DOI: 10.15838/esc.2026.5.107.10
УДК 332.1:331.101.6:004, ББК 65.049(2Рос-6Арк)
© Баранов С.В., Скуфьина Т.П., Хаценко Е.С.

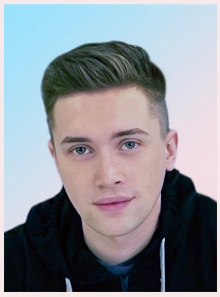
Специфика связи ИКТ-инвестиций с производительностью труда в Арктической зоне РФ в сравнении с общероссийскими тенденциями



Сергей Владимирович
БАРАНОВ
Кольский научный центр Российской академии наук
Апатиты, Российская Федерация
e-mail: bars.vl@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1960-6120; ResearcherID: T-2287-2019



Татьяна Петровна
СКУФЬИНА
Кольский научный центр Российской академии наук
Апатиты, Российская Федерация
e-mail: skufina@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7382-3110; ResearcherID: W-9356-2019



Егор Сергеевич
ХАЦЕНКО
Кольский научный центр Российской академии наук
Апатиты, Российская Федерация
e-mail: egor-mur@bk.ru
ORCID: 0000-0002-7845-1528; ResearcherID: ADX-0163-2022

Для цитирования: Баранов С.В., Скуфьина Т.П., Хаценко Е.С. (2026). Специфика связи ИКТ-инвестиций с производительностью труда в Арктической зоне РФ в сравнении с общероссийскими тенденциями // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 19. № 5. С. 199–213. DOI: 10.15838/esc.2026.5.107.10

For citation: Baranov S.V., Skufina T.P., Khatsenko E.S. (2026). The specifics of the relationship between ICT investment and labor productivity in the Arctic Zone of the Russian Federation compared with nationwide trends. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 19(5), 199–213. DOI: 10.15838/esc.2026.5.107.10

Аннотация. Цифровая трансформация экономики сопровождается ростом вложений в информационно-коммуникационные технологии, однако статистическая связь таких вложений с производительностью труда остается неоднозначной и может зависеть от территориальной структуры экономики, периода наблюдения и способа измерения ИКТ-инвестиций. Цель исследования – сопоставить связь инвестиционных потоков с производительностью труда в Российской Федерации, Арктической зоне РФ и регионах вне её, оценить устойчивость полученных результатов. Дополнительно рассматриваются полностью и частично арктические регионы, что позволяет учитывать внутреннюю неоднородность Арктической зоны РФ. Использованы данные Росстата за 2010–2024 гг., приведенные к ценам 2010 года. Для рассматриваемых территорий оценены лог-линейные модели с ИКТ- и не ИКТ-инвестициями на одного занятого. Устойчивость результатов проверена на альтернативных временных интервалах, при включении линейного тренда, в первых разностях и в дополнительных моделях с остаточной стоимостью основных фондов. В основной спецификации положительная связь ИКТ-инвестиций с производительностью выявляется для РФ и регионов вне Арктической зоны РФ, однако она неустойчива к учету общей временной динамики. Для Арктической зоны РФ устойчивого подтверждения положительной связи не получено; оценки зависят от периода наблюдения и различаются между полностью и частично арктическими регионами. Существенным ограничением является отраслевой характер используемого показателя ИКТ-инвестиций, который не охватывает ИКТ-вложения организаций других видов деятельности. Полученные результаты указывают на необходимость осторожной интерпретации агрегированных оценок и учета территориальной и структурной неоднородности при анализе связи цифровых инвестиций с производительностью труда.

Ключевые слова: ИКТ-инвестиции, производительность труда, эластичность производительности труда, Арктическая зона РФ, региональная экономика, инвестиции в основной капитал.

Благодарность

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-28-01271, https://rscf.ru/project/25-28-01271/.

Введение

Одним из количественных проявлений цифровой трансформации российской экономики является рост затрат на её развитие. По данным сборника «Индикаторы цифровой экономики: 2026»[1], номинальный объём валовых затрат организаций и домашних хозяйств на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними товаров и услуг увеличился с 3,3 трлн руб. в 2017 году до 6,7 трлн руб. в 2024 году; данные за 2024 год предварительные. При этом их доля в ВВП снизилась с 3,6 до 3,3%, поэтому номинальное увеличение денежных затрат само по себе не свидетельствует ни о росте их реального объёма, ни о повышении экономической эффективности. Это ставит вопрос о том, связаны ли инвестиции в сферу информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) с производительностью труда и насколько устойчива эта связь, что и рассматривается в настоящем исследовании.

Метаанализ на макроуровне преимущественно указывает на положительную связь, однако её величина существенно различается в зависимости от уровня развития экономики, размера выборки и периода наблюдения (Wang et al., 2024). Метаанализ на уровне фирм также выявляет положительную, но слабую связь ИКТ-капитала с производительностью (Polák, 2017). Отдача от ИКТ способна проявляться с запаздыванием и зависеть от дополняющих организационных ресурсов (Brynjolfsson, Hitt,

[1] Индикаторы цифровой экономики: 2026: стат. сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, М.Я. Бочаров, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2026. 304 с. С. 30, 276–277. DOI: 10.17323/978-5-7598-3047-4.

2003; Ceccobelli et al., 2012). Adarov et al. выявляют положительную связь роста ИКТ-капитала, особенно программного обеспечения и баз данных, с ростом производительности труда (Adarov et al., 2022). Поэтому связь ИКТ-инвестиций с производительностью может различаться между территориями и периодами наблюдения.

Российские исследования также дают неоднозначные результаты. Положительные связи выявлены для отдельных отраслей, показателей расходов, активов и использования цифровых технологий (Gasanov, 2022; Varlamova, Larionova, 2020; Халимова, Иванова, 2021). Вместе с тем включение показателей ИКТ не всегда обеспечивает надежную оценку величины их вклада, а для отдельных характеристик цифровизации статистически значимая связь с производительностью не обнаруживается (Баранов, Скуфьина, 2014; Stuken et al., 2023). Различия результатов отражают неодинаковое содержание показателей ИКТ, отраслевую и территориальную неоднородность, выбор периода и возможную взаимную обусловленность выпуска и инвестиций.

