

DOI: 10.29141/2218-5003-2024-15-2-5

EDN: MDMCNU

JEL Classification: O14, O32, O38

Управление технологическим замещением: основные режимы

О.С. Сухарев

Институт экономики Российской академии наук, г. Москва, РФ

Аннотация. Одной из основных задач государственного управления на современном этапе развития России является обеспечение технологического суверенитета. Это невозможно осуществить, если не планировать и не проводить политику технологического обновления в различных видах экономической деятельности. Однако применяемые инструменты управления должны принимать во внимание текущий уровень технологичности. Статья посвящена определению режимов управления процессом технологического обновления с учетом принципов замещения и дополнения технологий. Методологию исследования составила теория технологических изменений. Методы работы включают таксономический и структурный анализ, обобщение статистических оценок. Информационной базой служат статистические данные Росстата за 2004–2021 гг. Указанный теоретико-методологический подход позволил выделить основные режимы и виды технологического обновления – замещения и дополнения, идентифицированные по инвестициям в новые и старые технологии. В результате исследования сформулированы их основные принципы. Предложены варианты государственной политики, работающей на повышение уровня экономики в зависимости от сложившегося в стране режима технологического обновления. Показано, что обнаруженный в российской экономике псевдоэффект технологического дуализма предполагает использование специальных инструментов, направленных на оптимизацию экономической структуры, чтобы увеличить инвестиции в новые технологии.

Ключевые слова: режимы управления; технологический суверенитет; технологии; технологическое обновление; технологический дуализм; принцип замещения; структура экономики; инвестиции.

Информация о статье: поступила 6 июля 2023 г.; доработана 12 сентября 2023 г.; одобрена 29 сентября 2023 г.

Ссылка для цитирования: Сухарев О.С. (2024). Управление технологическим замещением: основные режимы // *Управленец*. Т. 15, № 2. С. 66–78. DOI: 10.29141/2218-5003-2024-15-2-5. EDN: MDMCNU.

Technological substitution: The key control modes

Oleg S. Sukharev

Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. One of the primary goals of public administration in Russia is ensuring technological sovereignty which is hard to attain without proper planning and coherent technology modernization policy in different fields of economic activity. However, administration tools should allow for the current stage of technological development. The article aims to identify control modes of technology modernization considering the principles of substitution and addition. The foundation of research resides in technological change theory. The research methods applied are taxonomic and structural analysis, statistical generalization. Empirical evidence for 2004–2021 was retrieved from the Russian Federal State Statistics Service (Rosstat). This methodological approach has allowed establishing the key control modes and types of technology modernization – substitution and addition – according to investment in high or low technology, and formulating their central principles. The study also discusses the variants of state policy aiming to extend the country's technological sovereignty based on the current mode of technological modernization. It is shown that the pseudo effect of technological dualism discovered in the Russian economy suggests utilising special tools designed to optimize the economic structure for boosting investment in new technologies.

Keywords: control modes; technological sovereignty; technology; technology modernization; technological dualism; principle of substitution; structure of economy; investment.

Article info: received July 6, 2023; received in revised form September 12, 2023; accepted September 29, 2023

For citation: Sukharev O.S. (2024). Technological substitution: The key control modes. *Upravlenets/The Manager*, vol. 15, no. 2, pp. 66–78. DOI: 10.29141/2218-5003-2024-15-2-5. EDN: MDMCNU.

ВВЕДЕНИЕ

Технологический фактор давно является детерминантой экономического развития [Глазьев, 1993; Перес, 2011; Magistretti, Dell’Era, Verganti et al., 2020], что находит отражение в стратегических ориентирах и программах правительства [Глазьев, 2017]. Технологические пузыри при этом оказывают не менее, а иногда и более дестабилизирующее влияние, нежели финансовые пузыри [Перес, 2011]. Это связано с современной спецификой функционирования техники и технологий, которые стали высококапиталоемки, требующими большого объема финансов и вместе с тем в не меньшей степени, чем финансы, приобрели спекулятивное содержание. Такая ситуация ярко прослеживается в сфере ИТ-технологий и рынков, программирующих спрос. Новые технологии могут не создавать большого потенциала индустриализации и не вносить вклада в темп роста, то есть технологическое обновление на основе логики «пузыря» может приводить к парадоксу быстрой индустриализации [Crafts, 2005]. Он состоит в том, что происходит относительно быстрое индустриальное развитие, но на общий темп экономического роста это не оказывает значимого влияния. По аналогии похожий эффект можно обозначить как парадокс технологического обновления¹. Многие передовые в технологическом отношении страны показывают весьма скромные темпы хозяйственного роста. Китайская экономика может быть закономерным исключением, демонстрируя и технологический рывок за последние десятилетия, и устойчивый и очень высокий темп экономического роста, причем на базе инвестиционной модели развития. Исследования в области «Индустрии 4.0.» подтверждают приводимый выше тезис о парадоксе быстрой индустриализации [Lu, 2017; Kamble, Gunasekaran, Gawankar, 2018], в том числе по причине действия факторов сопротивления, помимо собственно инфраструктурного назначения многих цифровых технологий и возникающего эффекта «пузыря».

Многочисленные прикладные работы, доказывающие высокое значение новых технологий в различных отраслях и видах деятельности, в основном нацелены на демонстрацию преимуществ технологического обновления, роли технологического обновления для развития конкретного вида деятельности или территории [Wang, Lan, 2007; Jiang et al., 2018; Erebak, Turgut,

2021; Chandio et al., 2022; Eum, Lee, 2022; Takashima, 2023; Ahmad et al., 2023; Ponte, Leon, Alvarez, 2023; Yan et al., 2023; Hasan, Du, 2023]. Есть эконометрические работы, отражающие влияние технологического обновления на развитие, в том числе, регионов [Wu, Chen, 2023], но в них управление рассматривается как некий экзогенный фактор. Значительное число работ посвящено технологическому суверенитету и его обеспечению в разных странах [Amann, 2002; Bassens, Hendrikse, 2022; Edler et al., 2023]. Вместе с тем, как справедливо отмечается в работе [Magistretti, Dell’Era, Verganti et al., 2020], условия и факторы принятия технологических решений остаются неясными.

Скорее всего для каждого интервала времени и для конкретной страны с учетом ее текущей экономической и технологической структуры они индивидуальны и изменяются по своим законам, которые весьма трудно установить. Кроме того, поиск и проектирование новых знаний выступают основными формами, генерирующими затем новые технологии. Однако режим технологического обновления складывается не только в силу указанного обстоятельства, но и в связи с тем, как организован процесс создания и ввода технологий, каков масштаб инвестирования данных составляющих процесса технологического обновления. Проводимые НИОКР, а также величина затрат на их реализацию не гарантируют автоматически появления новых технологий и соответствующего им, наиболее рационального для экономики режима технологического обновления. Технологическая и институциональная структуры практически не учитываются в моделях роста и развития, как и влияние на них проводимых исследований или поиска знаний [Gabardo, Pereima, Einloft, 2017; Romano, Traù, 2017] либо скорости происходящих в экономике технических и инфраструктурных изменений. Обновление технологий происходит в двух основных вариантах: замещение и дополнение. Конечно, присутствует и вариант создания абсолютно (принципиально) новой технологии, которая будет работать параллельно с существующими (старыми) и новыми технологиями.

