

ЭКОНОМИКА ЗНАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ

ОРИГИНАЛЬНАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

УДК: 330.341.1

JEL: C13 O32 O33

EDN: KPSGYA

«Экономика технологий»: принципы развития и оценка потенциала

О.С. Сухарев

Институт экономики Российской академии наук, <https://ror.org/05qrfxd25>, Москва,
Российская Федерация; e-mail: o_sukharev@list.ru

Аннотация. В статье рассматривается относительно новое научное направление «экономика технологий», которое является частью более широкого направления «экономики научно-технического прогресса» и изучает закономерности появления, внедрения, эксплуатации, вывода и конкуренции технологий, а также процессы технологического замещения, дополнения и развития технологий. Цель исследования – определение основных принципов развития научного направления «экономики технологий» и собственно технологического развития, а также применение авторской доктрины «двух потенциалов» в рамках количественной оценки технологического потенциала при осуществлении технологического выбора. Методологию составляет теория технологического развития, «экономики технологий», доктрина «двух потенциалов» – текущего и перспективного. Результатом работы является набор принципов технологического развития и «экономики технологий» как исследовательского направления, а также подход к оценке технологического потенциала и методика осуществления выбора технологического решения при замещении импортной либо устаревшей технологии. Данный подход позволяет дать качественную оценку имеющегося набора базовых технологий в рамках конкретного технологического направления, вида деятельности или даже отрасли. При этом требуется учитывать и то обстоятельство, что даже один импортный элемент в рамках какой-либо технологии может сдерживать её развитие и формировать довольно высокую зависимость от внешних технических решений, а также не позволять придать ей статус полностью отечественной технологии. В связи с этим необходима качественная оценка содержания технологии, её дополнительных характеристик, обеспечивающая адекватность технологического выбора. Созданный в рамках данной статьи инструментарий существенно продвигает развитие «экономики технологий» как научного направления на теоретическом и методико-измерительном уровнях анализа. Показана методика сравнительной оценки технологий в сфере микроэлектроники с демонстрацией вариантов выбора в ситуации замещения импортной технологии и отказа от устаревшей технологии в пользу новой отечественной технологии.

Ключевые слова: «экономика технологий», технологический потенциал, принципы развития, технологичность, текущий и перспективный потенциал, технологии микроэлектроники, доктрина двух потенциалов

Информация о финансировании: Данное исследование выполнено без внешнего финансирования.

Для цитирования: Сухарев, О.С. (2026). «Экономика технологий»: принципы развития и оценка суверенитета. *Экономика науки*, 12(1), 49–64. EDN: KPSGYA

ECONOMICS OF KNOWLEDGE AND TECHNOLOGY

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

JEL: C13 O32 O33

EDN:KPSGYA

“Economics of technology”: principles of development and potential assessment**O.S. Sukharev**Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences, <https://ror.org/05qrfxd25>, Moscow, Russian Federation; e-mail: o_sukharev@list.ru

Abstract. The paper considers a relatively new scientific direction “economics of technology”, which is part of a broader direction “economics of scientific and technological progress”, and studies the patterns of emergence, implementation, operation, withdrawal and competition of technologies, processes of technological substitution and addition, development of technologies. The purpose of the study is to determine the main principles of development of the scientific direction “economics of technology” and technological development itself, as well as the application of the author’s doctrine of “two potentials” in the framework of quantitative assessment of technological potential for making a technological choice. The methodology is the theory of technological development, “economics of technology”, the doctrine of “two potentials” – current and prospective. The result of the work is a set of principles of technological development and “economics of technology” as a research direction, as well as an approach to assessing technological potential and a methodology for choosing a technological solution when replacing imported or obsolete technology. It allows you to give a qualitative assessment of the existing set of basic technologies within a specific technological direction, type of activity or even an industry. Of course, it is necessary to take into account the fact that even one imported element within a technology can restrain its development and ensure a fairly high dependence on external technical solutions, as well as prevent it from being given the status of a completely domestic technology. In this regard, a qualitative assessment of the content of the technology, its additional characteristics is needed to ensure the adequacy of the technological choice. The tools created within the framework of this article significantly advance the development of the “economics of technology” as a scientific direction at the theoretical and methodological-measurement level of analysis. A methodology for comparative assessment of technologies in the field of microelectronics is shown, demonstrating the options for choosing in a situation of substituting imported and abandoning obsolete technology in favor of a new domestic technology.

Keywords: “economics of technology”, technological potential, principles of development, manufacturability, current and prospective potential, microelectronics technologies, two potential doctrine

Funding: This research received no external funding.

For citation: Sukharev, O.S. (2026). “Economics of technology”: principles of development and assessment of sovereignty. *Economics of Science*, 12(1), 49-64. EDN: KPSGYA

Введение

Современные достижения науки и техники формируют вектор социально-экономического развития (Анчишкин, 1986), а переход к новому мирохозяйственному укладу обусловлен формированием нового технологического уклада (Глазьев, 2018), причём не только шестого, но и перспективного седьмого, относительно которого редко сегодня ведётся полемика о том, каким он должен быть. Скорее всего, несмотря на прогресс в технологиях, вопросы ресурсной и экологической эффективности,

а также применение наилучших доступных технологий будут детерминировать современную повестку дня (Скобелев, 2020), поскольку технологическое развитие имманентно предполагает эффект экономии, вшитый в разработку новых способов воздействия на ресурсы и объекты. Эти способы всегда имеют экологические следствия, оказывая негативное влияние на окружающую среду. Поэтому оценку технологического суверенитета (независимости) и соответствующей политики вряд ли можно осуществить правдоподобно (Глазунова, 2024; Ponte et al.,

2023)¹, если не учитывать научный и технологический потенциал страны, позволяющий обеспечить решение задачи по достижению независимого развития в этой области (Сухарев, 2024, 2025).

«Экономика технологий» (Сухарев, 2024) как довольно новое научное направление² предполагает наличие самостоятельных принципов и исследовательских задач, решение которых позволяет продвинуться в области управления технологическим развитием, выработать меры технологической политики, а также институционально организовать экономику таким образом, чтобы обеспечить внедрение и разработку новых технологий как способов производства, преобразования ресурсов и изменения состояния объектов.

Важно обозначить принципы развития технологий и происходящих технологических изменений, выделяя принципы решения задач технологического выбора, а также развития научного направления «экономики технологий». Это направление представляет собой набор аккумулируемых (накапливаемых) знаний о происходящих явлениях в технологической области как специфическом объекте исследования, где процесс принятия решения не детерминирован материальной выгодой, или некой полезностью, имеющей утилитарное

содержание, как в области потребительского выбора. Технологический выбор может быть детерминирован необходимостью дальнейшего решения технических задач, сбережением природы (Ahmad et al., 2023), обеспечением независимости в дальнейшем развитии науки и техники и иными обстоятельствами. Кроме этого, значение имеет предмет и методы исследования – изучения наблюдаемых либо открываемых явлений в области технологических изменений (технологического прогресса). Объект исследования включает на макроуровне технологические уклады и «экономику знаний», представленную в виде самостоятельного сектора хозяйственной системы, на мезоуровне – региональные и территориальные системы, использующие те или иные технологии, и на микроуровне – корпорации и фирмы, осуществляющие технологические изменения различных видов и назначения. На различных уровнях рассмотрения главное усилие направлено на анализ собственно технологий по ядру или периферии, оценку происходящих изменений, способов совершенствования, технологического замещения (Chaturvedi, 2023; Wang & Lin, 2021) или дополнения, а также обоснование управленческих решений в каждом конкретном случае.