Для Арктической зоны РФ (АЗРФ) эта проблематика особенно значима. Ресурсная специализация, малонаселённость, кадровые ограничения, пространственная рассредоточенность населения и высокая стоимость цифровой инфраструктуры формируют специфические условия использования ИКТ и могут усиливать территориальную неоднородность цифровизации (Kozlov et al., 2020; Гладких, Романова, 2024; Тимушев, 2025). Л.А. Куратова на основе интегрального индекса цифровизации домохозяйств, населения, органов власти и организаций сопоставила девять арктических регионов за 2014–2020 гг. и выявила существенные различия в уровне их цифровизации, а также ограничения доступности цифровой инфраструктуры в малых и удалённых населённых пунктах (Куратова, 2023). Другие исследования фиксируют выраженные различия регионов АЗРФ по состоянию цифровой инфраструктуры, доле сектора «информация и связь» в ВРП, применению передовых цифровых технологий и согласованности динамики выпуска, капитала и занятости (Nalivaychenko et al., 2025; Баранов и др., 2025; Баранов, Скуфьина, 2025). Вместе с тем эти работы преимущественно характеризуют инфраструктуру, цифровую готовность или общие факторы производства и не дают сопоставимой оценки связи ИКТ-инвестиций в основной капитал с выпуском на одного занятого.

Исследовательский пробел состоит в отсутствии сопоставимой оценки устойчивости связи ИКТ-инвестиций с производительностью труда для РФ, АЗРФ и регионов вне АЗРФ на основе единой системы показателей. Цель исследования – оценить эту связь по данным 2010–2024 гг. с раздельным учетом ИКТ- и не ИКТ-инвестиций и проверить устойчивость результатов к выбору периода, включению линейного временного тренда и переходу к годовым изменениям.

Исходные данные

Исследование основано на данных Росстата за 2010–2024 гг. по валовому региональному продукту (ВРП), среднегодовой численности занятых, инвестициям в основной капитал и инвестициям по виду экономической деятельности, используемому для выделения ИКТ-компоненты, а для дополнительной проверки – по остаточной балансовой стоимости основных фондов в целом и по виду экономической деятельности «Информация и связь»[2].

ВРП и инвестиции приведены к сопоставимым ценам 2010 года цепным методом с использованием соответствующих индексов физического объёма. В дополнительной проверке запас капитала измеряется опубликованной Росстатом остаточной балансовой стоимостью, поэтому накопленный износ уже учтен в исходном показателе; степень износа применяется только для контрольной сверки остаточной и полной учетной стоимости. Поскольку в использованных центральных сборниках «Регионы России» отсутствует единый сопоставимый ряд индексов физического объёма основных фондов по всем субъектам РФ за рассматриваемый период, остаточная стоимость

[2] Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Регионы России. Социально-экономические показатели. 2025. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204; Инвестиции в России. 2025. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13238; Труд и занятость в России. 2025. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13210; Основные фонды и другие нефинансовые активы. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/14304 (дата обращения: 28.08.2026).

дефлирована приближенным инвестиционным дефлятором. Полученный показатель является расчетной прокси-оценкой, а не официальной оценкой реальной остаточной стоимости основных фондов.

Инвестиции в ИКТ (I^{ICT}) выделяются из общего объёма инвестиций в основной капитал (I^{total}) по соответствующему виду экономической деятельности:

$$I_{it}^{nonICT} = I_{it}^{total} - I_{it}^{ICT},$$

где I^{nonICT} – не ИКТ-инвестиции; i – регион; t – год.

В 2010–2016 гг. ИКТ-компонента представлена видом экономической деятельности «связь», а с 2017 года – видом «информация и связь», что отражает переход к новой классификации[3]. Для учета смены классификации устойчивость результатов далее проверяется на альтернативных периодах. Таким образом, данный показатель является отраслевым приближением ИКТ-инвестиций: он включает инвестиции во все виды основных фондов организаций соответствующих видов деятельности, но не охватывает ИКТ-вложения организаций других видов деятельности.

Основное сопоставление проводится для РФ, АЗРФ и регионов вне АЗРФ. Региональная выборка включает 83 субъекта РФ. Республика Крым и г. Севастополь исключены из исследования из-за отсутствия полного набора данных за 2010–2024 гг. Дополнительно для анализа внутренней неоднородности АЗРФ отдельно рассматриваются полностью входящие в нее субъекты: Мурманская область, Ненецкий автономный округ, Чукотский автономный округ и Ямало-Ненецкий автономный округ – и частично входящие субъекты: Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область без Ненецкого автономного округа, Красноярский край и Республика Саха (Якутия).

Для РФ используются официальные показатели Росстата. Для АЗРФ, полностью и частично арктических регионов и регионов вне АЗРФ абсолютные показатели формируются суммированием данных по входящим в соответствующую группу субъектам:

$$Y_{g,t} = \sum_{i \in g} Y_{i,t}, \qquad L_{g,t} = \sum_{i \in g} L_{i,t},$$

$$I_{g,t}^{ICT} = \sum_{i \in g} I_{i,t}^{ICT}, \qquad I_{g,t}^{nonICT} = \sum_{i \in g} I_{i,t}^{nonICT}. \quad (1)$$

Затем рассчитываются показатели на одного занятого:

$$y_{g,t} = \frac{Y_{g,t}}{L_{g,t}}, \qquad i_{g,t}^{ICT} = \frac{I_{g,t}^{ICT}}{L_{g,t}}, \qquad i_{g,t}^{nonICT} = \frac{I_{g,t}^{nonICT}}{L_{g,t}}, \quad (2)$$