Копирование технологий представляет собой процесс замещения и/или дополнения², но обычно с меньшими издержками, поскольку затраты на разработку технологии отсутствуют, а присутствуют только на ввод уже имеющейся технологии. Хотя в отдельных случаях именно они могут превысить затраты на создание технологии. Управлять технологическим замещением можно, ориентируясь на затраты по созданию и вводу технологии, на используемый ресурс, который технология преобразует, либо на продукт (услугу) или соз-

¹ Р. Солоу выявил парадокс производительности, когда при вводе компьютерных технологий не наблюдалось существенного увеличения производительности труда в той сфере деятельности, где они вводились. При вводе повсеместно – в стране в целом. Однако парадокс индустриализации, а также обозначенный парадокс технологического обновления как варианта так называемой технологической индустриализации много шире, так как не оказывается влияния на темп роста всей экономики при росте индустрии или при высокой динамике технологического обновления. Последний эффект отчетливо виден по ряду стран.

² Возможен вариант технологического обновления, когда в одной технологической цепочке происходит и замещение на одном ее участке, и дополнение на другом технологическом участке.

данную стоимость, которая имеется на выходе, после преобразования ресурса. Если управление базируется на каком-то одном параметре, по всей видимости, оно выступает узконаправленным и не приведет к ожидаемым положительным результатам. Очевидно, что требуется учитывать всю систему параметров процесса технологического обновления, или как можно большую, или хотя бы релевантные характеристики. Осуществить это при наличии серьезных проблем измерительного плана довольно непросто. Речь идет об измерении уровня технологичности экономики в отраслевом и макроэкономическом разрезе, экономики знаний и др. В литературе по технологическому замещению [Dattée, Weil, 2007; Chaturvedi, 2023; Långstedt, Spohr, Hellström, 2023] отмечается важность эффективного корпоративного управления, финансовых ограничений, ориентации на стратегию роста, увеличения стоимости компании. Все эти и иные параметры влияют на инвестирование новых технологий.

Новые технологии изменяют содержание труда, формируя компетенции и профессиональные навыки, но меняется и структура ценностей, социальных взаимодействий, сетей, что трудно учесть как на микроэкономическом, так и на государственном уровне управления. Рутинные поведения компаний задают возможности технологического выбора, но предлагаемые эволюционные модели в ситуации двух или многих технологий, когда одна из них заменяет старую технологию в отрасли, по сути, мало чем отличаются от неоклассического подхода [Нельсон, Уинтер, 2000, с. 265–274].

Во-первых, указанное замещение рассматривается через призму изменения отраслевой производительности. Но, если имеется в виду производительность труда, то этот параметр зависит не только от фондов и технологии, но и от количества и качества самого труда, а производительность средств производства закономерно должна возрастать при вводе новой технологии, так как обычно это ее неотъемлемое назначение, по крайней мере в большинстве случаев. Однако параметр общей производительности малоинформативен в оценке технологического замещения, поскольку зависит от труда, управления производством и даже внешних факторов, действующих на фирму (структура рынка, изменение конкурентной ситуации, работа на склад¹).

Во-вторых, ввод новой технологии и ее инвестирование не всегда способны повлиять на общий уровень технологичности отрасли (не говоря о производитель-

ности труда) или даже конкретной компании, так как важен масштаб распространения этой технологии и вызываемый ею эффект. Более того, вводимые в эволюционные модели допущения оказываются не менее уязвимыми, нежели в неоклассических моделях, так что использовать их в управлении проблематично.

Например, предполагается, что износ отсутствует, инвестиции пропорциональны сверхприбыли, а старая технология работает на уровне самоокупаемости, новая – приносит прибыль. В модели Нельсона – Уинтера точно указывается, что можно выделить части основного капитала, обслуживающие старую и новую технологии, что на практике в общем случае весьма затруднительно [Нельсон, Уинтер, 2000, с. 269]. Весь анализ эволюционисты все равно сводят к противопоставлению государства и рынка, при этом подводя общий вывод к тому, что государство лишь в малом числе случаев может эффективно заменить рынок [Нельсон, Уинтер, 2000, с. 427]. Это относится и к государственной политике в рамках индустриальных НИОКР.

Слабость применяемых моделей и узость обобщений, находящихся в идеологических рамках неоклассического анализа, не видящего задач, инструментов и проблем управления, переносятся на эволюционный подход, приводящий его адептов к выводу о снижении контрольной функции в сфере научно-технического прогресса. В работе [Сухарев, 2019] было показано, как подбирать инструменты управления, влияющие на структуру технологического развития: появление новой технологии, в том числе за счет ресурсов старой технологии или вновь созданного ресурса. Исследовалась связь риска, доходности и технологичности отдельных секторов российской экономики, а также управление процентным портфелем, определяющим инвестирование структуры технологий за счет понижения риска и изменения структуры кредитования. Такая задача по силам только на уровне государственного управления, которое может как стимулировать, так и заблокировать своими мерами позитивную технологическую динамику в стране. Кроме того, возникает задача проектирования технологического портфеля [Sukharev, 2020] на базе портфельной теории, где важной проблемой выступает распределение ресурса по направлениям технологического развития с получением перспективной отдачи [Sukharev, 2018]. Наше исследование, основываясь на указанных работах, преследует следующую магистральную задачу: выявление возможностей управления технологическим обновлением на уровне государственной политики, что предполагает выделение режимов управления, отвечающих определенным режимам технологического развития, и подбор инструментов макроэкономической политики с учетом функционирования сложившейся хозяйственной структуры.

Цель исследования – определение режимов управления процессом технологического обновления

¹ Указанные обстоятельства могут вполне сдерживать рост производительности, то есть владелец фирмы намеренно не обеспечивает высокой производительности, так как бессмысленно работать на склад либо функционировать в ситуации высокой неопределенности при трансформации рынка или появлении конкурентов. И выгодность технологического замещения, в этих случаях оцениваемого по производительности, может быть искажена, причем существенно.

по типу замещения и дополнения, формирование предложений в области государственного управления, стимулирующих данный процесс в экономике России. Предметом исследования выступает управление технологическим обновлением. Методология работы включает методы сравнительного, таксономического, а также структурного анализа. Ее применение позволяет решить следующие задачи исследования: раскрыть содержание процесса технологического обновления по типу замещения и дополнения, определить режимы управления в координатах «инвестиции в новые технологии – уровень технологичности», «инвестиции в старые технологии – уровень технологичности» и на этой основе обозначить формат государственного управления в сфере технологического обновления.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Замещение технологий и режимы управления

Технологическое обновление в экономике, являясь ее мощным движущим фактором, обычно сводится к созданию абсолютно новых технологий, которые не затрагивают прежних технологических цепочек, вводятся параллельно, обычно символизируя новые виды деятельности и даже возникновение новых отраслей.

Однако такой результат возникает в ходе кропотливой научной работы, открытий и сопровождается появлением множества технологий, распространяемых волной по различным существующим видам деятельности, повышая уровень их технологичности и качества. Этот процесс может происходить и самостоятельно, когда возникают технологии в конкретном виде деятельности, замещающие устаревшие варианты полностью либо подстраивающиеся в имеющиеся технологические цепочки, то есть дополняющие их.