Предметом исследования «экономики технологий» (Сухарев, 2024) выступают экономические и управленческие отношения между различными задействованными субъектами по поводу создания (генерации), ввода в эксплуатацию, и вывода из неё, совершенствования технологий как способов производства и методов воздействия на различные объекты или изменения их состояния, а также принятия решений (данное направление охватывает разнообразные технологии). Методология этого научного направления охватывает широкий класс методов экономического и технико-экономического анализа, модели инновационного роста, методы измерения технологического потенциала и суверенитета (Сухарев, 2025). Вместе с тем данное поле анализа требует дальнейших усилий, как и сфера принятия решений по стимулированию научно-технологического прогресса, что подтверждается многочисленными исследованиями. В частности,

¹ Так в исследовании А. Понте с соавторами (Ponte et al., 2023) акцентируются два вопроса: доступ стран и фирм к новым технологиям, и способы преодоления стратегических зависимостей, чтобы остаться конкурентоспособными, а точнее – нарастить конкурентоспособность. Авторы предлагают агрегатную метрику – индекс технологического суверенитета (TSI), который был подвергнут аргументированному критическому осмыслению в ряде работ российских авторов (Сухарев, 2024; Глазунова, 2024). Хотя применительно к отдельно взятой технологии либо технологическому направлению (например, рынку мобильной связи) такая агрегация вполне допустима, хотя и мало что проясняет, поскольку важен анализ отдельных элементов этого индекса и отдельных технологических возможностей по ядру и периферии, а также учёт технологического потенциала – текущего и перспективного (Сухарев, 2025). Низкий суверенитет по технологиям в области мобильной связи 5G авторы объясняют нехваткой человеческого капитала и слабым развитием аутсорсинга. Иными словами, речь идёт о стратегической зависимости, поскольку преодолеть указанные факторы быстро не представится возможным, хотя в исследовании и отмечаются потенциальные возможности для этого.

² Экономику технологий можно рассматривать как составную часть более широкой области – «экономики научно-технологического прогресса», но, в силу специфики самих технологий как объекта исследования, выявляются новые особенности и методы функционирования и управления субъектами, применяющими те или иные технологии (Сухарев, 2024)

можно создавать патентоспособные технологии в производстве, активизируя роль университетских исследований, но остаётся не вполне ясно, насколько новые патенты на изобретения позволяют оценить созданное знание (Acosta et al., 2020).

Исследование корреляционной связи между «экономикой знаний» и рядом макроэкономических показателей (затраты на НИОКР, численность научных кадров, темп роста ВВП и его величина на душу населения, индекс человеческого развития и факторная производительность) показало, что для стран ОЭСР (США, Канада, Франция, Германия, Япония, Южная Корея) значимая связь между затратами и численностью исследователей выявляется только у двух стран. По другим показателям сопоставимой картины для рассмотренных государств не наблюдается (Mégnybêto, 2018). Например, внедрение технологий искусственного интеллекта для модернизации энергетической структуры китайской экономики показало наличие U-образной связи, то есть, имелся участок, на котором влияние технологий ИИ на модернизацию было негативным. При этом общий результат зависел от региона страны, а государственные инвестиции в науку и технологии существенно смягчали установленную в исследовании U-образную связь, описывающую применение технологий ИИ (Lee & Yan, 2024).

Развитие интеллектуального капитала фирм детерминирует открытые инновации (Barrena-Martínez et al., 2020), на которые воздействуют и формы защиты интеллектуальной собственности, то есть институциональный режим организации «экономики технологий» (Grimaldi et al., 2021; Сухарев, 2025). Однако различные элементы интеллектуального капитала могут по-разному влиять на производительность (Oppong & Pattanayak, 2019).

Приведенные примеры различных исследований подтверждают неоднозначность, высокую сложность и даже противоречивость развития технологических областей в разных странах, а также высокую детерминацию от исходных условий. Даже высокий темп технологических изменений может не отразиться на темпе экономического роста (ВВП страны), как это наблюдалось в эпоху первой

промышленной революции и получило название «парадокса быстрой индустриализации» (Crafts, 2005). В качестве причин обычно указывают незначительную стоимость полезного знания и внутреннюю замкнутость инновационной системы. Однако представляется, что более значимыми факторами были невысокая эффективность технологий, ограниченность их распространения и тиражирования, скромные эффекты масштаба.

В настоящее время наблюдается так называемый эффект «двойной циркуляции» (Wu & Chen, 2023), сводимый к взаимному усилению изменений на уровне университетов, генерирующих новое технологическое знание, и на уровне внедрения новых технологий в производство. С одной стороны, это обеспечивает усиление потоков научно-технической информации, а с другой – способствует генерации и внедрению нового технологического знания.

Суммируя, отметим, что исследования дают различные многочисленные аспекты технологического развития – от создания до применения и конкуренции в области технологий, но без оценки их потенциала. При этом не учитывается, что потенциал задаётся как текущими возможностями эксплуатации технологической базы, так и возможностями, которые могут возникнуть, но требуют дополнительных оценок и измерений (Сухарев, 2025). В итоге не формируется полноценная картина причин зависимости в области технологий, что накладывает ограничения на государственные решения в сфере научно-технологической политики (Amann, 2002; Bassens & Hendrikse, 2022). Суверенитет в технологиях предполагает также суверенитет в области науки и образования, финансов и что наиболее важно – в принятии правительственных решений (Edler et al., 2023; Сухарев, 2025).

Общим результатом высокой скорости технологических изменений становится повышение уровня автоматизации многочисленных процессов (Erebak & Turgut, 2021; Eum & Lee, 2022), что порождает различные эффекты адаптации и модели функционирования систем «человек-машина», что также составляет тематику изучения в рамках «экономики технологий».

Исследование Стефано Магистретти с соавторами (Magistretti et al., 2020) подтверждает, что генерация спроса и предложения на новые технологии происходит с разной интенсивностью, но перманентно. Однако природа и механизм этого процесса остаются неясными, как и вопрос относительно разработки новых технологий и управления их внедрением и совершенствованием. Известно, что время разработки сокращается, а скорость изменений – растёт, но у этих двух процессов имеется объективный предел. Превосходство в технологиях детерминировано новизной и экономией, природа которых пока не раскрыта. Стандартизация технологий и институтов их развития в настоящее время находится на низком уровне, однако все же они влияют на появление новых технологий, что составляет задачу для дальнейших исследований (Jiang et al., 2018). Очевидно следующее: кто первым сгенерирует институты учёта и измерения технологий, создавая в ближайшем будущем и стандарты, тот и будет контролировать процессы и занимать ведущие позиции в области «экономики технологий» как новой эры современного общественного развития, основанной на достижениях научно-технического прогресса, реализующей во всё большей мере комбинаторный принцип получения знаний и новых результатов.