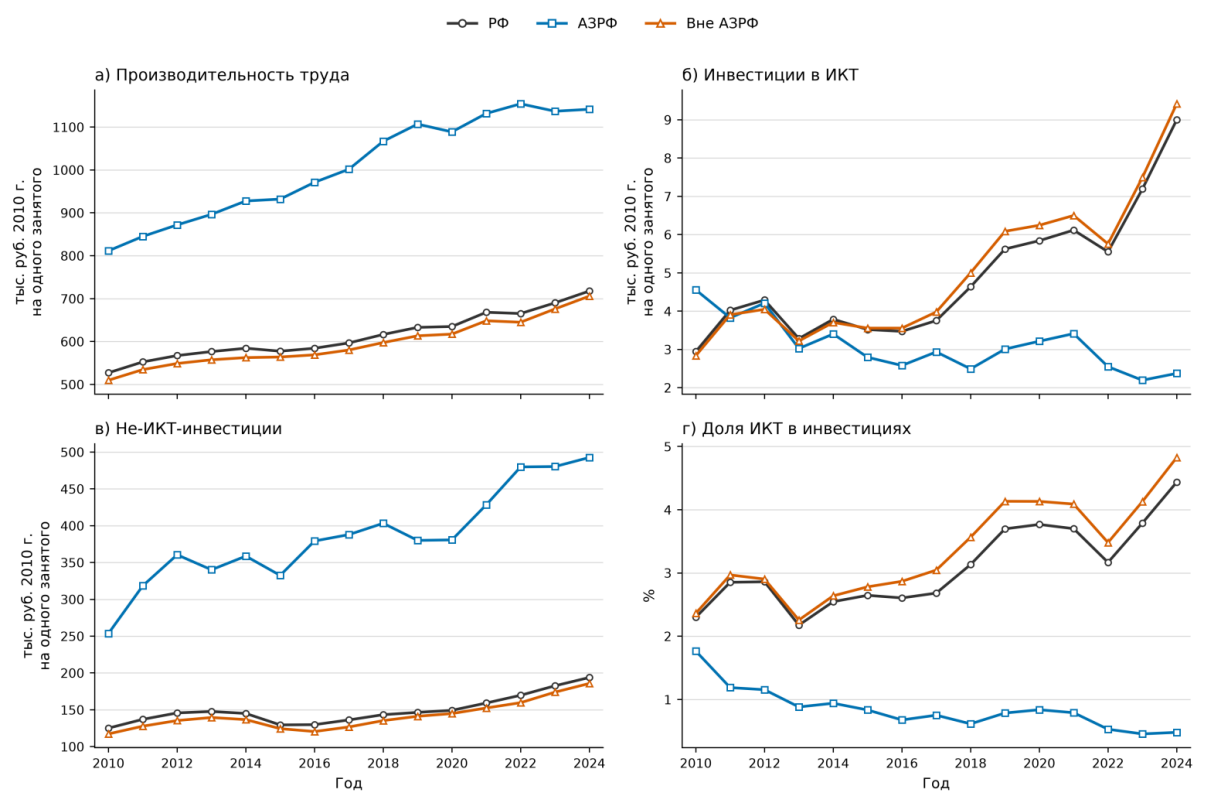
где g – РФ, АЗРФ, полностью арктические регионы, частично арктические регионы или регионы вне АЗРФ; Y – ВРП; L – среднегодовая численность занятых.

Для каждой территории производительность труда и инвестиции на одного занятого рассчитываются по совокупным значениям показателей, а не как простое среднее региональных значений. Производительность труда при этом эквивалентна средневзвешенной производительности регионов с весами, пропорциональными их занятости.

В 2010–2024 гг. производительность труда возрастала в РФ, АЗРФ и регионах вне АЗРФ (*рис. 1*). В АЗРФ уровень производительности труда оставался выше, чем в РФ и регионах вне АЗРФ. Динамика инвестиций существенно различалась. В РФ и регионах вне АЗРФ инвестиции в ИКТ на одного занятого и их доля в совокупных инвестициях заметно увеличились после 2017 года. В АЗРФ ИКТ-инвестиции были неустойчивыми, а их доля к концу периода снизилась. Не ИКТ-инвестиции на одного занятого в АЗРФ на протяжении всего периода существенно превышали уровни РФ и регионов вне АЗРФ и росли более высокими темпами.

[3] Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Основные понятия: инвестиции в основной капитал. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ptVbsve8/met-str.pdf; Регионы России. Основные характеристики субъектов РФ. 2020. Предисловие. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Reg_sub20.pdf (дата обращения: 24.08.2026).

Рис. 1. Динамика производительности труда и инвестиционных показателей, 2010–2024 гг.



Источник: расчеты авторов на основе данных Росстата.

Для дополнительной характеристики внутренней структуры АЗРФ в *таблице 1* представлены доли полностью и частично арктических регионов в основных агрегированных показателях.

Частично арктические регионы формируют около 79% занятости АЗРФ и 60–64% её ВРП. Их доля в ИКТ-инвестициях также преобладает, хотя за рассматриваемый период она снизилась с 83,7 до 72,7%. Доля полностью арктических регионов в ИКТ-инвестициях, напротив, увеличилась с 16,3 до 27,3%, а в не ИКТ-инвестициях к концу периода составила около половины агрегированного показателя АЗРФ. Такое соотношение иллюстрирует неоднородность внутренней структуры АЗРФ и дополняет основания для раздельного рассмотрения полностью и частично арктических регионов.

Таблица 1. Доли полностью и частично арктических регионов в агрегированных показателях АЗРФ, %

Год	Группа регионов	ВРП	Занятость	ИКТ-инвестиции	Не ИКТ-инвестиции
2010	Полностью арктические	35,9	21,2	16,3	45,1
2010	Частично арктические	64,1	78,8	83,7	54,9
2017	Полностью арктические	37,1	21,3	19,7	51,4
2017	Частично арктические	62,9	78,7	80,3	48,6
2024	Полностью арктические	40,2	21,0	27,3	50,2
2024	Частично арктические	59,8	79,0	72,7	49,8

Примечания. Доли рассчитаны по абсолютным агрегированным значениям показателей. Стоимостные показатели приведены к ценам 2010 г. Для частично арктических регионов используются данные по соответствующим субъектам РФ в целом. Сумма долей двух групп по каждому показателю и году равна 100%.
Источник: расчеты авторов на основе данных Росстата.

Отраслевая специфика АЗРФ дополнительно проявляется в более высокой роли добычи полезных ископаемых. В 2024 году на этот вид деятельности приходилось 7,0% среднегодовой численности занятых в АЗРФ против 1,7% в РФ. В структуре инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности доля добычи составляла соответственно 59,4 и 17,6%[4]. Эти соотношения согласуются с результатами ранее выполненного сопоставления за 2016–2022 гг., показавшего повышенную долю добычи полезных ископаемых в ВРП большинства арктических регионов по сравнению с общероссийским уровнем (Баранов и др., 2025).

Методология

Эмпирический анализ оценивает связь производительности труда с ИКТ- и не ИКТ-инвестициями, что соответствует подходам, в которых ИКТ-капитал рассматривается отдельно от не ИКТ-капитала (Adarov et al., 2022; Ceccobelli et al., 2012; Баранов, Скуфьина, 2014). Поскольку используются текущие инвестиции, а не накопленные запасы капитала, спецификация является инвестиционно-потоковой моделью производительности, а не классической производственной функцией.