Таким образом, технологическое обновление разворачивается в экономике по трем основным направлениям:

1) создание новейших технологий, генерирующих новые виды деятельности и направления технологического развития;

2) технологическое замещение, когда новые технологии полностью вытесняют существующие, становясь на их место, что также является результатом изобретательской, производственной и научной деятельности;

3) технологическое дополнение, при котором абсолютной смены устаревших технологий не происходит, но наблюдается их усовершенствование, либо создаваемая новая технология дополняет текущую технологическую цепочку, улучшая ее характеристики и работая на повышение технологичности.

Таким образом, введена базовая типизация процесса технологического обновления экономики. Причем управление каждым типом требует собственных методов и ресурсов, то есть имеет специфику, если учесть метод обновления – за счет отвлечения или создания

нового ресурса или даже без значительного добавочного ресурса. Последнее также возможно при высоком потенциале технологической комбинаторики, когда соединение неких технологий даст высокий результат по выходу годных изделий, а добавочного ресурса не потребуется (такие примеры известны в производстве¹).

В первом случае волна технологического замещения и дополнения может охватывать определенный набор видов деятельности и технологических цепочек. Процесс технологического обновления подчиняется логике эффекта созидательного разрушения – отвлекает ресурс от старых технологий, снижая их эффективность и увеличивая потребность в новой технологии. Это отчетливо обнаруживается в первом и втором вариантах – технологическом замещении. Однако третий вариант – технологическое дополнение – может подчиняться логике эффекта комбинаторного наращивания, когда посредством внедрения комбинации технологий происходят манипулирование технологической цепочкой, ввод ее новых элементов или усовершенствование существующих без значимого отвлечения ресурса от старых технологий. Кстати, и в первом варианте возможно подчинение процесса технологического обновления именно эффекту комбинаторного наращивания, когда создаваемая новейшая технология требует открытия совсем нового ресурса под свое развертывание и даже генерацию. Это происходит не за счет отвлечения, а с помощью наращивания и расширения ресурсной базы. Созидательное разрушение и комбинаторное наращивание, конкурируя друг с другом, тем не менее, сосуществуют. И процесс технологического обновления может быть охарактеризован тем, каково преобладание одного эффекта над другим, каково их динамически изменяемое со временем соотношение.

Управляя макроэкономической системой с целью технологического обновления, невозможно не учитывать сложившуюся технологическую структуру, как и то, каким образом будет происходить ее обновление. Значение будет иметь и преобладание варианта технологического обновления, и связь указанных трех типов технологического обновления, а также структура способов их осуществления – созидательное разрушение и комбинаторное наращивание.

Технологическое обновление, в каком бы варианте оно осуществлялось, может быть внутриотраслевым, межотраслевым, внутрифирменным, региональным и охватывать целиком экономику страны. Многосубъектный охват этого процесса, а также его специфическое содержание, порождающее распределение технологических улучшений по объектам и техноло-

¹ Например, лазерное облучение тонких пленок в ультразвуковом поле резко повысило качество этих пленок в микроэлектронике, но усилий по инвестированию такой комбинаторики двух технологий не понадобилось.

гическим цепочкам, являются причиной и выражением его неравномерности. Это затрудняет и точность оценки технологических изменений с вытекающими проблемами в области управляющих воздействий. Целый спектр условий и мер отраслевого и макроэкономического характера будет влиять на процесс технологического обновления.

Целью технологического замещения является получение новой стоимости либо более высокой ее величины и нового качества продукта, изделия, услуги и/или снижение издержек их получения. Если такой мотив присутствует, то он выступает хорошей основой для обеспечения положительной технологической динамики обновления. Как только данный мотив размывается в силу разных причин, процесс технологического обновления становится пассивным. Излишняя формализация, слабость научных организаций, низкая технологическая конкуренция и высокий монополизм (в частности, монополия на интеллект, патентное право) выступают объективными факторами торможения технологического обновления. Но элиминирование этих факторов не будет означать автоматического улучшения в процессе технологического обновления – замещения и дополнения. На отдельных интервалах развития может доминировать процесс дополнения, а отнюдь не замещения, который потребует организовать специальными мерами отраслевой и научно-технической политики, включая создание макроэкономических условий для интенсификации инвестиционного процесса в области наращивания фондовой базы экономики.

Технологическое замещение обычно оказывается более затратным, нежели технологическое дополнение, порождает и более высокую неравномерность. Если при замещении нужно располагать текущей технологией и той, которая будет ее вытеснять – заменять, то при дополнении текущая цепочка обычно лишь модифицируется, и не всегда добавляется передовая технология. Возможно добавление уже известной технологии, которая лишь улучшит изделие или технологический процесс. Поэтому адаптация в случае замещения намного дороже, конфликт восприятия технологии бывает значительно выше, чем при проведении технологического дополнения. Таким образом, можно сказать, что технологическое дополнение выражает инкрементальный характер технологических изменений, а замещение все-таки суммарно отражает некий скачок в области технологического развития, хотя бы по отдельным видам деятельности или производственным направлениям.

В связи с этим управление не может не принимать во внимание столь существенную разницу в типах технологических изменений. Первым типом весьма не просто управлять, так как в нем большой элемент непредсказуемости возникновения технологии, ее распространения и влияния. Вторым и третий

типы могут быть описаны с позиции применяемых режимов управления.

Технологическое замещение можно описать согласно стандартной схеме «вход – выход». Когда поступающий на входе ресурс некоторыми рутинными и операциями (технологией) преобразуется на выходе в продукт или услугу, тогда замещение технологии означает как иные рутины и операции, так и новые требования к поступающему ресурсу либо совсем новый ресурс. Итогом замещения становится более высокая стоимость или качество на выходе при более низких издержках выполнения операций либо меньшем ресурсе. Иными словами, технологическое замещение, как и дополнение, подчинено идее обеспечения более высокой технологичности объекта – фирмы, региона экономики. В связи с этим задача управления технологическим обновлением может быть сведена к достижению целевой функции по указанному параметру технологичности. Под технологичностью можно понимать способность экономической системы любого уровня организации создавать ту же стоимость (качество), но с меньшими издержками и расходом ресурсов, либо большую стоимость (качество) при той же величине издержек и задействованных ресурсов. Наилучший вариант – когда удастся увеличивать создаваемую стоимость (качество), одновременно понижая объем ресурсов и затрат.

Для формулировки принципа технологического замещения введем некоторые обозначения: T_1, T_2 – уровни технологичности первой и второй технологии, причем вторая вытесняет первую, что означает $T_2 > T_1$; R_1, R_2 – ресурсы; S_1, S_2 – стоимость; Z_1, Z_2 – затраты функционирования по первой и второй технологиям соответственно.

Технологическое замещение или дополнение состоит, если есть мотив на такую работу, что означает возможность получить более высокую стоимость при тех же затратах либо ту же стоимость при меньших затратах. В этом случае $T_2 > T_1$, технологичность второй технологии выше первой.

Условие технологического замещения выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} T_2 > T_1, S_2 > S_1, R_1 = R_2, Z_1 = Z_2 & \quad (1) \\ T_2 > T_1, S_1 = S_2, R_1 < R_2, Z_1 < Z_2 & \\ T_2 > T_1, S_2 > S_1, R_1 < R_2, Z_1 < Z_2. & \end{aligned}$$

Технологическое дополнение описывается иначе, поскольку общая технологичность (T_3) становится несколько выше, но необязательно улучшаются все характеристики, присутствуют обе технологии (итоговые параметры обозначены R_s, S_s, Z_s), и ресурс может использоваться один и тот же. Стоимость на выходе должна все-таки возрастать, иначе мотивационно блокируется процесс дополнения, как и затраты на обслуживание. Хотя возможен вариант их снижения – это

зависит от содержания процесса технологического дополнения. Условие технологического дополнения выглядит так:

$$T1 < T_s, S_s > S1, R1 = R_s, Z_s > Z1 \text{ либо } Z_s = Z1. \quad (2)$$

Таким образом, при технологическом дополнении также должна возрасти технологичность, но ее увеличение имеет ограничения, обеспечиваемые характером дополнения.

