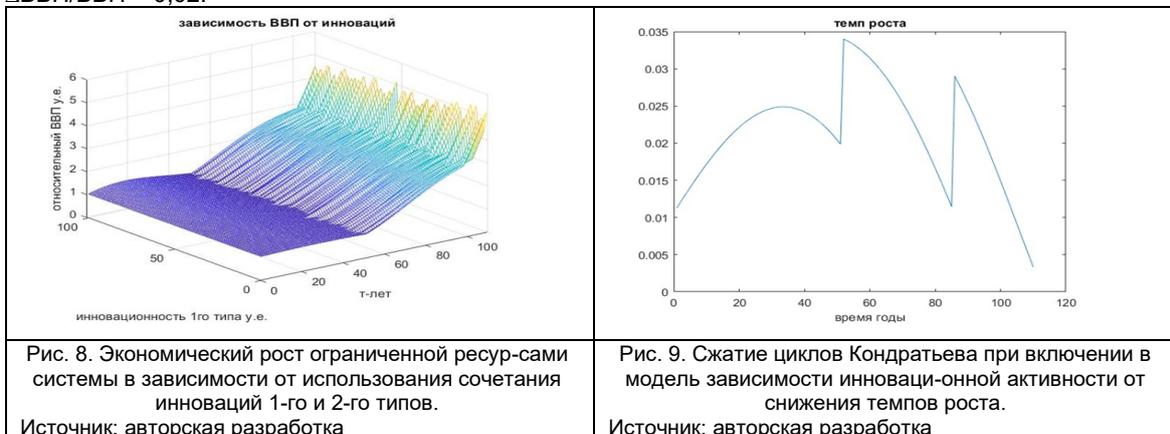
На рисунке 8 представлена в компаративном формате эволюционная траектория страны с ограниченными ресурсами при одновременном включении механизмов генерации инноваций 1-го и 2-го типа. Сравнительный анализ рисунков 6 и 8 позволяет заключить, что во всех сценариях воспроизводятся циклы Кондратьева, при этом инновации 2-го типа играют определяющую роль в обеспечении долгосрочной устойчивости.

Сценарий 5. Зависимость инновационной активности от темпов роста.

Отдельного исследования требует феномен роста инновационной активности при замедлении темпов экономического роста, наблюдаемый эмпирически и постулируемый лауреатами Нобелевской премии 2025 года. В логике экспериментального планирования данный эффект может быть проиллюстрирован моделью полного включения инноваций 2-го типа при одновременном выполнении двух условий:

- 1) наличия технологического открытия (самой инновации 2-го типа);
- 2) снижения темпов роста ВВП ниже порогового значения.

На рисунке 9 представлен типичный результат численного эксперимента для обеспеченной ресурсами страны. В нашем случае частота открытий принята по Капице (~1/30 лет), пороговое значение $\Delta ВВП/ВВП < 0,02$.



Наиболее существенным результатом серии проведенных экспериментов является эффект «сжатия» циклов Кондратьева в процессе эволюции, что согласуется с эмпирическими оценками других авторов (см. таб. 1 [7]).

Полученные нами результаты и указанные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что продолжительность циклов Кондратьева сокращается. Действительно, первый цикл длился около 60 лет, продолжительность второго и третьего составила около 50 лет, продолжительность четвертого и пятого циклов была уже около 40 лет. Ожидается, что продолжительность формируемого шестого цикла будет около 30 лет.

3.3. Сценарии «созидательного разрушения»

Концепция «созидательного разрушения» Й. Шумпетера получает наглядную иллюстрацию в работах ряда авторов² [19], [20]. В данной модификации эволюционной модели отрасль, генерирующая знания, выделена в отдельную подотрасль, финансирование которой обеспечивает генерацию инноваций двух типов. В отличие от предыдущих экспериментов, стартовый капитал агентов, склонных к инновациям, принимался близким к нулю. В процессе эволюции наблюдается банкротство («разрушение») агентов, обеспеченных капиталом, но не использующих инновации, и ускоренный рост («созидание») агентов, активно использующих инновации.