Для каждой территории отдельно оценивается модель

$$\ln y_{g,t} = a_g + \alpha_g \ln i_{g,t}^{nonICT} + \gamma_g \ln i_{g,t}^{ICT} + \varepsilon_{g,t}, \quad (3)$$

где a_g – постоянная; $\varepsilon_{g,t}$ – случайная ошибка. Коэффициент α_g интерпретируется как условная эластичность производительности по не ИКТ-инвестициям на одного занятого при фиксированном уровне ИКТ-инвестиций; γ_g – аналогично для ИКТ-инвестиций. Эти параметры не имеют причинной интерпретации, поскольку модель не устраняет обратную причинность и влияние неучтенных факторов. Возможность того, что высокий выпуск сам создает ресурсы для ИКТ-вложений, отмечалась и в российских региональных исследованиях (Баранов, Скуфьина, 2014).

Раздельное оценивание не накладывает ограничения равенства коэффициентов и позволяет учитывать неоднородность регионов АЗРФ (Баранов, Скуфьина, 2025). Вместе с тем сопоставление отдельных оценок не является статистической проверкой различий между территориями.

Основной период оценивания – 2010–2024 гг., то есть 15 годовых наблюдений для каждой территории. При включении постоянной и двух объясняющих переменных остается 12 остаточных степеней свободы. Полный период обеспечивает максимально возможную длину временного ряда, но объединяет данные до и после изменения статистической классификации в 2017 году, поэтому результаты дополнительно проверяются на данных за 2017–2024 гг. с единым определением ИКТ-показателя. Для проверки чувствительности к последнему наблюдению модель также оценивается за 2017–2023 гг. Кроме того, для полного периода рассматривается спецификация без наблюдений 2016 и 2017 гг., позволяющая оценить чувствительность результатов к наблюдениям вблизи классификационной границы.

Уровни производительности и инвестиций могут совместно изменяться во времени. В таком случае высокий коэффициент детерминации и статистическая значимость способны отражать общий тренд, а не самостоятельную связь между показателями (Granger, Newbold, 1974; Phillips, 1986). Для проверки зависимости основной оценки от линейной временной компоненты используется модель

$$\ln y_{g,t} = a_g + \alpha_g \ln i_{g,t}^{nonICT} + \gamma_g \ln i_{g,t}^{ICT} + \beta_g T_t + \varepsilon_{g,t}, \quad (4)$$

где $T_t = t - 2010$, а β_g – коэффициент линейного временного тренда.

В модели (4) коэффициенты α_g и γ_g характеризуют связь инвестиционных показателей с производительностью при заданном линейном тренде. Включение T_t не решает проблему нестационарности, но позволяет проверить, определяется ли результат модели (3) общей линейной динамикой.

[4] Рассчитано авторами по данным Росстата: «Регионы России. Социально-экономические показатели. 2025», табл. 3.5, 3.6 и 10.7. Доли для АЗРФ рассчитаны по агрегированным абсолютным значениям входящих в исследование субъектов. Данные об инвестициях приведены без субъектов малого предпринимательства. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204 (дата обращения: 29.09.2026).

Дополнительно оценивается модель первых разностей логарифмов:

$$\Delta \ln y_{g,t} = c_g + \alpha_g^{\Delta} \Delta \ln i_{g,t}^{nonICT} + \gamma_g^{\Delta} \Delta \ln i_{g,t}^{ICT} + u_{g,t}, \quad (5)$$

где Δ – оператор первой разности; c_g – постоянная; $u_{g,t}$ – случайная ошибка. Коэффициенты α_g^{Δ} и γ_g^{Δ} связывают годовые относительные изменения инвестиционных потоков с годовым относительным изменением производительности.

Модель (5) содержит 14 переходов за 2011–2024 гг. Отдельно исключается переход 2016–2017 гг. Первые разности уменьшают влияние общего тренда и переводят анализ к краткосрочной динамике. В динамических моделях краткосрочные изменения и долгосрочные связи представляют разные параметры и требуют раздельной интерпретации (De Boef, Keele, 2008). Используемая спецификация не оценивает лаговую структуру отдачи от инвестиций.

Все модели оцениваются методом наименьших квадратов. Для учета возможной гетероскедастичности и автокорреляции первого порядка применяются стандартные ошибки HAC(1) (от англ. heteroskedasticity- and autocorrelation-consistent). При малом числе наблюдений ковариационная матрица корректируется на число оцениваемых параметров, а проверка гипотез и построение 95%-х доверительных интервалов выполняются по распределению Стьюдента с остаточными степенями свободы.

Результаты

Оценки основной модели (3) представлены в *таблице 2*. Для РФ коэффициент при ИКТ-инвестициях положителен и статистически значим ($\gamma = 0{,}185$; $p < 0{,}001$). Близкая оценка получена для регионов вне АЗРФ ($\gamma = 0{,}178$; $p < 0{,}001$). Для АЗРФ в целом и полностью арктических регионов коэффициенты близки к нулю и статистически незначимы. В группе частично арктических регионов оценка отрицательна ($\gamma = -0{,}199$), но значение вероятности $p = 0{,}055$ указывает лишь на ограниченную статистическую определенность.

Коэффициент при не ИКТ-инвестициях (α) положителен и статистически значим для РФ, АЗРФ и полностью арктических регионов. Для регионов вне АЗРФ он определен только на уровне 10%, а для частично арктических регионов статистически незначим.

На *рисунке 2* представлены фактические и рассчитанные по основной модели (3) значения производительности труда.