Технологическое замещение состоит в замене внутренних рутин преобразования ресурса в конечную стоимость, но трансформации подвергается часто и сам ресурс на входе, акцент в управлении следует делать на адаптацию к вводимой технологии, заменяющей прежнюю, в том числе на преодоление ее отторжения или снижение конфликта восприятия новой технологии.

Технологическое дополнение сводится не к замене, а к некоторой подстройке внутренних рутин, обеспечивающих превращение ресурса в конечную стоимость, то есть к согласованию или сопряжению уже действующих с обновленными рутинными, привносимыми в технологическую цепочку. Здесь возможен конфликт по звеньям технологической цепочки, и управление требуется ориентировать на его элиминирование или недопущение, как и на согласование полезных рутин, благодаря чему и увеличивается технологичность.

На рис. 1–4 отражены базовые варианты технологического замещения (ТЗ) по изменению базовых параметров, а на рис. 5–6 – варианты технологического дополнения (ТД) – экономное и оптимальное технологическое дополнение. Каждому из них (по типам замещения – экономное, результативное, пропорциональное и оптимальное) соответствует свой режим управления и реализуемых мер отраслевой и макроэкономической политики. Режимы управления (табл. 1) можно обозначать соответственно наименованию типа технологического замещения, выделяемого по базовым параметрам – создаваемой стоимости, затратам обслуживания и применяемой величине ресурсов (материальные затраты).

Из рис. 1–6 видно, что технологическое замещение может охватывать четыре базовых варианта:

- экономный, когда снижаются издержки и объем используемого ресурса;
- результативный, при котором стоимость на выходе растет при неизменных затратах и ресурсе;
- пропорциональный, когда растут все параметры, но темп роста стоимости должен опережать темп роста ресурса и затрат, чтобы технологичность повышалась в процессе замещения;
- оптимальный, когда растет стоимость на выходе при снижении и ресурса, и затрат на обслуживание и само замещение технологии.

При технологическом дополнении возникают два базовых режима: экономный, когда ресурс обычно

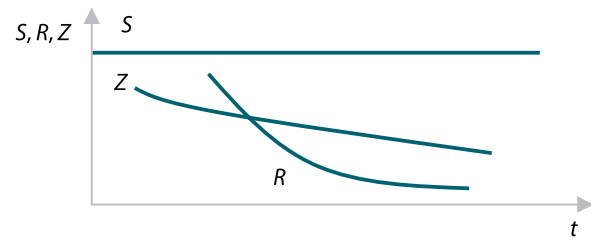


Рис. 1. Экономное технологическое замещение
Fig. 1. Technological substitution – Economical

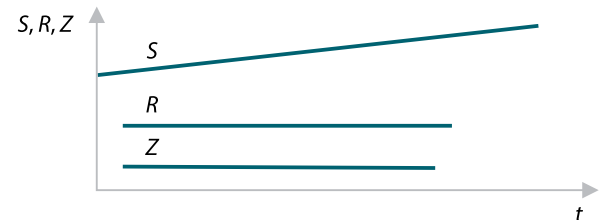


Рис. 2. Результативное технологическое замещение
Fig. 2. Technological substitution – Effective

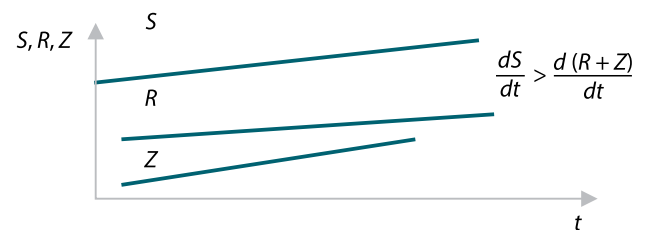


Рис. 3. Пропорциональное технологическое замещение
Fig. 3. Technological substitution – Proportional

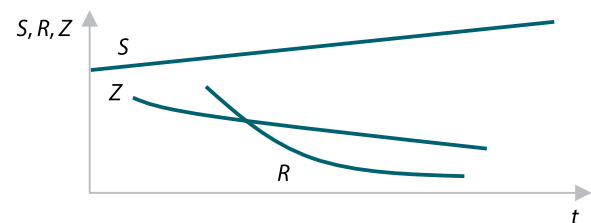


Рис. 4. Оптимальное технологическое замещение
Fig. 4. Technological substitution – Optimal



Рис. 5. Экономное технологическое дополнение
Fig. 5. Technological addition – Economical

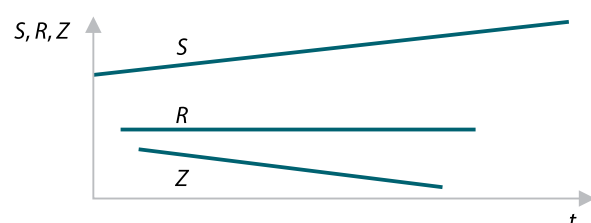


Рис. 6. Оптимальное технологическое дополнение
Fig. 6. Technological addition – Optimal

не изменяется, а снижаются издержки (рис. 5), и оптимальный, при котором растёт стоимость при неизменном ресурсе и понижающихся затратах (рис. 6).

Поскольку наиболее релевантным можно считать процесс технологического замещения, а технологическое дополнение представляет собой в некотором смысле его упрощённый формат, сведём режимы управления технологическим замещением по рис. 1–4 в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что каждый тип технологического замещения может обеспечиваться различной политикой, которая имеет целью влиять на создание стоимости или снижение величины используемых ресурсов и затрат. Макроэкономическая политика также будет по-разному воздействовать на возможности осуществления того или иного типа технологического замещения. Оптимальный тип сочетает инструменты экономического и результативного вариантов замещения.

В работе [Сухарев, 2019] было эмпирически показано, что увеличение процентной ставки и риска ведения деятельности понижает уровень технологичности, поскольку снижаются инвестиции в старые и новые технологии¹. В России при снижении процентной ставки инвестиции в новые технологии возрастали, инвестиции в старые технологии поначалу возрастали, но при дальнейшем понижении ставки снижались, видимо, в силу эффекта переключения инвестиций. Уровень технологичности российской экономики, если измерять его отношением объёма инновационных к неинновационным продуктам, работам, услугам, в среднем увеличивался при снижении процентной ставки и ро-

¹ Под инвестициями в новые технологии понимаются затраты на технологические инновации, под инвестициями в старые технологии – разница между инвестициями в основной капитал и затратами на технологические инновации. Дать иную оценку согласно имеющимся данным было проблематично [Сухарев, 2019b].