Таблица 1

Кондратьевские волны, технологические уклады и ведущие макросекторы

К-волны	Даты	Новый технологический уклад	Ведущий макросектор	Принцип производства и номер его фазы
1	2	3	4	5
Первая	1780–1840 гг.	Текстильная промышленность	Сектор легкой промышленности	Промышленный, 3
Вторая	1840–1890 гг.	Железные дороги, уголь, сталь	Сектор добывающей и первичной тяжелой промышленности и транспорта	Промышленный, 4
Третья	1890–1940 гг.	Электричество, химия, тяжелое машиностроение	Сектор вторичной тяжелой промышленности и машиностроения	Промышленный, 5/6
Четвертая	1940 – начало 1980-х гг.	Автомобили, искусственные материалы, электроника	Сектор общих услуг	Промышленный, 6 Научно-информационный, 1
Пятая	1980–2020 гг.	Микроэлектроника, персональные компьютеры	Сектор высоко-квалифицированных услуг	Научно-информационный, 1/2
Шестая	2020/30-е – 2030/50-е – 2070 гг.	Нанотехнологии, биотехнологии, новые медицинские технологии, новые технологии управления процессами (МАНБРИК-технологии)	Сектор медико-гуманитарных услуг	Научно-информационный, 2/3

Сценарий 6. Минимальное финансирование науки и инноваций

На рисунке 10 показан результат работы принципа «созидательного разрушения» при минимальном финансировании науки и инноваций. Агенты (фирмы), обладающие значительным стартовым капиталом, но низкой инновационной активностью, автоматически исключаются из системы.

Сценарий 7. Максимальное финансирование науки и инноваций

На рисунке 11 (в отличие от рис. 10) показан сценарий пятикратного увеличения финансирования науки и инновационной деятельности. Сравнение следует проводить с учётом фактического уровня инвестиций в инновации в России и странах-лидерах по финансированию НИОКР. Очевидно, что такие вложения существенно влияют на темпы роста агентов и, следовательно, национальной экономики в целом.

Представленные результаты моделирования показывают, что агенты, имеющие меньший стартовый капитал, но применяющие инновационные стратегии, демонстрируют ускоренный рост отчасти за счёт перетока к ним капитала от агентов, не применяющих инновации. В этом и заключается автоматический механизм «созидательного разрушения»: исключению из системы подлежат субъекты, чья эффективность ниже средней по экономической системе в силу «неинновационности» их рыночного поведения.

3.4. Сценарии влияния ИИ на инновационную динамику

К вышеприведенным моделям оптимистичных сценариев, когда ИИ в части инноваций мультиплицирует обычные «доинтеллектуальные» инновации 1-го и 2-го типов, безусловно, необходимо добавить моделирование сценариев, при которых ИИ повышает среднюю эффективность. Очевидно, что в таком случае имеет место снижение разнообразия агентов, а также переключение ресурсов и энергии с инноваций 2-го типа на инновации 1-го типа, которые с применением ИИ дают очевидную отдачу 5–20% (например, в энергетике и логистике).

² Perez, C., Leach T.M. (2022). Technological revolutions: which ones, how many and why it matters: a neo-Schumpeterian view (BEYOND4.0 deliverable D7.1). London: BEYOND-4.0. Available at: <https://www.beyond4-0.eu/>.

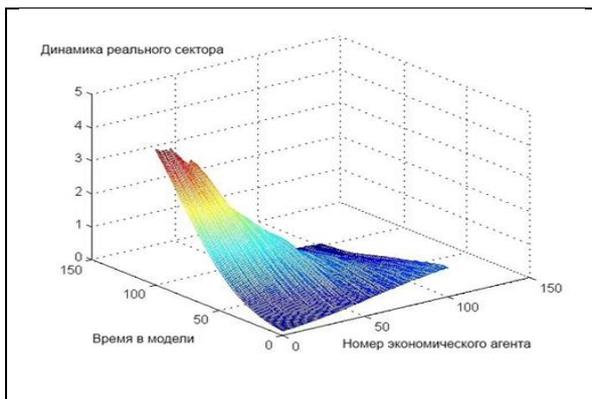


Рис. 10. Работа принципа «созидательного разрушения» при минимальном финансировании науки и инноваций. Источник: авторская разработка