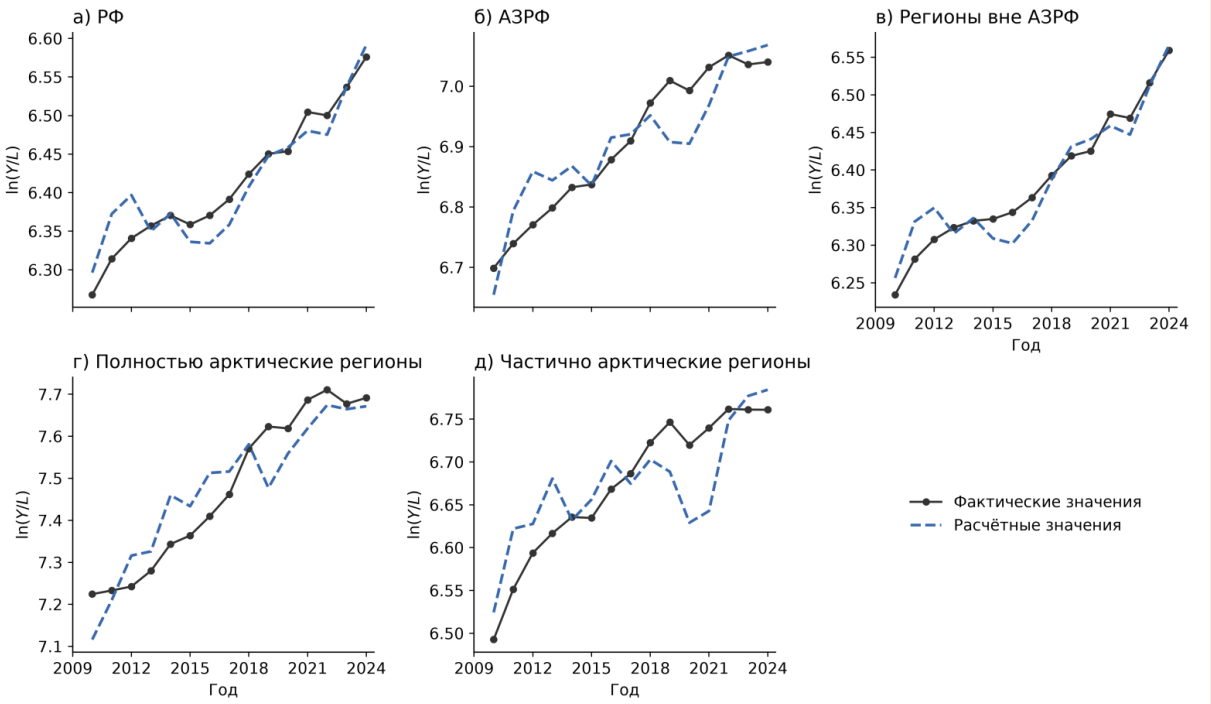
Проверки чувствительности выявляют зависимость оценки (γ) от периода (*рис. 3*). Для РФ положительная связь сохраняется во всех моделях без временного тренда. В АЗРФ оценка становится положительной и статистически значимой в 2017–2024 гг. и практически не меняется при исключении 2024 года; при исключении 2016 и 2017 гг. она вновь отрицательна и статистически незначима. Для регионов вне АЗРФ положительная оценка сохраняется при исключении 2016 и 2017 гг.

После включения линейного временного тренда коэффициент при ИКТ-инвестициях в модели (4) статистически незначим для всех рассматриваемых территорий. Для РФ его оценка снижается до 0,031 ($p = 0{,}157$), для АЗРФ составляет 0,019 ($p = 0{,}647$), для регионов вне АЗРФ – 0,027 ($p = 0{,}226$). Сам временной тренд положителен и статистически значим. Следовательно, положительная оценка коэффициента при ИКТ-инвестициях в основной модели для РФ и регионов вне АЗРФ в существенной степени обусловлена совместной динамикой показателей.

Таблица 2. Оценки основной инвестиционно-потоковой модели (3), 2010–2024 гг.

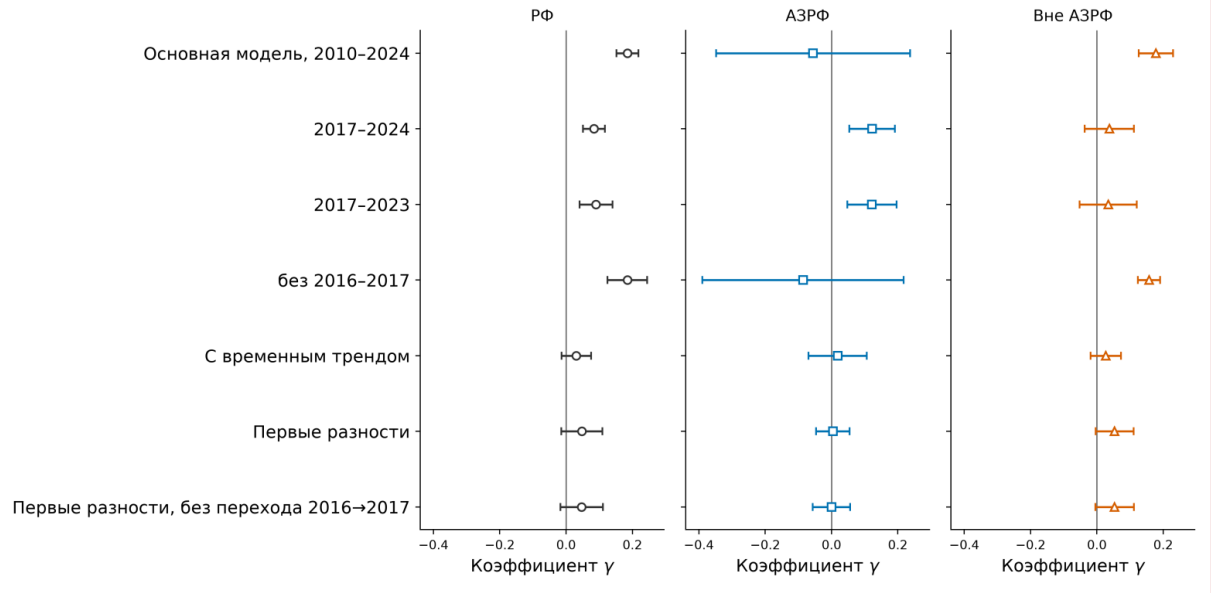
Территория	a	p_a	γ	p_γ	Скорр. R^2
РФ	0,202 [0,024; 0,380]	0,030	0,185 [0,152; 0,218]	<0,001	0,869
АЗРФ	0,568 [0,297; 0,840]	<0,001	–0,056 [–0,348; 0,237]	0,686	0,766
Полностью арктические регионы	0,699 [0,393; 1,006]	<0,001	–0,057 [–0,335; 0,221]	0,662	0,801
Частично арктические регионы	0,181 [–0,051; 0,413]	0,116	–0,199 [–0,403; 0,005]	0,055	0,579
Регионы вне АЗРФ	0,209 [–0,004; 0,423]	0,054	0,178 [0,126; 0,230]	<0,001	0,906
Источник: расчеты авторов.					

Рис. 2. Фактические и расчётные значения производительности труда по основной модели (3) за 2010–2024 гг.



Источники: расчеты авторов; данные Росстата.

Рис. 3. Устойчивость оценки коэффициента при ИКТ-инвестициях



Примечания. Точки показывают оценки коэффициента γ, отрезки – 95%-е доверительные интервалы. Для моделей первых разностей показан коэффициент γ^{Δ}. Вертикальная линия соответствует нулю.