сте инвестиций². Однако снижение процентной ставки, например, в обработке сначала приводило к повышению инвестиций в старые и новые технологии, но при дальнейшем понижении процентной ставки они сами уменьшались. Этот эффект подчеркивает зависимость инвестиций от состояния объектов и наличие иных влияющих релевантных факторов, а также отражает то, что происходило изменение структуры инвестиций при снижении ставки процента в сторону финансовой составляющей. В транзакционно-сырьевом агрегированном секторе аналогичная динамика не наблюдалась. Понижение процентной ставки увеличивало инвестиции в старые и новые технологии, но затем стабилизировало это увеличение. Технологичность обрабатывающего сектора при снижении процентной ставки возросла до некоторого уровня, но затем понижалась, что подтверждает недостаточный объём инвестирования новых и даже старых технологий в этом секторе для поддержания уровня технологичности. В транзакционно-сырьевом секторе при снижении процентной ставки уровень технологичности сначала понижался, но затем возрастал.

Поскольку процесс технологического замещения предполагает создание новой технологии, вытесняю-

² Однако с учетом периодов возрастания процентной ставки и блокировки инвестиций, а также изменяющегося состояния объектов для инвестирования в обработку, сырьевом и транзакционном секторах в 2021 г. этот показатель вышел на уровень примерно 2010–2011 г. Другими словами, никакого значимого увеличения технологичности не произошло. Здесь измерение уровня технологичности привязано к оценке объёма инноваций, поскольку, полагаем, они могут осуществляться на лучшей технологической базе (особенно технологические инновации, характерные для обработки). Иные способы оценки нам видятся не менее, если не более, ущербными и уязвимыми, во всяком случае предполагающими не менее натянутые допущения. Эффективного метода измерения уровня технологичности на сегодня не разработано, и статистические службы явно не готовы к ведению такой работы.

Таблица 1 – Режимы управления технологическим замещением

Table 1 – Technological substitution control modes

Тип технологического замещения	Режим управления	Инструменты влияния
Экономное	Управление ресурсами и внутренними затратами	Антиинфляционная политика, отраслевая политика регулирования цен и сдерживания роста затрат, методы оптимизации затрат в компании, повышение эффективности логистики ресурсов
Результативное	Управление стоимостью	Обеспечение инноваторов авансовым капиталом (стимулирующая монетарная и бюджетная политика), инновационная политика, формирование стимулов (включая налоги) для ввода новых технологий и создания новых изделий, улучшение технических параметров изделий, повышение капитализации компании
Пропорциональное	Управление в системе «затраты – выпуск», управление структурной динамикой	Меры макроэкономической и отраслевой политики, обеспечивающие опережающий рост стоимости над ресурсной базой и затратами
Оптимальное	Управление системными параметрами, эффективностью, бережливое производство	Методы бережливого производства и стимулирования создания более высокой стоимости, комбинирующие результативный и экономный режимы управления

щей прежнюю технологию, можно говорить об инвестициях в новые технологии, оценка эффективности и управление потоком которых и может составить подход в области управления технологическим замещением. Технологическое дополнение все-таки, с некоторыми исключениями, базируется на инвестициях в старые технологии, так как уже имеется набор созданных технологий, используемых как дополнение в уже действующих технологических цепочках, но повышающих их качество и результативность. Иначе говоря, здесь преобладают инвестиции в старые технологии. При технологическом замещении инвестируются как старые, так и новые технологии. Важно учитывать, что рост инвестиций в каждый тип технологий может сопровождаться увеличением технологичности, а может – снижением или отсутствием роста. Таким образом, уровень технологичности как цели управления может быть нечувствительным к инвестициям в старые и новые технологии либо совместно, либо отдельно – к одним чувствителен, к другим – нет.

Таким образом, в рамках дихотомии «инвестиции в старые – новые технологии» можно обозначить режимы управления технологическим замещением. Представим их в табл. 2 и на рис. 7, где отражены режимы управления на основе связи уровня технологичности (Т) и инвестиций в старые технологии (I_s) (рис. 7а), а также связи этого параметра с инвестициями в новые

технологии (I_n) (рис. 7б). Нужно отметить, что инвестиции в старые технологии при технологическом замещении обычно превышают инвестиции при технологическом дополнении, за отдельными исключениями, которые не меняют данного общего свойства. Это позволяет выделить зоны технологического замещения и дополнения, обозначая и режимы управления этими процессами в привязке к инвестициям (рис. 7а).

Из табл. 2 видно, что низкая чувствительность уровня технологичности к росту инвестиций в старые и новые технологии вызвана состоянием объекта инвестирования, масштабом и зависимостью от одного и другого типа технологий, величиной самого инвестирования, которое не может существенно повлиять на технологичность. Следовательно, чтобы повлиять на процесс технологического обновления, необходимо выделить требуемую величину инвестиций в новые и старые технологии, детерминирующие текущий технологический базис экономики. Структурный перекос в одну сторону, например только новых технологий, будет такой же ошибкой, как и их недоинвестирование. Определение масштаба инвестиций по каждой отрасли должно предполагать собственный набор планируемых действий. Оценка чувствительности уровня технологичности по каждому типу инвестиций сразу показывает, что доминируют, например, старые технологии, если инвестиции в них обеспечивают подъем общего уровня технологичности.

Таблица 2 – Режим технологического обновления и инвестиции
Table 2 – Technology modernization mode and investment

Режим обновления	Содержание (за счет чего происходит процесс обновления)	Инвестиции (рост или высокие по величине)	Уровень технологичности – причины изменения	
			Понижается (нечувствителен)	Повышается (чувствителен)
Технологическое замещение (ТЗ)	За счет старой технологии или не очень новой	$I_s T^3$	Масштаб замещения небольшой и продиктован иными причинами – не ростом уровня технологичности	Объем достаточный, зависимость от старых технологий велика
	За счет новой технологии	I_n	В силу малого масштаба, доли таких инвестиций, низкой зависимости от новых технологий	Достаточные масштаб, зависимость от новых технологий и величина
Технологическое дополнение (ТД)	За счет старой технологии или близкого класса, не самой новой	$I_s T^D$	Сохраняющаяся невысокая эффективность технологических цепочек	Рост эффективности технологической цепочки или ненизкий исходный уровень технологичности

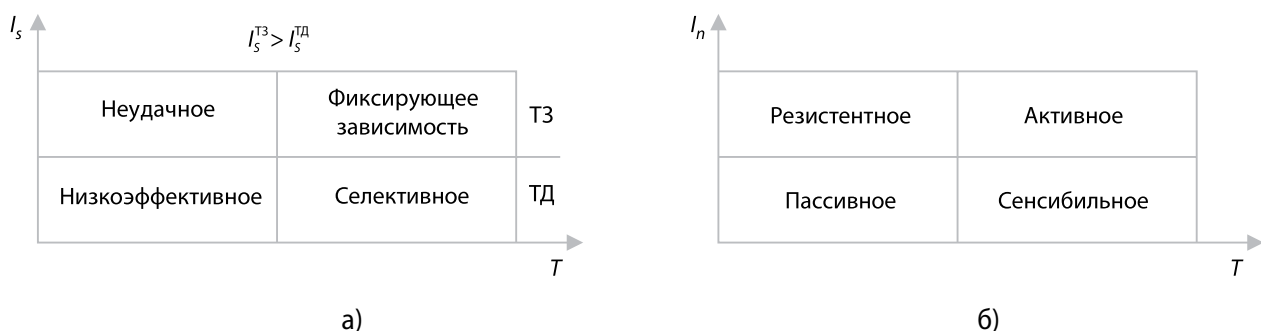


Рис. 7. Режимы управления технологическим замещением: а) по старым технологиям; б) по новым технологиям
Fig. 7. Technological substitution control modes by a) low technology and b) high technology

Рисунок 7 отражает выделенные возможные режимы управления технологическим обновлением – замещением и дополнением – по каждому виду инвестиций.