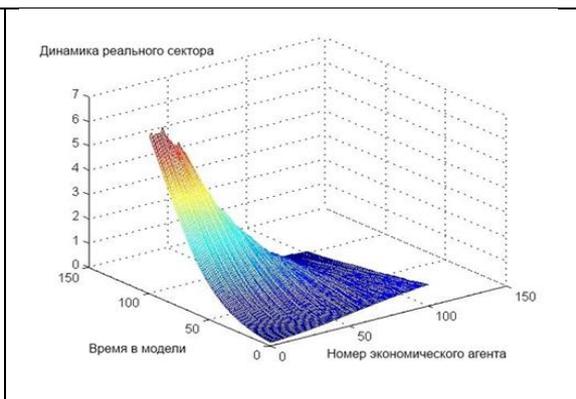


Рис. 11. Работа принципа «созидательного разрушения» при максимальном финансировании науки и инноваций. Источник: авторская разработка

Сценарий 8. ИИ-инновации 1-го типа, блокировка разнообразия

На рисунке 12 представлены результаты моделирования: ИИ-инновации 1-го типа, рост средней эффективности на 20%, блокировка разнообразия, сохранение инноваций 2-го типа (частоты открытий).

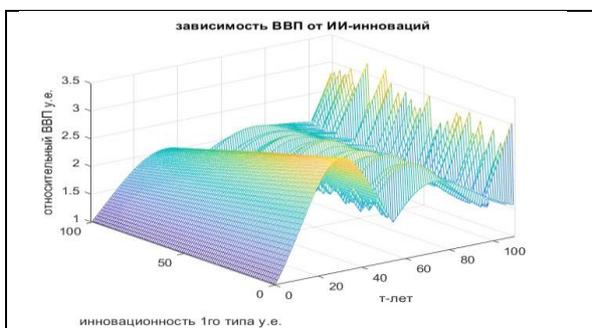


Рис. 12. ИИ-инновации 1-го типа. Рост средней эффективности на 20%. Блокировка разнообразия. Сохранение инноваций 2-го типа (частоты открытий). Источник: авторская разработка

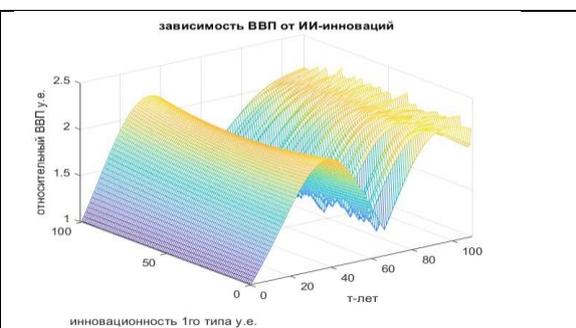


Рис. 13. ИИ-инновации 1-го типа. Рост средней эффективности на 20%. Сохранение динамики разнообразия. Снижение частоты открытий на 20%. Источник: авторская разработка

Сценарий 9. ИИ-инновации 1-го типа, снижение частоты открытий

На рисунке 13 представлены результаты моделирования эволюции экономической системы и улучшения с помощью ИИ средней эффективности агентов на 20%. Одновременно происходит блокирование естественного расширения многообразия агентов. Инновации 2-го типа индифферентны по отношению к ИИ. Интегральные результаты в этом случае явно негативны.

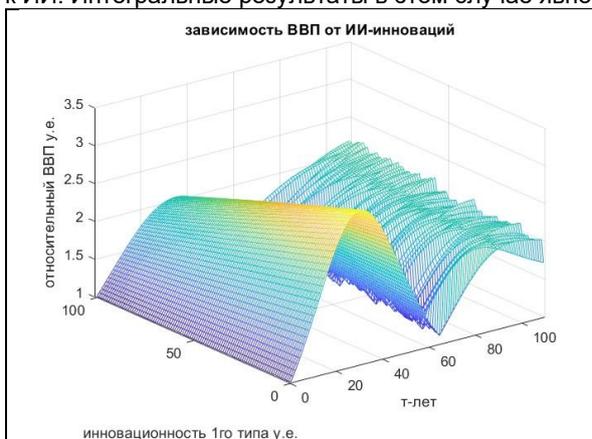


Рис. 14. ИИ-инновации 1-го типа. Рост средней эффективности на 20%. Блокировка роста разнообразия. Снижение частоты открытий на 20%. Источник: авторская разработка