Источник: расчеты авторов.

В модели первых разностей (5) коэффициент при ИКТ-инвестициях не достигает 5%-го уровня значимости ни для одной территории. Для регионов вне АЗРФ положительная оценка сохраняется на 10%-м уровне как на полном наборе первых разностей ($\gamma^{\Delta} = 0{,}053$; $p = 0{,}065$), так и после исключения перехода 2016–2017 гг. ($p = 0{,}067$). Для РФ и АЗРФ соответствующие оценки статистически незначимы. Результаты для полностью и частично арктических регионов также не подтверждают устойчивой краткосрочной связи; их графическое представление и оценки дополнительных моделей приведены в *таблице П1* и на *рисунке П1 (Приложение)*. Таким образом, при переходе к годовым изменениям устойчивой положительной связи ИКТ-инвестиций с производительностью труда не выявлено.

Дополнительная проверка с остаточной стоимостью основных фондов

В качестве дополнительной проверки рассмотрена связь производительности с запасом основных фондов по остаточной балансовой стоимости. Анализ ограничен 2017–2024 гг.: за 2010–2016 гг. отсутствуют данные по остаточной стоимости основных фондов по виду деятельности «связь», тогда как с 2017 года доступны данные по виду «информация и связь», поэтому сопоставимое разложение совокупного остаточного запаса на ИКТ- и не ИКТ-компоненты для всего периода 2010–2024 гг. невыполнимо.

Показатель K обозначает общую остаточную балансовую стоимость обследуемых основных фондов, а K^{ICT} – остаточную стоимость фондов вида деятельности «Информация и связь». Не ИКТ-компонента определяется как $K^{nonICT} = K - K^{ICT}$. Накопленный износ учтен в исходных стоимостях, а приведение к ценам 2010 года выполнено приближенным инвестиционным дефлятором. После агрегирования по субъектам, по аналогии с (2) рассчитаны показатели на одного занятого: $k = K/L$, $k^{nonICT} = K^{nonICT}/L$ и $k^{ICT} = K^{ICT}/L$.

Оценены две модели:

$$\ln y_{g,t} = a_g + \theta_g \ln k_{g,t} + e_{g,t}, \quad (6)$$

$$\ln y_{g,t} = a_g + \theta_g^{nonICT} \ln k_{g,t}^{nonICT} + \theta_g^{ICT} \ln k_{g,t}^{ICT} + e_{g,t}. \quad (7)$$

Для каждой территории имеется восемь годовых наблюдений; остаточное число степеней свободы равно шести в модели (6) и пяти в модели (7). Результаты приведены в *таблице 3*.

В модели с совокупным остаточным запасом капитала (6) коэффициент при K положителен для всех территорий. Он статистически значим на 5%-м уровне для РФ, АЗРФ и полностью арктических регионов, только на 10%-м уровне – для регионов вне АЗРФ и статистически незначим для частично арктических регионов. В модели с разложением капитала (7) коэффициент при K^{nonICT} положителен во всех пяти случаях, тогда как коэффициент при K^{ICT} отрицателен. Для РФ отрицательная оценка при K^{ICT} статистически незначима; для регионов вне АЗРФ она статистически значима только на 10%-м уровне. В АЗРФ, полностью и частично арктических регионах отрицательная оценка статистически значима на 5%-м уровне.

Таблица 3. Дополнительные модели (6) и (7) с остаточной стоимостью основных фондов за 2017–2024 гг.

Территория	θ (95%-й ДИ); p	θ^{nonICT} (95%-й ДИ); p	θ^{ICT} (95%-й ДИ); p	Скорр. R^2 (6)/(7)
РФ	0,137 [0,001; 0,273]; 0,048	0,165 [0,023; 0,307]; 0,031	–0,208 [–0,494; 0,079]; 0,121	0,246/0,175
АЗРФ	0,262 [0,088; 0,436]; 0,010	0,253 [0,148; 0,359]; 0,002	–0,117 [–0,190; –0,043]; 0,010	0,617/0,852
Полностью арктические регионы	0,603 [0,419; 0,787]; <0,001	0,865 [0,685; 1,045]; <0,001	–0,324 [–0,487; –0,162]; 0,004	0,721/0,807
Частично арктические регионы	0,083 [–0,037; 0,204]; 0,141	0,071 [–0,006; 0,148]; 0,065	–0,067 [–0,116; –0,018]; 0,017	0,229/0,594
Регионы вне АЗРФ	0,127 [–0,018; 0,272]; 0,076	0,159 [0,018; 0,299]; 0,034	–0,252 [–0,526; 0,021]; 0,064	0,176/0,138
Источник: расчеты авторов.				

Эти результаты не означают, что накопление ИКТ-капитала снижает производительность. Оценки основаны лишь на восьми наблюдениях и могут отражать общие временные тенденции, обратную обусловленность и влияние неучтенных факторов. Кроме того, K^{ICT} является отраслевым приближением, которое не охватывает ИКТ-активы организаций других видов деятельности. Поэтому выявленные коэффициенты характеризуют связь показателей в 2017–2024 гг. и служат дополнительным свидетельством чувствительности результатов к способу измерения ИКТ.

Обсуждение результатов и ограничения исследования

После включения линейного тренда коэффициент при ИКТ-инвестициях становится статистически незначимым, а в первых разностях не достигает 5%-го уровня значимости. Это указывает скорее на совместную динамику показателей, чем на устойчивую связь их годовых изменений. Полученный результат дополняет существующие исследования и согласуется с их выводами о зависимости оценок связи ИКТ с производительностью от территории, периода и способа измерения ИКТ (Adarov et al., 2022; Polák, 2017; Stuken et al., 2023; Wang et al., 2024).

Одно из возможных объяснений различия между результатами основной модели и модели первых разностей – запаздывание отдачи: использование ИКТ требует организационной перестройки, освоения технологий и накопления дополняющих ресурсов (Brynjolfsson, Hitt, 2003; Ceccobelli et al., 2012). Однако используемая спецификация не оценивает лаговую структуру из-за малой длины временных рядов, потери степеней свободы и изменения статистического определения ИКТ-показателя в 2017 году. Отсутствие значимой связи годовых изменений согласуется с такой гипотезой, однако запаздывание отдачи, как и рассматриваемые далее комплементарность ИКТ с другими видами капитала и ресурсная специализация, непосредственно не тестируются и используются только как возможные механизмы интерпретации полученных результатов.