Подобные иллюстрации следует получить по каждой отрасли экономики и для страны в целом, чтобы идентифицировать именно тот режим, который имеется на данный момент, и установить возможности его изменения за счет управления структурой инвестиций в старые и новые технологии на макроуровне. Если инвестиции в старые технологии относительно высоки при низком уровне технологичности (не позволяют ему вырасти), то это явно неудачный режим управления технологическим замещением (рис. 7а). Низкая величина таких инвестиций и относительно низкий уровень технологичности отображают низкоэффективное управление в рамках технологического дополнения. Если технологичность довольно высока, но и инвестиции в старые технологии значительные, следовательно, сформировалась база развития экономики на старом каркасе, который и поддерживается проводимой политикой. Это режим управления, фиксирующий зависимость от старых технологий.

Когда же инвестиции в старые технологии невелики, но технологичность значительная, имеет место селективное технологическое дополнение. В таком случае основной вклад в технологичность вносят новые технологии и инвестиции в них. Режимы управления в этой ситуации отражает рис. 7б. При относительно высоких инвестициях в новые технологии низкий уровень технологичности или отсутствие его роста означает сложившуюся резистентность к новым технологиям. При высокой величине инвестиций в новые технологии и высокой технологичности или ее росте – активный режим, если же оба показателя низкие – пассивный, и при низкой величине инвестиций в новые технологии и относительно высокой технологичности налицо сенсительный (чувствительный) режим. Рисунок 7 совместно с табл. 2 позволяет идентифицировать сложившийся режим управления технологическим замещением на объекте, чтобы затем изменять набор инструментов влияния на ситуацию.

На уровне макроуправления имеет значение общая чувствительность технологичности к инвестициям в фонды, что определяет общие границы сложившегося режима структурно-технологического развития. Можно уверенно утверждать, что для общей величины инвестиций режимы будут отражать рис. 7б, то есть их характеристика будет такой же, как и при рассмотрении инвестиций в новые технологии.

Перспектива исследования этой проблемы видится в том, чтобы обозначить набор и силу применяемых инструментов в рамках каждого из выделенных режимов управления, привязав инструменты управления к конкретному режиму. Кроме того, нужно учитывать сложившуюся экономическую структуру, которая предъявляет различные требования как к технологи-

ческому уровню, так и к процессу технологического обновления. Эти действия являются неотъемлемым элементом планирования научно-технического развития [Хейнман, 2008] и планирования развития экономики [Tinbergen, 1967].

Состояние экономической структуры, включая сложившуюся технологическую структуру, в которой, например, доминируют старые технологии и инвестиции в них, определяет возможность переключения режима управления технологическим обновлением. Если на конкретных объектах микроэкономического уровня происходят какие-то прорывные технологические изменения, то в масштабах экономики в целом нужны усилия, правительственная политика и ресурсы, чтобы изменить этот режим.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Государственное управление замещением технологий

Развитие российской экономики в технологическом отношении характеризуется следующими устойчивыми свойствами: низкой долей в ВВП передовых наукоемких производств (пятого и шестого технологических укладов) [Глазьев, 2017], как и величиной экономики знаний, наличием псевдоэффекта технологического дуализма, низкой чувствительностью общей технологичности к инвестициям в новые технологии, сформировавшимся «инвестиционным тоннелем»¹, институциональным ослаблением сфер науки и образования, а в последние годы еще и санкционным давлением.

Технологический дуализм представляет явление, когда капиталоемкие технологии в одних секторах вытесняют труд, который перемещается в трудоинтенсивные сектора экономики, поддерживая соответствующие технологии. В итоге возникает своеобразный дуализм – наличие капиталоемких и трудоинтенсивных технологий, которые обуславливают друг друга. Однако в России он возникает в искаженной форме, как псевдоэффект: труд уходит из обрабатывающих секторов, являющихся капиталоемкими, но не по причине масштабного технологического обновления, а в силу структурной деформации экономики. Таблица 3, сформированная в ходе расчета данных по российской экономике до 2021 г., наглядно отражает явление технологического дуализма.

¹ Этому явлению посвящены отдельные наши работы. Оно обнаруживается при расчете инвестиций в основной капитал в экономике и промышленности РФ в ценах 2000 г. Оказывается, что с 2008 по 2021 г. эти инвестиции колеблются в определенном диапазоне (тоннеле). Отсутствует их рост, например, характерный для периода с 2000 по 2007 г. При определенной величине инвестиций удастся выйти за эти границы, но рост и понижение (колебания) инвестиций четко в неких рамках на протяжении 14–15 лет могут рассматриваться как некий тоннель развития по инвестиционной компоненте. Чтобы это произошло, требуется соответствующее государственное управление – инвестиционная политика, учитывающая структуру экономики и инвестиций.

Таблица 3 – Перемещение фондов и труда между сектором обработки и транзакционно-сырьевым агрегированным сектором
 Table 3 – Movement of funds and labour between the processing sector and the transactional-primary aggregated sector

Агрегированные секторы (в сумме дают ВВП РФ)	Изменение основного капитала (фондов) в секторах		Изменение количества занятых в секторах	
	Млн р. в ценах 2005 г.	%	Тыс. чел.	%
Обрабатывающий	1 357 111	18,18	-1 639	-2,36
Транзакционно-сырьевой	30 558 229	185,95	4 898	6,90

Составлено по данным Росстата: https://rosstat.gov.ru/labour_force; https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/business/osnfond/nal_ved2.htm.

Как видно, трудовой ресурс покидал обработку, а фондирование происходило куда в меньшем объеме (кратно), нежели в транзакционно-сырьевом секторе. При этом технологический уровень ощутимо не возрастал, хотя промышленность как обрабатывающая отрасль показывала положительную чувствительность к инвестициям в новые технологии и отрицательную (с ростом инвестиций понижается уровень технологичности) – в старые технологии.

Поскольку в обработке реализуется большой объем новых технологий (технологических инноваций), требуется государственная политика, элиминирующая псевдоэффект технологического дуализма. Она должна учитывать сложившийся режим управления и чувствительность целевого параметра управления (уровня технологичности) к инвестициям в новые и старые технологии.

Стратегические ориентиры государственного управления должны включать решение общих макроэкономических и внутриотраслевых задач по преодолению указанного негативного эффекта.

Обобщая проведенное исследование, рекомендации по государственному управлению можно обозначить следующим набором принципиально важных позиций, не учитываемых в нужном объеме при планировании государственной политики в России.

Во-первых, необходимо многократное увеличение совокупной величины инвестиций в основной капитал, для чего требуется формировать спрос на средства производства и генерировать государственные инвестиции, выступающие и сигналом, и гарантом – страховкой для частных инвестиций (бизнеса). Расширение потребления на внутреннем рынке следует контролировать, чтобы оно происходило соразмерно росту инвестиций и получению продуктовой отдачи от них.

Во-вторых, острой проблемой выступает управление структурой инвестиций – подобная постановка задачи на сегодня отсутствует на макроуровне управления. Для реализации такого управления нужна намеренная элиминация секторального псевдоэффекта технологического дуализма. Это потребует не только снижения рисков в обрабатывающих секторах, но и относительного их увеличения в транзакционных видах деятельности (спекулятивного характера), а также создания стимулов для интеллектуального труда

в обработке, как и социальных условий для подготовки и размещения новых кадров.