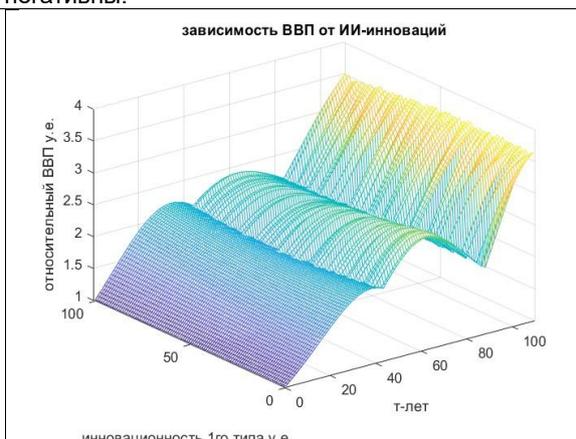


Рис. 15. ИИ-инновации 1-го и 2-го типа. Рост средней эффективности на 20%. Сохранение динамики разнообразия. Рост частоты открытий на 20%. Источник: авторская разработка

Сценарий 10. ИИ-инновации 1-го типа, блокировка разнообразия + снижение частоты открытий

На рисунке 14 моделируется эволюция, при которой ИИ не блокирует естественные инновации 1-го типа, но за счёт перетока инвестиций из генерации инноваций 2-го типа притормаживает на 10% среднюю частоту открытий. Наиболее значимым результатом этого варианта ИИ-инноваций может быть срыв циклов Кондратьева с вероятным длительным застоем.

Сценарий 11. Сверхоптимистичный вариант ускорения ИИ-инноваций

И, наконец, на рисунке 15 представлены результаты моделирования сверхоптимистичного варианта ускорения ИИ-инноваций как 1-го, так и 2-го типа на 20%: рост средней эффективности 20%, сохранение динамики разнообразия, рост частоты открытий 20%.

4. Обсуждение

4.1. Интерпретация модельных результатов в контексте циклов Кондратьева

На основе полученных в ходе проведенных исследований результатов и общих модельных оценок можно утверждать, что инновации 1-го типа способны значимо повысить КПД экономической системы и ускорить освоение ресурсов. Применительно к экономической системе России они не могут, в отличие от инноваций 2-го типа, принципиально повысить вероятность ее выживания. Следовательно, инновации 1-го типа не могут быть главным и первым вопросом перспектив будущего развития экономики России. Обязательно должны быть готовые инновации 2-го типа и механизмы для их генерирования.

4.2. Психологические ограничения генерации инноваций 2-го типа

На фоне исчерпания традиционных ресурсов проблематика, связанная с психологическими основами инновационного развития, приобретает все большее значение. Понимание того, как различные когнитивные и нейрофизиологические факторы влияют на генерацию инноваций 1-го и 2-го типа, становится критически важным для разработки эффективных стратегий экономического роста.

Современная когнитивная психология систематизирует барьеры перехода от инкрементальных улучшений к радикальным инновациям в трех измерениях [9], [21]: когнитивное (функциональная фиксированность, подтверждающее смещение, когнитивная ригидность); аффективное (страх неопределённости, нетолерантность к когнитивному диссонансу, тревожность); средовое (отсутствие психологической безопасности, экзтрузивная мотивация, организационная инерция).

Важным фактором выступает толерантность к неопределенности. В результате проведенных исследований подтверждена ее устойчивая положительная корреляция с достижениями в области радикальных инноваций. Напротив, для инкрементальных улучшений этот предиктор остается статистически незначимым [22], [23], [24].

Когнитивная гибкость или способность переключаться между конфликтующими когнитивными сетями выступает ключевым исполнительным механизмом преодоления этих барьеров при переходе от инноваций 1-го к инновациям 2-го типа [25] (Diamond, 2013).