Для АЗРФ характер связи может дополнительно определяться ресурсной специализацией экономики. Например, в нефтегазовом комплексе цифровые технологии внедряются непосредственно в процессы геологоразведки, бурения, добычи и управления месторождениями, а также в транспортировку и логистику ресурсов (Разманова, Андрухова, 2020; Samylovskaya et al., 2022). В таких капиталоемких производственных системах использование ИКТ связано с технологическими и организационными изменениями и дополняет другие производственные ресурсы, поэтому связь отдельных ИКТ-вложений с производительностью может быть менее непосредственной, чем связь с совокупным процессом накопления капитала.

Результаты для АЗРФ также указывают на выраженную внутреннюю неоднородность: оценки для полностью и частично арктических регионов различаются по величине, статистической значимости и устойчивости. Это согласуется с предыдущими исследованиями различий в динамике выпуска, капитала и занятости, а также в состоянии ИКТ и цифровой инфраструктуры (Nalivaychenko et al., 2025; Баранов, Скуфьина, 2025; Тимушев, 2025). В связи с этим агрегированную оценку АЗРФ нельзя непосредственно переносить на отдельные входящие в нее субъекты.

Основные ограничения исследования связаны с малой длиной временных рядов и сопоставимостью ИКТ-показателя. Небольшое число наблюдений снижает точность оценок, а переход в 2017 году от вида деятельности «связь» к виду «информация и связь» ограничивает сопоставимость данных за весь период. Кроме того, используемый отраслевой показатель не охватывает цифровые вложения организаций других видов деятельности (Татаринов, Устинова, 2021).

Заключение

В основной модели за 2010–2024 гг. коэффициент при ИКТ-инвестициях положителен для РФ ($\gamma = 0{,}185$) и регионов вне АЗРФ ($\gamma = 0{,}178$), но статистически незначим для АЗРФ в целом и полностью арктических регионов; для частично арктических регионов отрицательная оценка статистически значима лишь на 10%-м уровне. Положительная и статистически значимая связь не ИКТ-инвестиций выявлена для РФ, АЗРФ и полностью арктических регионов.

Положительная и статистически значимая оценка эластичности производительности труда по ИКТ-инвестициям в основной модели для РФ и регионов вне АЗРФ оказывается неустойчивой к учету общей временной динамики: после включения линейного тренда коэффициент при ИКТ-инвестициях становится статистически незначимым.

Для АЗРФ устойчивая положительная связь используемого отраслевого показателя ИКТ-инвестиций с производительностью труда не выявлена. Это может быть связано с ресурсной специализацией экономики, в которой эффект ИКТ реализуется во взаимодействии с другими видами капитала, технологическими и организационными изменениями. Дополнительную роль могут играть внутренняя неоднородность арктических регионов и запаздывание отдачи от цифровизации.

Практическая интерпретация полученных результатов требует учета выявленной неустойчивости связей. Для АЗРФ результаты не дают оснований рассматривать увеличение ИКТ-инвестиций как самостоятельное условие роста производительности. Более обоснованным представляется увязывать цифровые вложения с модернизацией производственных процессов, организационными изменениями и развитием дополняющих ресурсов с учетом отраслевой и территориальной специфики. Учитывая внутреннюю неоднородность АЗРФ, единый набор мер для всех арктических регионов вряд ли оправдан. Для регионов вне АЗРФ положительная условная связь в основной модели указывает на потенциальную значимость ИКТ-инвестиций, однако исчезновение статистической значимости после учета временного тренда требует оценивать эффективность конкретных проектов по их результатам, а не только по объему финансирования.

Воспроизводимость расчетов. Полный комплект данных, программного кода и результатов размещён в облачном хранилище: https://disk.yandex.ru/d/xI-chHDMubWX8g. Порядок воспроизведения расчётов, требования к программной среде и структура материалов приведены в файле readme.pdf (readme.md), доступном по тому же адресу.

Литература

Баранов С.В., Скуфьина Т.П. (2014). Информационно-коммуникационные технологии и экономическое развитие регионов России: поиск зависимостей и перспективных направлений регулирования // Вопросы статистики. № 5. С. 41–53. DOI: 10.34023/2313-6383-2014-0-5-41-53

Баранов С.В., Скуфьина Т.П. (2025). Экономико-статистическое моделирование производственных процессов в регионах Арктической зоны Российской Федерации // Арктика и Север. № 59. С. 5–25. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2025.59.5

Баранов С.В., Хаценко Е.С., Скуфьина Т.П. (2025). Цифровизация регионов Арктической зоны России в общероссийском контексте // Уголь № 10. С. 73–80. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-10-73-80

Гладких Е.Г., Романова И.Н. (2024). Особенности цифровизации арктических регионов России // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. № 26 (1). С. 45–59. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2024.1.4

Куратова Л.А. (2023). Особенности цифровизации пространства арктических регионов России // Арктика и Север. № 50. С. 154–174. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.50.154

Разманова С.В., Андрухова О.В. (2020). Нефтесервисные компании в рамках цифровизации экономики: оценка перспектив инновационного развития // Записки Горного института. № 244. С. 482–492. DOI: 10.31897/PMI.2020.4.11

Татаринов А.А., Устинова Н.Е. (2021). Измерение сектора ИКТ в цифровой экономике // Вопросы статистики. Т. 28. № 6. С. 5–17. DOI: 10.34023/2313-6383-2021-28-6-5-17

Тимушев Е.Н. (2025). Оценка состояния сектора ИКТ в северных регионах России с использованием многомерной группировки // Арктика и Север. № 58. С. 65–83. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2025.58.65

Халимова С.Р., Иванова А.И. (2021). Производительность труда секторов экономики в регионах: роль ИКТ // Пространственная экономика. Т. 17. № 4. С. 69–96. DOI: 10.14530/se.2021.4.069-096

Adarov A., Klenert D., Marschinski R., Stehrer R. (2022). Productivity drivers: Empirical evidence on the role of digital and intangible capital, FDI and integration. *Applied Economics,* 54(48), 5515–5531. DOI: 10.1080/00036846.2022.2047598

Brynjolfsson E., Hitt L.M. (2003). Computing productivity: Firm-level evidence. *Review of Economics and Statistics,* 85(4), 793–808. DOI: 10.1162/003465303772815736

Ceccobelli M., Gitto S., Mancuso P. (2012). ICT capital and labour productivity growth: A non-parametric analysis of 14 OECD countries. *Telecommunications Policy,* 36(4), 282–292. DOI: 10.1016/j.telpol.2011.12.012