Таким образом, вырисовывается новая область для исследования процессов изменения технологий – «экономика технологий», и целью настоящей работы является определение базовых принципов этого научного направления и развитие доктрины «двух потенциалов» технологического развития (Сухарев, 2025), с формированием методики оценки качества по рассматриваемому набору сравниваемых технологий из одного технологического направления. Это позволит в будущем сформировать методику оценки и технологического суверенитета, и потенциала, и ввести новые учётно-измерительные единицы и процедуры в рамках статистического измерения технологий и технологического развития. Методологию составляет структурный и таксономический анализ, эмпирические обобщения. Для достижения цели следует решить две основные

задачи. Во-первых, сформулировать основные принципы научного направления «экономики технологий», охарактеризовать её значимые характеристики и, во-вторых, дать общую методику оценки технологического потенциала согласно авторской доктрине «двух потенциалов» – текущего и перспективного. Далее перейдём к последовательному решению указанных задач.

Методология исследования «Экономика технологий»: основные принципы

«Экономика технологий» как научное направление предполагает формулировку двух групп принципов. Во-первых, это некие позиции или положения, которые имманентно присущи и получены только в рамках данного направления, причём обозначают как методы исследования, возможности поисковой работы, так и формулировку новых задач для решения, открытие новых закономерностей, то есть, составляют некую исследовательскую базу. Во-вторых, это принципы, характеризующие технологическое развитие как своеобразный объект исследования в рамках «экономики технологий». Следует отметить, что первая группа принципов совсем не означает отрицания базовых подходов в стандартном экономическом анализе. Она лишь конкретизирует применение этих методов в силу специфического объекта исследований – технологий, и предмета исследований – складывающихся отношений при создании, внедрении, конкуренции технологий. Именно особенности объекта и предмета изучения определяют следующие базовые принципы поисковой работы в рамках «экономики технологий»:

1. В качестве критерия анализа и принятия решения (управления) не действуют рационалистические критерии. Многокритериальность и разнонаправленность решений и технологического поведения составляют специфику самого экономического анализа технологического развития.
2. Высокая асимметрия информации по поводу разработки и внедрения технологий, научного поиска, предшествующего

созданию технологий, а также сложность и непредсказуемость предметных работ, которые могут вообще не завершиться созданием технологии, как и проводимые НИР в течение довольно длительного времени.

3. Отсроченная ценность знаний и технологий, которая со временем может резко увеличиться, а может и не возрасти либо снизиться. Это создаёт уникальность выбора и принятия решений в пользу того или иного технологического варианта. В силу указанного обстоятельства классические критерии эффективности перестают действовать и, например, технология, окупаемая через десять или более лет, может быть внедрена в силу значимых перспектив её использования (в частности, речь об атомной энергетике).
4. Необходимость управления не по принципу «цели – инструменты», хотя он не отрицается, а по принципу «распределённого управления», когда инструменты и решения в своём действии сразу охватывают набор целей, факторов развития, элементов экономической и технологической системы (цепочки).
5. При создании технологии, а также при проведении НИОКР для этой задачи утилитаристская концепция поведения агентов не применима, принцип извлечения выгоды не действует. Действует принцип «наслаждения результатом», получения нового знания либо способа, который обладает высоким совершенством либо характеристиками, которые в будущем приведут к эффектам экономии. Текущая выгода и полезность перестают быть критерием принятия решения, выдвигая на первый план принцип экономии, технологичности, решение научной или технической задачи. Тем самым, критерии, ориентированные на прибыль или количественный и узкоутилитарный результат, не могут применяться в научной и технологической области в чисто экономическом виде. «Экономика технологий» не предоставляет утилитарный набор критериев, вместо этого в каждом конкретном

случае применяется соответствующий ситуации подход, учитывающий особенности условий и требований в рамках траектории технологического развития. Например, в определенных условиях отказ от импортной технологической зависимости как критерий может иметь большее значение, чем показатели эффективности конкретной технологии.

Принципы технологического развития имеют более широкий набор и представлены в *таблице 1*, где приведена формулировка каждого принципа и раскрыто его краткое содержание. Именно наличие указанных свойств технологического развития определяет актуальность приведенных выше пяти принципов экономического анализа в рамках «экономики технологий».

Таблица 1 подчёркивает не только сложность самого технологического развития и реализации достижений науки в области техники и технологий, но показывает вместе с выше приведёнными пятью принципами «экономики технологий», насколько трудна исследовательская область и постановка многих задач, которые проблематично решить без развертывания соответствующей системы измерительно-учётных процедур по технологиям и их развитию (Сухарев, 2024, 2025). Отметим, что в настоящее время отсутствуют единая система учёта технологий и технологического развития, выверенная система показателей, характеристик, а также общие стандарты в этой области. Тот, кто развернёт такую работу, получит конкурентные преимущества институционального свойства.

В частности, важно измерять уровень технологического развития или технологичность. Здесь могут быть использованы несколько магистральных подходов³.

Во-первых, затратный метод, позволяющий оценить каждый релевантный показатель, характеризующий экономию от применения технологии, например, материалоёмкость (отношение объёма материалов по стоимости

³ Здесь намеренно не излагаются индексные или балловые (экспертные) подходы, как хорошо известные, популярные, но малоинформативные, поскольку они способны скрадывать подлинное технологическое развитие. Излагаем лишь методы оценки прямых счётных показателей и характеристик.

Таблица 1. Принципы технологического развития для анализа изменений
Table 1. Principles of technological development for analyzing changes