4.3. Роль ИИ: инструмент поддержки vs замена человеческого инсайта

В приведенном выше анализе в качестве возможных детерминирующих факторов были выбраны дивергентное мышление, толерантность к неопределенности и когнитивная гибкость. Выявлена закономерность, согласно которой инновации 2-го типа требуют специфической нейродинамики (инсайт, снижение контроля), тогда как инновации 1-го типа опираются на аналитические сети. Выдвинутые гипотезы о наличии барьеров подтвердились. Обнаружены интересные тенденции к наличию связи между парадоксальным мышлением и успешным балансированием инновационных портфелей.

В контексте предложенной модели ключевым различием между инновациями 1-го и 2-го типов является не степень новизны, а характер воздействия на ресурсную базу системы. Если инновации 1-го типа оптимизируют использование существующих ресурсов (конвергентное мышление), то инновации 2-го типа принципиально расширяют доступный набор ресурсов (дивергентное мышление, инсайт). Для экспериментальной проверки гипотезы о способности ИИ генерировать инновации 2-го типа необходима операционализация этого понятия в терминах, пригодных для анализа текстовых или проектных выходов нейросетей.

В рамках данной работы предлагается операционализировать инновации 2-го типа для анализа ИИ-выходов через метрики «расширения концептуального пространства». Ключевыми индикаторами могут выступать:

- 1) семантическая дистанция решения от существующего корпуса знаний [26];
- 2) индекс концептуального blending, отражающий объединение удалённых доменов [18];
- 3) метрика преодоления функциональной фиксированности [27].

4.4. Гипотеза для эмпирической проверки

Выходы современных генеративных моделей ИИ демонстрируют высокие показатели по метрикам оптимизации и беглости идей (инновации 1-го типа), но статистически значимо уступают человеческим экспертам по метрикам семантической дистанции и преодоления функциональной фиксированности в задачах, требующих качественного расширения ресурсной базы (инновации 2-го типа).

Данная гипотеза согласуется с нейрокогнитивными данными о том, что подлинный инсайт требует специфической динамики межполушарного взаимодействия и временного снижения топ-даун контроля, которые на текущем уровне развития ИИ моделируются, но не воспроизводятся в полном объеме [10], [11], [18].

4.5. Политические импликации для российской экономики

Интеграция психологических знаний в стратегию инновационного развития позволяет не только объяснить наблюдаемую в экономике доминанту инноваций 1-го типа (что соответствует естественной склонности когнитивной системы минимизировать неопределенность и когнитивные затраты), но и разработать методы целенаправленной стимуляции генерации инноваций 2-го типа.

Для обеспечения выживаемости экономической системы в долгосрочном периоде в условиях истощения традиционных ресурсов критически важно:

- сознательно балансировать инвестиции в оба типа инноваций с учетом их различной психологической природы и временной динамики эффектов];
- внедрять структурную амбидекстерность: отдельные KPI, бюджеты и команды для инноваций 1-го и 2-го типа снижают внутренний конфликт и повышают эффективность [28], [29];
- развивать когнитивную инфраструктуру: тренинги толерантности к неопределенности, парадоксального мышления и когнитивной гибкости для ключевых субъектов инновационной деятельности [30], [25];
- синхронизировать инновационные стратегии с циклами Кондратьева: концентрация инвестиций в радикальные инновации в фазе депрессии (согласно модели Перес - период между окончанием установки и началом развертывания) и на оптимизацию - в фазе подъема (по Перес, в период развертывания) [15];
- использовать ИИ как инструмент поддержки, а не замены человеческого инсайта при генерации инноваций 2-го типа³.

Применительно к современному этапу развития российской экономики одновременная активизация инноваций 1-го и 2-го типов с учетом их психологических оснований представляет собой оптимальный вариант выхода на устойчивый рост вероятности выживания страны в условиях ужесточения внешних ограничений.

5. Заключение

Полученные в ходе проведенных исследований результаты позволяют сформулировать следующие выводы.

На основе общих модельных оценок можно утверждать, что инновации 1-го типа способны значимо 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.