В-третьих, требуетсякратноувеличитьинвестиции в новые технологии, планомерно переходя к режиму активного замещения технологий. Сейчас в России сложились пассивный и отчасти сенсильный режимы технологического замещения по новым технологиям, сменившие резистентный, который сохраняется по отдельным отраслям и видам деятельности. В области замещения старых технологий скорее наблюдаются неудачный и селективный режимы, причем масштабные инвестиции в старые технологии, которые значительно превышают объем инвестиций в новые технологии, работают в целом на поддержание или снижение уровня технологичности¹.

Однако, учитывая высокую зависимость уровня технологичности от старых технологий в России, требуется обеспечивать инвестиции в их замещение, хотя бы следующим технологическим классом.

В-четвертых, динамическое управление также выступает действенным форматом влияния на технологическое замещение и в целом экономическое развитие. Оно предусматривает воздействие на изменение соотношения темпов, задаваемых в общем виде динамикой инвестиций в новые и старые технологии, при обязательном росте общей величины инвестиций в основной капитал. Тем самым можно вести речь о пропорциональном режиме технологического замещения, хотя центральной задачей должен быть выход на оптимальный режим замещения в масштабах экономики. При этом по отдельным отраслям и видам деятельности могут сохраняться и даже практиковаться экономный и результативный режимы замещения технологий. Отраслевые программы развития и национальные проекты должны включать обозначенную логику и общий подход.

¹ Мы располагаем собственными расчетными оценками до 2017 г., которые с целью экономии места не приводятся. Хотя за период 2018–2022 гг. с учетом кризисов 2020 и 2022 гг. ситуация кардинально не поменялась. Изменения, которые могут оказать дальнейшее влияние на уровень технологического развития страны, произошли только в 2022 г., но эффект от них будет наблюдаться только по итогу 2023 и 2024 гг., поскольку технологическая область инерционная, и двухлетний период является минимальным для оценки глубины наметившихся в 2023 г. позитивных изменений в данной области.

В-пятых, налоговые изменения необходимо привязать к решению основной задачи трансформации инвестиционного потока с целью технологического замещения, стимулирования российских технологий.

Таким образом, эффективность структурно-технологического развития может быть обеспечена методами государственного управления за счет идентификации сложившихся режимов технологического замещения и управления ими и подбором инструментов для планового перемещения от одного режима к другому.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог проведенному исследованию, обозначим некоторые выводы.

Во-первых, выбор режима государственного управления технологическим обновлением (замещением, дополнением) имеет специфику по каждому виду деятельности и отрасли, но в масштабе экономики он детерминирован макроэкономической политикой, в частности, бюджетными и монетарными возможностями, которые могут как создавать общий вектор спроса на технологическое обновление, так и элиминировать его. Без рассмотрения аспектов адсорбции денежной массы и чувствительности уровня технологичности (а его нужно научиться измерять) к инструментам проводимой политики, сказать что-то более конкретное по этому влиянию на сегодня не представляется возможным. Вес имеют оценки чувствительности и давние разработки советского периода, касающиеся области планирования научно-технического развития [Хейнман, 2008].

Во-вторых, предложенный подход к типизации технологического обновления и выделению режимов управления применим на микро- и макроэкономическом уровнях организации экономики. Несомненным его плюсом, на наш взгляд, выступает привязка к структуре инвестиций в старые и новые технологии, на которую можно влиять в рамках проводимой промышленно-инвестиционной политики, ориентируя мероприятия в области государственного управления на отраслевой разрез и в общесистемном ракурсе в увязке с создающимися макроэкономическими условиями развития.

Таким образом, представленный новый подход, с одной стороны, позволяет идентифицировать сложившийся режим управления процессом технологического обновления, с другой стороны, демонстрирует направление изменений в области государственного управления как на инструментальном уровне, так и в области стратегического вектора управления. Перспективу исследования составляет анализ режимов технологического замещения по величине создаваемой стоимости, используемых ресурсов и затрат на обслуживание технологий, причем с поиском соответствия тому или иному режиму управления, выделенному по инвестициям в старые и новые технологии, что может рассматриваться как аналог затрат на технологическое обновление. Это потребует оценки динамики применяемых в статье показателей на имеющемся эмпирическом материале, что может быть предпринято в следующих работах. ■

Источники

- Глазьев С.Ю. (1993). Теория долгосрочного технико-экономического развития. Москва: Владар.
- Глазьев С.Ю. (2017). Семь сценариев для России // Стратегические приоритеты. № 1(13). С. 101–105.
- Нельсон Р, Уинтер С. (2000). Эволюционная теория экономических изменений. Москва: Финстатинформ.
- Перес К. (2011). Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания. Москва: Дело.
- Сухарев О.С. (2019). Управление структурой технологического развития: риск и «процентный портфель» // Управленец. Т. 10, № 1. С. 2–15. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2019-10-1-1>
- Хейнман С.А. (2008). Эффективность национальной экономики: источники роста, потери и резервы. Москва: ИЭ РАН. Т. 1–2.
- 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*, vol. 72, 102184. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102184>
- Amann E. (2002). Globalisation, industrial efficiency and technological sovereignty: Evidence from Brazil. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 42, no. 5, pp. 875–888. [https://doi.org/10.1016/S1062-9769\(02\)00144-8](https://doi.org/10.1016/S1062-9769(02)00144-8)
- Bassens D., Hendrikse R. (2022). Asserting Europe's technological sovereignty amid American platform finance: Countering financial sector dependence on Big Tech? *Political Geography*, vol. 97, 102648. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2022.102648>
- Chandio A.A., Sethi N., Dash D.P., Usman M. (2022). Towards sustainable food production: What role ICT and technological development can play for cereal production in Asian-7 countries? *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 202, 107368. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107368>
- Chaturvedi T. (2023). How corporate development activities resolve the legitimacy-adaptation dilemma: A case study in technological substitution. *Journal of Business Research*, vol. 164, 113983. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113983>
- Crafts N. (2005). The First Industrial Revolution: Resolving the Slow Growth/Rapid Industrialization Paradox. *Journal of the European Economic Association*, vol. 3, no. 2/3, Papers and Proceedings of the Nineteenth Annual Congress of the European Economic Association (Apr. - May, 2005), pp. 525–534.