№	Формулировка принципа	Краткая характеристика
1	закономерного развития технологий	Действуют открытые законы и принципы математики, физики, химии, биологии, инженерных и других наук
2	неоднородности (сложной диверсификации)	Технологии и технические решения неоднородные, их диверсификация может приводить не к снижению, а повышению сложности и рисков применения результатов
3	неопределённости и разнообразия	Высокая степень незнания применения той или иной новейшей технологии, последствия становятся ясны не сразу и не всегда в полном объёме. Может быть высокое разнообразие вариантов технических решений
4	ложного, исправляющего и улучшающего решения	В области техники и технологий могут приниматься ложные решения, которые впоследствии можно исправить. Также технологическая область порождает улучшенные технологии и технические решения
5	жизненного цикла	Развития каждой технологии, а также технологического направления подчинено закономерности «жизненного цикла» от создания до выбытия и утилизации либо коренной модернизации с переходом на новый уровень эксплуатации
6	развития по нескольким сопряжённым направлениям	Даже в рамках одного технологического направления возможно параллельное движение в силу разнообразия технологических вариантов, достигаемых по технологическому ядру и периферии (набор ядер и периферий)
7	раздельности эволюционных изменений технологии по ядру и периферии	Речь о разноплановых изменениях, затрагивающих базовые позиции технологий – ядро, которые являются точными и неизменными с точки зрения науки, но возможно их изменение в силу открытия новых фактов и получения решений. А также изменения, причём более быстрые и масштабные происходят по периферии, которая имманентно гибка и предназначена для доработки и совершенствования технологии
8	измеряемой эффективности применения	Эффективность применения технического решения или технологии может быть оценена количественно. Важен лишь оцениваемый критерий и вид эффективности, а также возможные потери при применении решений и технологий, величина экономии ресурса
9	технологичности	Технические решения и создаваемые технологии призваны либо ускорить процесс, либо сэкономить ресурсы различного вида и назначения. Для одних технологий наблюдается экономия, для других – нет. Важно получить результат при меньшем объёме общего ресурса, либо получить больший результат при том же используемом объёме, что и является критерием технологичности, заключённым в этом принципе
10	включения технологии в более сложные технологические комплексы (уклады)	Ряд технологий, в том числе и новых, является частью более сложных технологических цепочек, формирующих воспроизводственный контур в экономической системе. Это включает как отечественные, так и импортные решения, которые сопрягаются между собой. Действуют процессы замещения и дополнения, которые усложняют не только измерение технологий и их развития, но и анализ

*Источник: составлено автором
 Source: compiled by the author*

к величине ВВП), энергоёмкость (отношение потребляемой или вырабатываемой энергии к ВВП⁴) или электровооружённость труда (отношение мощности применяемых машин к общей численности занятых, то есть электрическая мощность машин на одного занятого). Также может быть дана оценка доли затрат на цифровизацию или внедрение новых технологий

в общей величине затрат (то же справедливо относительно процесса механизации и автоматизации производства).

Во-вторых, методы измерения уровня механизации и автоматизации труда, сводимые к оценке численности персонала охваченного автоматизированным⁵ либо механизированным трудом. Аналогично оценивается уровень

⁴ Является важным показателем и условием экономического роста.

⁵ В частности, Я.Б. Кваша вводил показатель «кибернетической автоматизации» – отношение мощности электрических машин к общей величине потребляемой электрической мощности.

цифровизации. В рамках этого подхода уровень цифровизации (С) или уровень механизации (М) определяются отношением числа занятого персонала, охваченного цифровыми технологиями или механизацией, к общей численности занятых в экономике или её секторе. Уровень технологичности (Т) в таком случае может быть оценен как отношение числа занятых, освоивших и применяющих новые технологии, к общей численности занятых.

В-третьих, оценку уровня механизации, автоматизации, цифровизации можно давать отношением времени выполнения работы с применением механизмов, автоматов или цифровых технологий к общей величине времени исполнения работы без этих устройств. Применительно к уровню технологичности возможен вариант оценки как отношение времени работы на новейшей технологии ко времени ее выполнения с использованием прежних технологий (устаревающих или старых).

В-четвёртых, модельный подход, при котором целевой показатель, в частности, технологичность (U), задается при помощи мультипликативной модели, например:

$$U = k m^a e^b \quad (1),$$

где m – материалоемкость,
 e – энергоёмкость.

Аналогично формуле (1) можно представить и другие модели технологичности, по формулам (2)–(3):

$$U = g e^a M^r C^w \quad (2),$$

где e – электроёмкость,

M – уровень механизации, определяемый согласно единообразному методу с уровнем цифровизации (С).

Остальные величины – параметры модели.

$$U = h e^a M^r C^w T^y \quad (3),$$

где T – масштаб технологического обновления, измеряемый долей затрат на новые или новейшие технологии в общей величине технологических инноваций (затрат на обслуживание технологий).

Показанные варианты мультипликативных моделей (1), (2), (3) не означают, что модельный подход сводится только к мультипликативным

функциям. Безусловно, возможны разные комбинации, но он должен обеспечить правдоподобную и проверяемую оценку технологичности (технологического уровня), притом сопоставимую, что зависит и от единства измерения, и от применяемых показателей, а также от вида самой модели.

В-пятых, определение корреляционных связей между релевантными параметрами, характеризующими уровень технологического развития (технологичность). Например, изучается связь между производительностью труда и цифровизацией или электровооружённостью труда. О возможном «парадоксе производительности», который точнее было бы определить как некую «ловушку эффективности», только в силу роста электрификации, а не цифровизации (компьютеров), писал ещё в 1960-х гг. Я.Б. Кваша⁶. Предположим, что это имманентное свойство многих либо отдельных технологий, когда их внедрение и распространение сопровождается ростом затрат, скрадывая эффект роста производительности. И относиться это явление может не только и не столько к цифровым технологиям, но и другим видам технологий.

Помимо измерений, ещё одна особо важная задача – это получение достоверного прогноза в области технологий, а также формирование технологической политики. В области классической макроэкономической политики не действует принцип «цели – инструменты», демонстрируя ограничение применения тех или иных инструментов, подчинённых достижению конкретных целей и требует «распределённого управления». В отношении технологий, где присутствует не меньшая сложность связей и задач развития, которые детерминируются макроэкономическими условиями, и которые сами являются объектами восприятия тех или иных применяемых инструментов, сохраняется указанный вывод относительно необходимости учёта распределяющегося влияния. Это касается не только инструментов технологической политики, но и иных видов политики,

⁶ См. Кваша, Я.Б. (2003). *Избранные труды. В 3-х Т. Том 1: Методологические основы статистического анализа. Увеличение доли технологической электроэнергии и рост электровооружённости труда не сопровождался равнозначным ростом производительности труда (обнаружен эффект в США)*, с. 330. Наука.

а также условий и результатов, определяемых технологической структурой. Сценарное прогнозирование в технологической области требует качественной постановки задач и таких же решений, сравнительного анализа технологического выбора, без которого оно вряд ли будет успешным во всех случаях (возможны случайные совпадения или очевидные перспективы отдельных научно-технологических направлений и траекторий развития).

На *рисунке 1* показаны функции изменения результатов в зависимости от исходных условий (сценариев развития) и действующего набора инструментов политики. Обратим внимание, что условия $\{X\}$ при применении набора инструментов $\{Z\}$ формируют некую траекторию результатов $R = f(Y)$, (Y – это структура результатов). Если же условия иные, например, $\{A\}$, то, при наборе инструментов $\{C\}$ функция результатов во времени будет $R = h(B)$.