Критически важным для разработки эффективных стратегий экономического роста и инновационного развития становится понимание психологических основ влияния различных когнитивных и нейрофизиологических факторов на генерацию инноваций 1-го и 2-го типа.

Выявлена закономерность, согласно которой инновации 2-го типа требуют специфической нейродинамики (инсайт, снижение контроля ДЛПК), тогда как инновации 1-го типа опираются на аналитические сети. Выдвинутые гипотезы о наличии барьеров подтвердились. Обнаружены интересные тенденции к наличию связи между парадоксальным мышлением и успешным балансированием инновационных портфелей.

Для долгосрочной выживаемости экономической системы в условиях истощения традиционных ресурсов критически важно не просто увеличивать объем инновационной активности, но сознательно балансировать инвестиции в инновации двух типов с учетом их различной психологической природы и временной динамики эффектов.

Скорее всего, различные культурные ориентиры и социальные установки влияют на восприятие инноваций сложным, многогранным образом. Понимание этих взаимосвязей может помочь разработать более точные и культурно адаптированные подходы к стимулированию инновационной деятельности.

Литература

1. Грачев И.Д., Ларин С.Н., Ноак Н.В. Моделирование инноваций, увеличивающих технологическую эффективность и ресурсную базу // Цифровая экономика, 2025. №3(33). С. 26-32. DOI: 10.34706/DE-2025-03-03.
2. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. – М.: Экономика, 2002. – 765 с.
3. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / пер. с нем. В.С. Автономова, М.С. Любского, А.Ю. Чепуренко и др. – М.: Эксмо, 2008. – 864 с.
4. Korotayev, A. & Tsirel, S. (2010). A Spectral Analysis of World GDP Dynamics: Kondratieff Waves, Kuznets Swings, Juglar and Kitchin Cycles in Global Economic Development, and the 2008-2009 Economic Crisis. Structure and Dynamics: e-Journal of Anthropological and Related Sciences. 4. DOI: 10.5070/SD941003306.

³ Amy C. Edmondson, Derrick P. Bransby. 2023. Psychological Safety Comes of Age: Observed Themes in an Established Literature. Annual Review Organizational Psychology and Organizational Behavior. 10:55-78. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-120920-055217>