- Dattée B., Weil H.B. (2007). Dynamics of social factors in technological substitutions. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 74, no. 5, pp. 579–607. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.03.003>
- 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*, vol. 52, no. 6, 104765. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104765>
- 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*, vol. 32, no. 2, 100419. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2021.100419>
- Eum W., Lee J-D. (2022). The co-evolution of production and technological capabilities during industrial development. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 63, pp. 454–469. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.07.001>
- Gabardo F.A., Pereima J.B., Einloft P. (2017). The incorporation of structural change into growth theory: A historical appraisal. *Economía*, vol. 18, no. 3, pp. 392–410. <https://doi.org/10.1016/j.econ.2017.05.003>
- Hasan M.M., Du F. (2023). Nexus between green financial development, green technological innovation and environmental regulation in China. *Renewable Energy*, vol. 204, pp. 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.095>
- Jiang H., Zhao Sh., Zhang S., Xu X. (2018). The adaptive mechanism between technology standardization and technology development: An empirical study. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 135, pp. 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.015>
- Kamble S.S., Gunasekaran A., Gawankar S.A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 117, pp. 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Långstedt J., Spohr J., Hellström M. (2023). Are our values becoming more fit for artificial intelligence society? A longitudinal study of occupational values and occupational susceptibility to technological substitution. *Technology in Society*, vol. 72, 102205. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102205>
- Lu Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 6, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Magistretti S., Dell’Era C., Verganti R. (2020). Searching for the right application: A technology development review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 151, 119879. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119879>
- Ponte A., Leon G., Alvarez I. (2023). Technological sovereignty of the EU in advanced 5G mobile communications: An empirical approach. *Telecommunications Policy*, vol. 47, issue 1, 102459. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102459>
- Romano L., Traù F. (2017). The nature of industrial development and the speed of structural change. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 42, pp. 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2017.05.003>
- Sukharev O.S. (2018). Public administration: Institutions, resource transfer, jobs. *Upravlenets / The Manager*, vol. 9, no. 5, pp. 11–25. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2018-9-5-2>
- Sukharev O.S. (2020). Portfolio theory in solving the problem structural choice. *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 13, no. 9, 195. <https://doi.org/10.3390/jrfm13090195>
- Takashima N. (2023). Self-enforcing international environmental agreements with third-party organizations: Initial payment, technological development, and refunding. *Economics Letters*, vol. 228, 111164. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4386872>
- Tinbergen J. (1967). *Development planning*. London: World University Library.
- Yan Zh., Sun Z., Shi R., Zhao M. (2023). Smart city and green development: Empirical evidence from the perspective of green technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 191, 122507. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122507>
- Wang M-Y., Lan W-T. (2007). Combined forecast process: Combining scenario analysis with the technological substitution model. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 74, issue 3, pp. 357–378. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.08.002>
- Wu L., Chen W. (2023). Technological achievements in regional economic development: An econometrics analysis based on DEA. *Heliyon*, vol. 9, no. 6, e17023. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4335563>

References

- Glazyev S.Yu. (1993). *Theory of long-term technical and economic development*. Moscow: Vldar. (in Russ.)
- Glazyev S.Yu. (2017). Seven scenarios for Russia. *Strategicheskie priority / Strategic Priorities*, no. 1(13), pp. 101–105. (in Russ.)
- Nelson R., Winter S. (2000). *An evolutionary theory of economic change*. Moscow: Finstatinform. (in Russ.)
- Peres K. (2011). *Technological revolutions and financial capital. Dynamics of bubbles and periods of prosperity*. Moscow: Delo. (in Russ.)
- Sukharev O.S. (2019). Managing the technological development structure: Risk and “interest portfolio”. *Upravlenets / The Manager*, vol. 10, no. 1, pp. 2–15. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2019-10-1-1>. (in Russ.)
- Kheyman S.A. (2008). *Efficiency of the national economy: Sources of growth, losses and reserves*. Moscow: Institute of Economics of the RAS. Vol. 1–2. (in Russ.)
- 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*, vol. 72, 102184. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102184>
- Amann E. (2002). Globalisation, industrial efficiency and technological sovereignty: Evidence from Brazil. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 42, no. 5, pp. 875–888. [https://doi.org/10.1016/S1062-9769\(02\)00144-8](https://doi.org/10.1016/S1062-9769(02)00144-8)

- Bassens D., Hendrikse R. (2022). Asserting Europe's technological sovereignty amid American platform finance: Countering financial sector dependence on Big Tech? *Political Geography*, vol. 97, 102648. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2022.102648>
- Chandio A.A., Sethi N., Dash D.P., Usman M. (2022). Towards sustainable food production: What role ICT and technological development can play for cereal production in Asian-7 countries? *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 202, 107368. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107368>
- Chaturvedi T. (2023). How corporate development activities resolve the legitimacy-adaptation dilemma: A case study in technological substitution. *Journal of Business Research*, vol. 164, 113983. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113983>
- Crafts N. (2005). The First Industrial Revolution: Resolving the Slow Growth/Rapid Industrialization Paradox. *Journal of the European Economic Association*, vol. 3, no. 2/3, Papers and Proceedings of the Nineteenth Annual Congress of the European Economic Association (Apr. - May, 2005), pp. 525–534.
- Dattée B., Weil H.B. (2007). Dynamics of social factors in technological substitutions. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 74, no. 5, pp. 579–607. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.03.003>
- 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*, vol. 52, no. 6, 104765. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104765>
- 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*, vol. 32, no. 2, 100419. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2021.100419>
- Eum W., Lee J-D. (2022). The co-evolution of production and technological capabilities during industrial development. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 63, pp. 454–469. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.07.001>
- Gabardo F.A., Pereima J.B., Einloft P. (2017). The incorporation of structural change into growth theory: A historical appraisal. *Economia*, vol. 18, no. 3, pp. 392–410. <https://doi.org/10.1016/j.econ.2017.05.003>
- Hasan M.M., Du F. (2023). Nexus between green financial development, green technological innovation and environmental regulation in China. *Renewable Energy*, vol. 204, pp. 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.095>
- Jiang H., Zhao Sh., Zhang S., Xu X. (2018). The adaptive mechanism between technology standardization and technology development: An empirical study. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 135, pp. 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.015>
- Kamble S.S., Gunasekaran A., Gawankar S.A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 117, pp. 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Långstedt J., Spohr J., Hellström M. (2023). Are our values becoming more fit for artificial intelligence society? A longitudinal study of occupational values and occupational susceptibility to technological substitution. *Technology in Society*, vol. 72, 102205. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102205>
- Lu Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 6, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Magistretti S., Dell'Era C., Verganti R. (2020). Searching for the right application: A technology development review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 151, 119879. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119879>
- Ponte A., Leon G., Alvarez I. (2023). Technological sovereignty of the EU in advanced 5G mobile communications: An empirical approach. *Telecommunications Policy*, vol. 47, issue 1, 102459. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102459>
- Romano L., Traù F. (2017). The nature of industrial development and the speed of structural change. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 42, pp. 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2017.05.003>
- Sukharev O.S. (2018). Public administration: Institutions, resource transfer, jobs. *Upravlenets / The Manager*, vol. 9, no. 5, pp. 11–25. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2018-9-5-2>
- Sukharev O.S. (2020). Portfolio theory in solving the problem structural choice. *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 13, no. 9, 195. <https://doi.org/10.3390/jrfm13090195>
- Takashima N. (2023). Self-enforcing international environmental agreements with third-party organizations: Initial payment, technological development, and refunding. *Economics Letters*, vol. 228, 111164. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4386872>
- Tinbergen J. (1967). *Development planning*. London: World University Library.
- Yan Zh., Sun Z., Shi R., Zhao M. (2023). Smart city and green development: Empirical evidence from the perspective of green technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 191, 122507. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122507>
- Wang M-Y., Lan W-T. (2007). Combined forecast process: Combining scenario analysis with the technological substitution model. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 74, issue 3, pp. 357–378. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.08.002>
- Wu L., Chen W. (2023). Technological achievements in regional economic development: An econometrics analysis based on DEA. *Heliyon*, vol. 9, no. 6, e17023. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4335563>

Информация об авторе

Сухарев Олег Сергеевич

Доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник. Институт экономики РАН. г. Москва, РФ. E-mail: o_sukharev@list.ru

Information about the author

Oleg S. Sukharev

Dr. Sc. (Econ.), Professor, Chief Researcher. Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: o_sukharev@list.ru