Согласно принципу «цели – инструменты», число инструментов в каждом случае должно быть не меньше числа целей развития, которые можно обозначить как результаты (некое множество результатов), представив обобщённую функцию, отражаемую на *рисунке 1*. На практике, каждый инструмент может воздействовать на совокупность целей развития и давать различные результаты, тем самым демонстрируя эффект «распределённого управления», а не жёсткую привязку к цели либо

результату. Отметим, что различные наборы инструментов, применяемые в разных исходных условиях, могут сформировать такую обобщённую траекторию динамики результатов, что обнаруживается точка E , в которой различные условия и такие же наборы инструментов дают один и тот же результат, а именно агрегат, отражаемый обобщённой функцией R на *рисунке 1*. Получается, что левее точки E наиболее полезны результаты $\{Y\}$, получаемые при условиях $\{X\}$ и наборе инструментов $\{Z\}$, а правее точки E , с позиции результата, ценность имеют условия $\{A\}$ результаты уже $\{B\}$ при структуре инструментов $\{C\}$.

Сценарный подход не позволяет увидеть этого нюанса, как и перехода в точке E от одного сценария к другому, поскольку он исходит из статичности условий, и что ещё важнее – набора применяемых инструментов, что не является правдоподобным. Следует учитывать, что изменение инструментов политики, как и технологического разнообразия и потенциала, должно быть встроено в сценарий как изменяемое условие. Тем самым, при использовании прогнозной модели (например, методе «затраты – выпуск») каждый раз стоит вводить набор условий и привязанных к ним инструментов политики, определяя чувствительность к ним релевантных параметров модели – элементов совокупного спроса и выпуска, которые являются базовыми в рамках

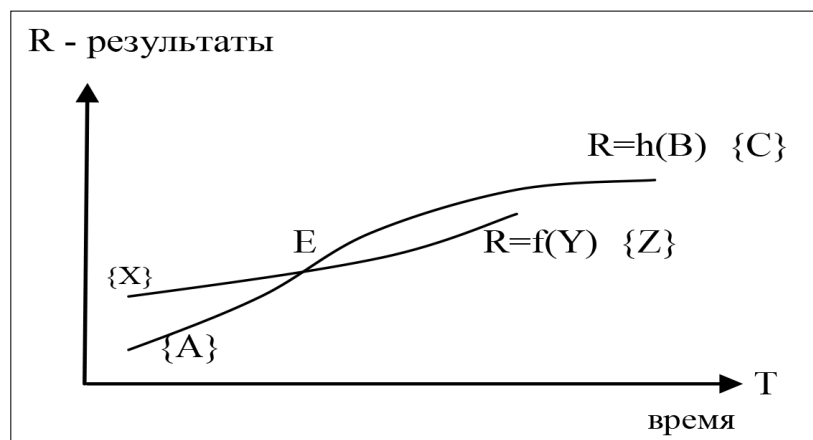


Рисунок 1. Результаты, условия, инструменты влияния

Figure 1. Results, conditions, instruments of influence

Источник: составлено автором

Source: compiled by the author

указанного метода получения прогноза. Это особенно важно при получении оценок в области прогноза технологического развития, поскольку его невозможно дать по изменению затрат (прямых или каких-либо ещё), а также параметрам спроса и предложения. Критерии технологического выбора, а также сам технологический уровень (технологичность) не детерминируются исключительно затратами.

Набор инструментов управления, влияющих на технологии, довольно обширный, разветвлённый, как и технологическая диверсификация, с ростом которой риски могут не уменьшаться, а, наоборот, возрастать⁷. Поэтому выбор в точке E и её непосредственной близости не является предопределённым. Он требует ввода однозначного критерия принятия решения, ошибка по поводу которого может привести к совершенно непредсказуемой динамике затрат и иных показателей. При этом и отсутствие ошибки может также создать вариант динамики, не являющийся показательным для самого осуществлённого выбора. Это свойство выступает ещё одной специфической характеристикой технологического развития и управления им.

Таким образом, различные наборы технологий могут привести экономику как систему к весьма похожим эффектам развития, что затрудняет выделение наилучшей технологической структуры, в частности, в точке E, как это свойственно и для инструментов проводимой политики, структура применения которых во многом отражает влияние технологической структуры на развитие. В реальности ситуация ещё сложнее, поскольку применяемые инструменты влияют не только на результаты, но и на появление технологий, а также на процессы технологического замещения и дополнения. Многое определяется режимом инвестирования развития и управления.

⁷ Этот эффект был показан подробно на оптимизационных моделях в авторской работе «Теория реструктуризации экономики» (2016), когда с ростом диверсификации системы риск мог возрастать, что происходило за счёт соответствующего перераспределения ресурсов между элементами системы, при появлении нового элемента (комбинации). Следовательно, диверсификация (системы или вложений инвестиций) далеко не всегда может рассматриваться в качестве метода понижения риска.

Перенос сценарного прогноза в технологическую сферу, а также применение оценок прямых затрат при измерении технологических сдвигов существенно искажают картину технологических изменений, не позволяя получить релевантную информацию. Более того, помимо измерения в области технологий необходима и качественная оценка процесса, следовательно, анализ содержания технологии и её потенциала развития также важен. Последнее может быть осуществлено при использовании технологии искусственного интеллекта (Wang & Lan, 2007).

Идея, что прогнозы могут быть улучшены за счёт комбинации методов прогнозирования, на наш взгляд, является крайне ограниченной. Например, технологическое замещение не является заданным либо детерминируемым некой прогнозной моделью – его невозможно предсказать, поскольку оно зависит даже от того, происходит процесс по ядру или по периферии, сопровождается ли он неким дополнением или расширением функционала самой технологии. Критерий замещения не единственный, что актуализирует задачу выбора согласно множественному набору критериев. Это аналогично тому, как правительство применяет набор инструментов для перевода системы из одного состояния в другое исходя из начальных условий, задаваемых сценарием. Если же условия изменились в силу применяемых инструментов, либо изменилась сила и набор самих инструментов, то в заданное состояние система может не перейти. Она окажется в ином состоянии, для которого потребуются и иной набор инструментов. Схожая или даже более высокая сложность существует и в технологической области.

Траектория технологического развития в сильной степени зависит от текущего и перспективного потенциала в области технологий (Сухарев, 2025). Таблица 2 содержит общее описание этих двух основных типов технологического потенциала и методов их оценки. Она специально не включает методы экспертной и балловой оценки как наиболее ограниченные, поскольку помимо собственно оценки релевантного параметра требуется взвешивать отдельные его элементы, что не позволяет

Таблица 2. Типы технологического потенциала и методы оценки
Table 2. Types of technological potential and assessment methods

Тип техноло-гического потенциала	Характеристика	Методы (не балловой) оценки
Текущий	Составляет уже состоявшееся применение технологий и техники в сложившемся режиме развития экономики	Методы оценки должны измерять фактическое применение технологий. В частности, в качестве прямого показателя можно брать число внедрённых патентов от общего числа заявок либо зарегистрированных заявок, либо отношение затрат на технологические инновации к добавленной стоимости в данном виде деятельности
Перспективный	Составляет потенциальную возможность применения техники и технологий, не задействованных на момент оценки и анализа	Методы оценки должны измерять возможности, либо их расширение. Так, в качестве одного из возможных показателей можно использовать отношение не внедрённых патентов к общему их числу. Также возможно использовать отношение числа разработанных передовых к уже используемым передовым технологиям (такой учёт уже ведётся Росстатом)

*Источник: составлено автором
 Source: compiled by the author*

преодолеть субъективность (Глазунова, 2024; Сухарев, 2024).