5. Derbentsev, V.D., Ovcharenko, A.A., Datsenko, N.V., & Hrabariev, A.V. (2021). Cross-spectral analysis of long-term economic cycles. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Economics"*, 8(4), 53-59. DOI: 10.52566/msu-econ.8(4).2021.53-59.
6. Focacci, C., Perez, (2022) The importance of education and training policies in supporting technological revolutions: A comparative and historical analysis of UK, US, Germany, and Sweden (1830-1970). *Technology in Society*, Volume 70, August 2022, 102000. DOI: 10.1016/j.techsoc.2022.102000.
7. Гринин Л.Е., Гринин А.Л., Коротаев А.В. Кибернетическая революция, шестой длинный цикл Кондратьева и глобальное старение // *AlterEconomics*. 2022. Т. 19. № 1. С. 147-165. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-1.9.
8. Benedek, M. (2024). On the relationship between creative potential and creative achievement: Challenges and future directions. *Learning and Individual Differences*, 110, 102424.
9. Abraham, A. (2018). The neuropsychology of creativity. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 27, 77-83.
10. Kounios, J., & Beeman, M. (2023). The cognitive neuroscience of insight: Progress and prospects. *WIREs Cognitive Science*, 14(5), e1678. DOI: 10.1002/wcs.1678.
11. Beaty, R.E., Benedek M., Kaufman S.B., Silvia P.J. Default and Executive Network Coupling Supports Creative Idea Production. *Sci Rep*. 2015 Jun 17; 5:10964. DOI: 10.1038/srep10964. PMID: 26084037; PMCID: PMC4472024.
12. Lin, Y.K., Maruping, L.M. (2025). Organizing for AI Innovation: Insights From an Empirical Exploration of US Patents. *MIS Quarterly*, 49(3), 1095-1122.
13. Arora, V., Thabane, A., Parpia, S., Calic, G., Bhandari, M. Generative artificial intelligence models outperform students on divergent and convergent thinking assessments. *Sci Rep*. 2025 Oct 22;15(1):36987. DOI: 10.1038/s41598-025-21398-4.
14. Orrù et al. Human-like problem-solving abilities in large language models using ChatGPT. *Front. Artif. Intell.*, 24 May 2023 Volume 6 – 2023. DOI: 10.3389/frai.2023.1199350.
15. Перес, К. (2011). Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания / Пер. с англ.). – М.: Изд-во «Дело». – 231 с.
16. Грачев И.Д., Ларин С.Н. Гибридные оценки прогресса гибридных экономических систем // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 2024. Том 20. № 2. С. 204-221. DOI 10.24891/ni.20.2.204.
17. Грачев И.Д., Волкова А.Д., Костина Т.А., Ларин С.Н., Ноак Н.В. Экспериментальные и модельные исследования влияния ИИ на эволюцию коллективного сознания // *Цифровая экономика* № 3(29), 2024. С. 38-44. DOI: 10.34706/DE-2024-03-05.
18. Jung-Beeman, M., Bowden, E.M., Haberman, J., Frymiare, J.L., Arambel-Liu, S., Greenblatt, R., Reber, P.J., & Kounios, J. (2004). Neural activity when people solve verbal problems with insight. *PLoS Biology*, 2(4), e97. DOI: 10.1371/journal.pbio.0020097.
19. Caiani, A. (2012). An Agent-Based Model of Schumpeterian Competition, *Quaderni di Dipartimento*, No. 176, Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Economia Politica e Metodi Quantitativi (EPMQ), Pavia. Available at: <https://hdl.handle.net/10419/95277>.
20. Herzer, D. (2022) Semi-endogenous Versus Schumpeterian Growth Models: A Critical Review of the Literature and New Evidence. *Review of Economics*, vol. 73, no. 1, pp. 1-55. DOI: 10.1515/roe-2021-0023.
21. Abraham, A. (2025). Why the standard definition of creativity fails to capture the creative act. *Theory & Psychology*. Advance online publication. DOI: 10.1177/09593543241290232.
22. Stoycheva, K. (2010). Tolerance for ambiguity, creativity, and personality. *Bulgarian Journal of Psychology*, 1-4, 178-189.
23. McLain, D. L., Kefallonitis, E., & Armani, K. (2021). Ambiguity tolerance in organizations: Definitional clarification and perspectives on future research. *Frontiers in Psychology*, 12, 681401. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.681401.
24. Belousova, A.K., Samarskaya, A.V., & Kryazhkova, E.V. (2021). The relationship between tolerance for uncertainty and creativity among high school students with a critical style of thinking. *Vestnik of Samara State Technical University. Series Psychological and Pedagogical Sciences*, 18(2), 5-18. DOI: 10.17673/vsgtu-pps.2021.2.1.
25. Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
26. Benedek, M. (2024). On the relationship between creative potential and creative achievement: Challenges and future directions. *Learning and Individual Differences*, 110, 102424.
27. Duncker, K. (1945). On problem-solving. *Psychological Monographs*, 58(5), American Psychological Association, - 113 p. DOI: 10.1037/h0093599.
28. O'Reilly, C.A., Tushman, M.L. (2013). Organizational Ambidexterity: Past, Present, and Future. *The Academy of Management Perspectives*, 27(4), 324-338. DOI: 10.5465/amp.2013.0025.
29. Smith, W.K., Tushman, M.L. (2005) Managing Strategic Contradictions: A Top Management Model for Managing Innovation Streams. *Organization Science*, 16, 522-536. DOI: 10.1287/orsc.1050.0134.
30. Miron-Spektor, E., Vashdi, D. R., & Gopher, H. (2022). Bright sparks and enquiring minds: Differential effects of goal orientation on the creativity trajectory. *Journal of Applied Psychology*, 107(8), 1324-1342. DOI: 10.1037/apl0000982.