Оба рассматриваемых типа технологического потенциала зависят от уровня развития науки и техники, образования, инженерных школ, а также собственно производства, включая его инфраструктуру и информационные системы. Они во многом детерминируют друг друга, усиливают влияние, обеспечивая определённый уровень технологичности экономической системы. Под технологичностью (технологическим уровнем⁸) понимается системное свойство функционирования объекта в экономике, обеспечивающее увеличение выпуска благ при неизменном объёме ресурсов или сохранение объёма выпуска при снижении затрат ресурсов (базовое условие экономии). Если речь о технологиях воздействия, то свойство экономии проявляется как сокращение затрат времени, в том числе на принятие и реализацию решений, создание наиболее удобных режимов и условий функционирования, что в конечном счёте приводит к указанному базовому условию экономии.

Каждый тип технологического потенциала может определяться для конкретной отрасли, вида деятельности, а также отдельно

рассматриваемого технологического направления, где существуют незадействованные возможности и текущее применение уже внедрённых патентов и технологий. Так же, как агрегация нежелательна для оценки технологического суверенитета в целом, она вряд ли сильно целесообразна в области измерения технологического потенциала и технологического развития (Сухарев, 2024, 2025). Плюсы и минусы агрегатного подхода разбирались подробно в ранних авторских публикациях.

В следующем разделе приведем один из вариантов сравнительной методики, обеспечивающий технологический выбор по параметрам технологий на примере технологии для производства фотоэлектрических преобразователей в микроэлектронике.

Обсуждение результатов. Технологический выбор: метод оценки

Выбор технологии при вытеснении импортной технологии или замене, устаревшей на новую, представляет собой сложный процесс. Обобщая сказанное выше, покажем, как не просто осуществить этот выбор технологии. Анализ обратим к технологии формирования аморфных плёнок диффузантов на кремниевых пластинах для производства фотоэлектрических преобразователей в микроэлектронике. В таблице 3 приведен список применяемых технологий и их примерные (средние) параметры. Далее

⁸ В данном случае оба понятия отождествляются. Технологичность используется как характеристика, а «технологический уровень» – как измерительная и оценочная категория. В целом, их использование связано с удобством применения в анализе.

Таблица 3. Виды технологий формирования аморфных плёнок диффузатов на кремниевых пластинах и их основные характеристики

Table 3. Methods for depositing amorphous dopant films on silicon wafers and their key characteristics⁹

Метод нанесения жидких композиций	Относительные затраты (по сравнению с первым методом)	Средняя минимальная толщина покрытия, мкм	Средний разброс толщины плёнки, +/-%	Средняя производительность, пластин/час
1. Окунание в жидкую композицию	1,00	50,00	62,5	180
2. Газовая форсунка распыления	1,50	40,00	50,0	300
3. Механическое распыление (высокооборотная крыльчатка)	1,75	22,50	40,0	300
4. Центрифуговое (капельное) нанесение (импортная)	1,70	15,00	30,0	240
5. Ультразвуковое (акустическое, газо-акустическое) распыление с естественным осаждением	0,75	3,00	20,0	90
6. Ультразвуковое распыление с электростатическим осаждением в в/в поле	2,50	0,47	10,0	540

Источник: составлено автором
Source: compiled by the author

рассмотрим наиболее характерный пример выбора⁹ технологии.

Позиции 1–4 таблицы 3 представлены газо-механическими способами распыления и нанесение жидких композиций на поверхность с целью получения плёнок. В этих методах применяются закон гравитации, контактного сцепления и сила инерции истечения газа и механическим вращением. Объём наносимого на поверхность вещества не регулируется в силу физики процессов и высокой зависимости от многочисленных иных факторов среды. Пятая технология представляет собой распыление при помощи ультразвука, что даёт высокую дисперсность аэрозоля. Шестая технология генерирует частицы аэрозолей наноразмерной величины, обеспечивая их заряд и тем самым направленное осаждение. Этим достигается самый низкий разброс и толщина слоя (за счёт прижатия пластины и недопущения попадания частиц на оборотную её сторону). Заполнение рельефа наблюдается только у шестой технологии, что отражается в показателях точности и толщины слоя. Данная технология является самой дорогой, но и наиболее производительной (см. таблицу 3).

Первая и вторая технологии могут рассматриваться как отдельные способы воздействия на объект. Третья и четвёртая (таблица 3) технологии имеют общее ядро – это механическое распыление, но периферия представлена для третьей технологии – крыльчаткой, для четвёртой – центрифугой (Сухарев, 2024). Пятая и шестая технологии также имеют общее, но иное ядро – ультразвуковое распыление, а вот периферии различаются: у пятой технологии – гравитационное осаждение под собственным весом, у шестой – электростатическое осаждение.

Обозначим четвёртую технологию как импортную, которую нужно заместить, и рассмотрим метод сравнительного анализа по приведённому списку технологий согласно авторской работе (Сухарев, 2025, с. 122–123), при этом изменяя критерий оценки качества (TS_K) и определяя его следующим образом¹⁰:

$$TS_K = (K_M / K_L)^{1/2} \quad (4),$$

где K_M , K_L – соответственно коэффициенты оценки качества по набору показателей,

⁹ Структура выбора и природа конкуренции и выбора по различным технологическим решениям могут отличаться, но содержание предлагаемого подхода остаётся неизменным, представленным здесь.

¹⁰ В отличие от общего показателя качества технологической системы (суверенитета), приведенного в указанной работе автора, и определяемого как произведение отдельных показателей, каждый из которых означает улучшение качества с ростом параметров (K_M) и улучшение качества с уменьшением параметров (K_L).

увеличение и уменьшение которых будет означать рост качества технологии.

Они определяются согласно работе (Сухарев, 2025, с. 123) формулами (5) и (6):

$$K_M = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M q_{ik} \quad (5),$$

$$K_L = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L q_{ik} \quad (6),$$

где N – это число сравниваемых технологий (при сравнении попарно¹¹ N = 1),

$q_i = S_{oi} / S_{ii}$ представляет собой отношение конкретного параметра, например, отечественной (S_{oi}) к импортной (S_{ii}) технологии, либо новой отечественной к устаревшей технологии.

Учтём, что все параметры означают улучшение при уменьшении значения, за исключением одного – средней производительности (пластин в час) (см. таблицу 3, правый столбец). Рассчитаем критерий попарно по формулам (5), (6), относительно импортной (четвёртой) технологии по трём параметрам, уменьшение которых даёт лучший результат, и отдельно по одному параметру, увеличение которого означает лучший результат (производительность технологии). Далее найдём общий критерий согласно формуле (4) и оценим полученный результат согласно таблице 4 и рисунку 2.