References in Cyrillics

1. Grachyov I.D., Larin S.N., Noack N.V. Modelirovanie innovacij, uvelichivayushhix technologicheskuyu e`ffektivnost` i resursnyuyu bazu // Cifrovaya e`konomika, 2025. №3(33). S. 26-32. DOI: 10.34706/DE-2025-03-03.
2. Kondrat`ev N.D. Bol`shie cikly` kon`yunktury` i teoriya predvideniya. – M.: E`konomika, 2002. – 765 c.
3. Shumpeter J.A. Teoriya e`konomicheskogo razvitiya. Kapitalizm, socializm i demokratiya / per. s nem. V.S. Avtonomova, M.S. Lyubskogo, A.Yu. Chepureno i dr. – M.: E`kmo, 2008. – 864 s.
4. Grinin L.E., Grinin A.L., Korotaev A.V. Kiberneticheskaya revolyuciya, shestoj dlinny`j cikel Kondrat`eva i global`noe starenie // AlterEconomics. 2022. T. 19. № 1. S. 147-165. DOI: 10.31063/ AlterEconomics/2022.19-1.9.
5. Grachev I.D., Larin S.N. Gibridny`e ocenki progressa gibridny`x e`konomicheskix sistem // Nacional`ny`e interesy`: priority` i bezopasnost`, 2024. Tom 20. № 2. S. 204-221. DOI 10.24891/ni.20.2.204.
6. Grachev I.D., Volkova A.D., Kostina T.A., Larin S.N., Noack N.V. E`kspperimental`ny`e i model`ny`e issledovaniya vliyaniya II na e`volyuciyu kolektivnogo soznaniya // Cifrovaya e`konomika № 3(29), 2024. S. 38-44. DOI: 10.34706/DE-2024-03-05.

Сетевые ресурсы

1. Stettner, U., & Lavie, D. (2013). Ambidexterity under scrutiny: Exploration and exploitation via internal organization, alliances, and acquisitions. *Strategic Management Journal* (2014), 35(13), 1903-1929, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2328338>. Дата обращения: 11.03.2026.
2. Perez, C., Leach T.M. (2022). Technological revolutions: which ones, how many and why it matters: a neo-Schumpeterian view (BEYOND4.0 deliverable D7.1). London: BEYOND-4.0. Available at: <https://www.beyond4-0.eu/>. Дата обращения: 11.03.2026.
3. Amy C. Edmondson, Derrick P. Bransby. 2023. Psychological Safety Comes of Age: Observed Themes in an Established Literature. *Annual Review Organizational Psychology and Organizational Behavior*. 10:55-78. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-120920-055217>. Дата обращения: 11.03.2026.

Грачёв Иван Дмитриевич, д.э.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

Ноак Наталья Вадимовна – к.п.н., ведущий научный сотрудник
ЦЭМИ РАН, ORCID 0000-0001-8696-5767 n.noack@mail.ru

Ключевые слова

Циклы Кондратьева, инновации 1-го и 2-го типа, психологические механизмы, искусственный интеллект.

Ivan Grachev, Sergey Larin, The relationship between Kondratiev cycles, innovation, and artificial intelligence

Keywords

Kondratiev cycles, type 1 and type 2 innovations, psychological mechanisms, artificial intelligence.

DOI: 10.34706/DE-2026-01-08

JEL classification: E27 – Прогнозирование и моделирование: модели и их применение, O32 – Управление технологическими инновациями и разработками, O47 – Эмпирические исследования экономического роста, P51 – Сравнительный анализ экономических систем

Abstract

This article builds on the authors' previous publications in the field of evolutionary modeling of economic systems. Using the evolutionary development of the Covid-19 coronavirus population as an example, it is shown that, to increase its survival probability, it employs two fundamentally different types of mutations: those that increase the efficiency of resource development (Type 1) and those that qualitatively expand its resource base (Type 2). The article proposes applying a similar approach to the innovative development of real economic systems.

Particular attention is paid to the psychological mechanisms that generate these two types of innovation and the role of artificial intelligence in this process. The problem of identifying the relationship between cognitive processes and types of innovation was solved using an analysis of modern meta-analytic and neuroimaging studies. A tendency toward a direct relationship between divergent thinking and radical innovation, as well as an inverse relationship between cognitive rigidity and Type 2 innovation, was identified. The need to balance investments in innovation development, taking into account psychological barriers, is substantiated.