Таблица 4. Рассчитанные коэффициент качества и общий показатель сравнительного качества технологий – TS_K

Table 4. Calculated quality coefficient and overall indicator of comparative quality of technologies – TS_K

Номер технологии по таблице 3	K_L	K_M	K_M/K_L	TS_K
1	2,000	0,750	0,375	0,612
2	1,740	1,250	0,718	0,847
3	1,287	1,250	0,970	0,980
5	0,436	0,375	0,860	0,927
6	0,610	2,250	3,680	1,920

Источник: расчёты по таблице 3 и формулам (4) – (5) относительно технологии № 4 / *Source:* calculations according to table 3 and formulas (4) – (5) relative to technology No. 4

Источник: составлено автором / *Source:* compiled by the author

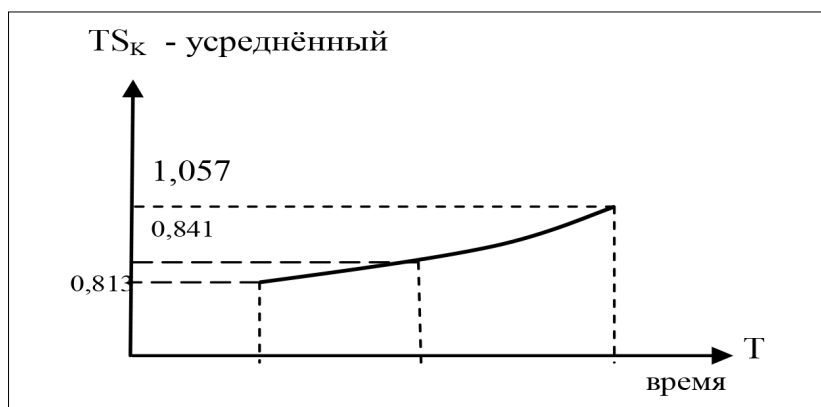


Рисунок 2. Динамика усреднённого показателя качества TS_K для технологий (1-3) (1-3, 5) и (1-3, 5-6) по таблице 3 и 4

Figure 2. Dynamics of the average quality indicator TS_K for technologies (1-3) (1-3, 5) and (1-3, 5-6) according to tables 3 and 4

Источник: составлено автором / *Source:* compiled by the author

¹¹ Каждая из технологий таблицы 3 сравнивается по параметрам импортной технологии – позиции 4 таблицы 3 в первом столбце.

Из таблицы 2 видно, что наилучший результат по параметрам, меньшая величина которых означает лучший исход, среди отечественных технологий имеет шестая технология (таблица 3), однако она является самой дорогой. По параметру, большая величина которого означает лучший исход (производительность), шестая технология также занимает лучшие позиции, что отражается на итоговом показателе TS_K . Импортная технология № 4 в таблице 3 явно превосходит первые три технологии (позиции 1–3, таблица 3), немного уступая по производительности второй и третьей технологиям, но существенно уступая первой технологии по себестоимости. Пятая технология (отечественная) существенно превосходит импортную по себестоимости и другим двум параметрам, но уступает ей почти в 3 раза по производительности. Шестая технология превосходит импортную по всем параметрам, в том числе в 2 раза по производительности и цене (см. таблицу 3).

Если в исходной точке имеются первые три технологии и четвертая импортная, то она превосходит первые три и значение имеет охват её применения. Показатель качества набора из трёх технологий составляет $TS_K = 0,813$. При добавлении пятой, а затем и шестой технологии, изменится показатель качества, что отражает рисунок 2 – показатель возрастёт за счёт включения более качественных технологий. Если доли охвата остаются статичными, а показатель определяется с поправкой на охват технологии, то его изменение требует учёта изменения охвата, и тогда даже при вводе более совершенной технологии, но с низким её охватом, общий показатель может не расти, а даже и понизиться.

Можно взвешивать показатель качества TS_K по охвату распространения технологии, измеряемому долей от общего числа субъектов сектора или отрасли, технологического направления, где применяются указанные технологии. Пересчёт показателя при улучшении технологии, модернизации ядра или периферии, а также изменение охвата с вытеснением импортной и занятием её места, будут приводить к росту итогового значения показателя. Аналогично коэффициент в числителе

формулы (4): его увеличение означает рост показателя и повышение качества, тогда как уменьшение коэффициента в знаменателе формулы означает улучшение качества и увеличение значения показателя.

Согласно полученному расчёту, вытеснять импортную технологию под номером № 4 (таблица 3) по общему показателю качества (см. таблицу 4) следует за счет технологии № 3 либо № 6 как наиболее совершенной, для которой самым важным ограничителем выступает себестоимость, то есть, – цена применения технологии (инвестиции в её развёртывание), но не пятой, более дешёвой, но и менее производительной.

Отсюда вытекает важный вывод: технологический выбор не является предопределённым, он зависит от множества критериев, конкретной ситуации применения или ожидаемого использования технологии, а также степени связности технологий, числа импортных аналогов и многих других условий функционирования производства, где технологии применяются. Представленный метод является одним из возможных методов оценки технологий. Он обладает сильными преимуществами, так как лишён субъективных оценок экспертов и выставления баллов. Вместе с тем, данный метод имеет и ограничение, поскольку равнозначно подходит к различным параметрам, характеризующим технологию, хотя при выборе может оказаться что для производителя что-то более важно (например, цена или производительность, либо иной технико-технологический параметра), нежели остальные. Вместе с тем, таблицы 3–4 составляют общую карту предпочтений, на которую могут быть наложены добавочные критерии технологического выбора, что составляет самостоятельную задачу в рамках «экономики технологий» как научного направления, способного создавать набор необходимых методик и методов измерения.

Заключение

Подводя итог проведенному исследованию, сформулируем основные результаты.

Во-первых, в статье сформулированы основные принципы научного направления «экономики технологий», определяемые в его

рамках принципы технологического развития, а также подходы к измерению технологического развития и доктрина «двух потенциалов» (текущего и перспективного), на базе которой можно исследовать динамику технологичности (технологического уровня), определяя качество и перспективы оценки технологического суверенитета страны.

Во-вторых, измерение технологического развития и уровня технологичности требует рассмотрения двух потенциалов – текущего и перспективного в области технологий. Кроме того, необходима оценка качества технологий и технологического суверенитета, которая может быть дана на основе предлагаемого метода как в координатах «импортные – отечественные технологии», так и в координатах «новые – старые» технологии.

Таким образом, «экономика технологий» как научное направление исследований имеет собственный исследовательский аппарат, принципы развития, в том числе и открытые им принципы технологический изменений. В рамках этого направления могут и должны создаваться методы измерения и оценки показателей, с помощью которых можно выстраивать анализ и предлагать инструменты экономической и научно-технической политики развития.

Конкурирующие интересы

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Competing Interests

The author declares no conflict of interest.

Список источников/ References

1. Анчишкин, А.И. (1986). *Наука, техника, экономика*. Экономика. Anchishkin, A.I. (1986). *Science, technology, economics*. Economica. (in Russian)
2. Глазунова, В.В. (2024). Измерение технологического развития и суверенитета. *Экономика науки*, 10(3), 22–33. EDN: PCMQAV, <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2024-10-3-22-33>
Glazunova, V.V. (2024). Measuring technological development and sovereignty. *Economics of Science*, 10(3), 22–33. EDN: PCMQAV (in Russian) <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2024-10-3-22-33>
3. Глазьев, С.Ю. (2018). *Рывок в будущее. Россия в новых технологическом и мирохозяйственном укладах*. Книжный мир. EDN: VQDBYV.
Glazyev, S.Yu. (2018). *Leap into the Future. Russia in the new technological and world-economic orders*. Knizhny Mir. EDN: VQDBYV (in Russian)
4. Скобелев, Д.О. (2020). Наилучшие доступные технологии: опыт повышения эффективности ресурсной и экологической эффективности производства. АСТ.
Skobelev, D.O. (2020). *Best available technologies: Experience in improving the efficiency of resource and environmental efficiency of production*. AST (in Russian)
5. Сухарев, О.С. (2024). «Экономика технологий» как направление науки: ретроспектива и перспектива. *Экономика науки*, 10(1), 41–53. EDN: ASECXX, <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2024-10-1-41-53>
Sukharev, O.S. (2024). “Economics of technology” as a field of science: Retrospective and prospective aspects. *Economics of Science*, 10(1), 41–53. EDN: ASECXX (in Russian) <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2024-10-1-41-53>
6. Сухарев, О.С. (2025). *Научно-технологический потенциал и промышленная политика*. Финансы и статистика.
Sukharev, O.S. (2025). *Scientific and technological potential and industrial policy*. Finance and Statistics.
7. Acosta, M., Coronado, D., Leyn, M.D., & Moreno, P.J. (2020). The production of academic technological knowledge: An exploration at the research group level. *Journal of Knowledge Economy*, 11, 1003–1025. EDN: HHHOMS, <https://doi.org/10.1007/s13132-019-0586-9>
8. Ahmad, N., Youjin, L., Žiković, S., & Belyaeva, Zh. (2023). The effects of technological innovation on sustainable development and environmental degradation: Evidence from China. *Technology in Society*, 72, 102184. EDN: HDDSEA, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102184>
9. Amann, E. (2002). Globalisation, industrial efficiency and technological sovereignty: Evidence from Brazil. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 42(5), 875–888. EDN: DWVQNR.
10. Barrena-Martínez, J., Cricelli, L., Ferrándiz, E., Greco, M., & Grimaldi, M. (2020). Joint forces: Towards an integration of intellectual capital theory and the open innovation paradigm. *Journal of Business Research*, 112, 261–270. EDN: HMBCOV, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.10.029>
11. Bassens, D., & Hendrikse, R. (2022). Asserting Europe’s technological sovereignty amid American platform finance: Countering financial sector dependence on Big Tech? *Political Geography*, 97, 102648. EDN: SVNPFM, <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2022.102648>

12. Chaturvedi, T. (2023). How corporate development activities resolve the legitimacy-adaptation dilemma: A case study in technological substitution. *Journal of Business Research*, 164, 113983. EDN: FNEUYH, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113983>
13. Crafts, N. (2005). The First Industrial Revolution: Resolving the Slow Growth/Rapid Industrialization Paradox. *Journal of the European Economic Association*, 3(2–3), 525–534.
14. Edler, J., Blind, K., Kroll, H., & Schubert, T. (2023). Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means. *Research Policy*, 52(6), 104765. EDN: JFINLC, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104765>
15. Erebak, S., & Turgut, T. (2021). Anxiety about the speed of technological development: Effects on job insecurity, time estimation, and automation level preference. *The Journal of High Technology Management Research*, 32(2), 100419. EDN: WKTXLW, <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2021.100419>
16. Eum, W., & Lee, J. – D. (2022). The co-evolution of production and technological capabilities during industrial development. *Structural Change and Economic Dynamics*, 63, 454–469. EDN: EZJKQU, <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.07.001>
17. Grimaldi, M., Greco, M., & Cricelli, L. (2021). A framework of intellectual property protection strategies and open innovation. *Journal of Business Research*, 123, 156–164. EDN: RKBHSE, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.043>
18. Jiang, H., Zhao, S., Zhang, S., & Xu, X. (2018). The adaptive mechanism between technology standardization and technology development: An empirical study. *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.015>
19. Lee, Ch., & Yan, J. (2024). Will artificial intelligence make energy cleaner? Evidence of nonlinearity. *Applied Energy*, 363, 123081. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123081>
20. Magistretti, S., Dell’Era, Cl., & Verganti, R. (2020). Searching for the right application: A technology development review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119879. EDN: XQPLHS, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119879>
21. Mègnigbèto, E. (2018). Correlation between transmission power and some indicators used to measure the knowledge-based economy: Case of six OECD countries. *Journal of Knowledge Economy*, 9, 1168–1183. EDN: JRNNZC, <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0408-2>
22. Oppong, G.K., & Pattanayak, J.K. (2019). Does investing in intellectual capital improve productivity? Panel evidence from commercial banks in India. *Borsa Istanbul Review*, 19(3), 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2019.03.001>
23. Ponte, A., Leon, G., & Alvarez, I. (2023). Technological sovereignty of the EU in advanced 5G mobile communications: An empirical approach. *Telecommunications Policy*, 47(1), 102459. EDN: ITPYRG, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102459>
24. Wang, Ch.-H., & Lin, H.-Ch. (2021). Competitive substitution and technological diffusion for semiconductor foundry firms. *Advanced Engineering Informatics*, 48, 101254. EDN: DGRHHU, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101254>
25. Wang, M.-Y., & Lan, W.-T. (2007). Combined forecast process: Combining scenario analysis with the technological substitution model. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(3), 357–378. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.08.002>
26. Wu, L., & Chen, W. (2023). Technological achievements in regional economic development: An econometrics analysis based on DEA. *Heliyon*, 9(6), e17023. EDN: TDRQJE, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17023>

Информация об авторе

Олег Сергеевич Сухарев – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Центра институтов социально-экономического развития Института экономики РАН, профессор кафедры «Теория и методология государственного и муниципального управления» факультета государственного управления МГУ, SPIN-код РИНЦ: 9463–8370, Scopus Author ID: 56736819100, ORCID: 0000-0002-3436-7703 (Российская Федерация, 217418, г. Москва, Нахимовский проспект 32; e-mail: o_sukharev@list.ru www.osukharev.com).

Author

Oleg S. Sukharev – Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher of the Center for Socio-Economic Development Institutes of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Theory and Methodology of State and Municipal Administration, Faculty of Public Administration, Moscow State University, Scopus Author ID: 56736819100, ORCID: 0000-0002-3436-7703 (32, Nakhimovsky pr., Moscow, 217418, Russian Federation; e-mail: o_sukharev@list.ru; www.osukharev.com).

Поступила в редакцию (Received) 20.11.2025
Поступила после рецензирования (Revised) 13.01.2026
Принята к публикации (Accepted) 11.02.2026