De Boef S., Keele L. (2008). Taking time seriously. *American Journal of Political Science,* 52(1), 184–200. DOI: 10.1111/j.1540-5907.2007.00307.x

Gasanov O.S. (2022). The impact of digitalization on the Russian economy. *Finance and Credit,* 28(7), 1534–1553. DOI: 10.24891/fc.28.7.1534

Granger C.W.J., Newbold P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics,* 2(2), 111–120. DOI: 10.1016/0304-4076(74)90034-7

Kozlov A., Kankovskaya A., Teslya A. (2020). Digital infrastructure as a factor of sustainable development of arctic regions of Russian north-west. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 539. DOI: 10.1088/1755-1315/539/1/012061

Nalivaychenko E., Volkov A.D., Kirsenko V. (2025). Differentiation of digital infrastructure development of Russian arctic regions. *Regional Economy. South of Russia*. DOI: 10.15688/re.volsu.2025.2.3

Phillips P.C.B. (1986). Understanding spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics, 33(3),* 311–340. DOI: 10.1016/0304-4076(86)90001-1

Polák P. (2017). The productivity paradox: A meta-analysis. *Information Economics and Policy,* 38, 38–54. DOI: 10.1016/j.infoecopol.2016.11.003

Samylovskaya E., Makhovikov A., Lutonin A., Medvedev D., Kudryavtseva R.-E. (2022). Digital technologies in arctic oil and gas resources extraction: Global trends and russian experience. *Resources, 11(3), 29.* DOI: 10.3390/resources11030029

Stuken T., Lapina T., Korzhova O. (2023). Features of digitalization of Russian regions. *E3S Web of Conferences,* 403. DOI: 10.1051/e3sconf/202340308028

Varlamova J., Larionova N. (2020). Labor productivity in the digital era: A spatial-temporal analysis. *International Journal of Technology,* 11(6), 1191–1200. DOI: 10.14716/ijtech.v11i6.4429

Wang D., Sun J., Yang R., Su K., Yang Q. (2024). ICTs and economic performance nexus: Meta-analysis evidence from country-specific data. *Humanities and Social Sciences Communications,* 11. DOI: 10.1057/s41599-024-03812-w

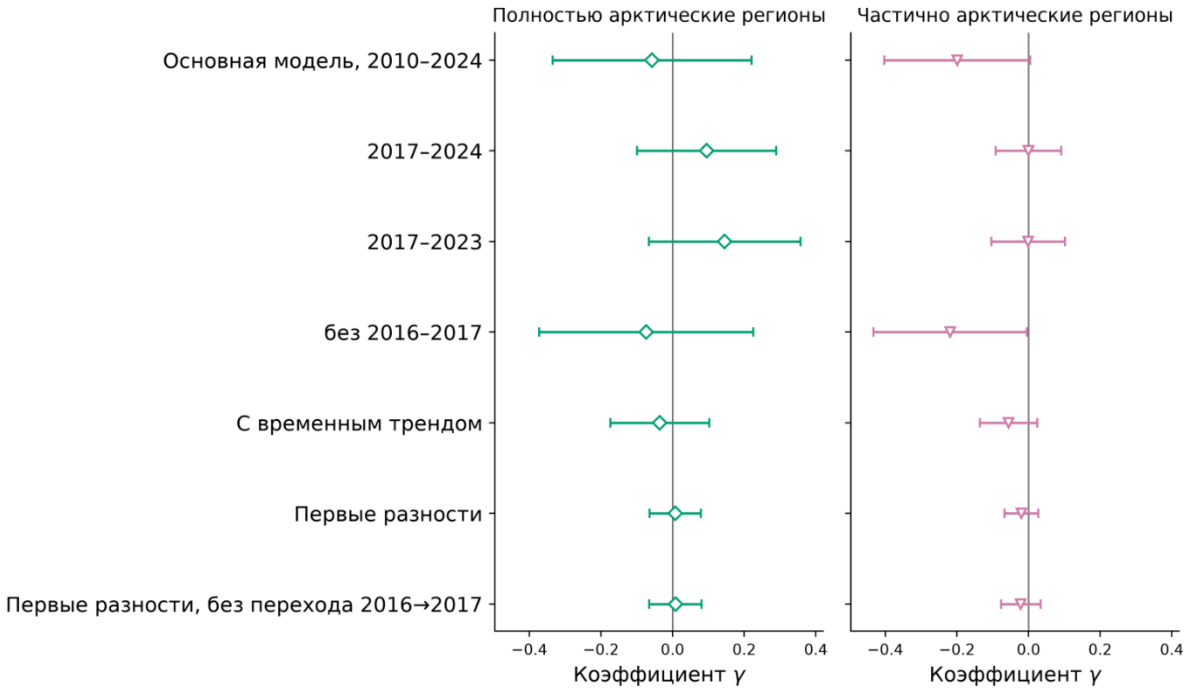
Приложение. Дополнительные оценки

Таблица П1. Оценки дополнительных вариантов инвестиционно-потоковой модели

Вариант модели	N	Ост. ст. свободы	α (95%-й ДИ); p	γ (95%-й ДИ); p	β (95%-й ДИ); p
РФ					
(3), 2017–2024	8	5	0,319 [0,249; 0,389]; <0,001	0,084 [0,051; 0,117]; 0,001	–
(3), 2017–2023	7	4	0,323 [0,219; 0,428]; 0,001	0,090 [0,040; 0,140]; 0,007	–
(3), без 2016–2017	13	10	0,248 [0,024; 0,473]; 0,034	0,185 [0,125; 0,245]; <0,001	–
с временным трендом (4)	15	11	0,170 [0,075; 0,266]; 0,002	0,031 [–0,014; 0,075]; 0,157	0,013 [0,012; 0,015]; <0,001
Первые разности (5)	14	11	0,192 [0,065; 0,318]; 0,007	0,047 [–0,015; 0,110]; 0,122	–
Первые разности (5), без 2016–2017	13	10	0,195 [0,060; 0,330]; 0,009	0,047 [–0,017; 0,111]; 0,133	–
АЗРФ					
(3), 2017–2024	8	5	0,418 [0,047; 0,789]; 0,034	0,122 [0,054; 0,191]; 0,006	–
(3), 2017–2023	7	4	0,437 [–0,018; 0,892]; 0,056	0,122 [0,047; 0,196]; 0,010	–
(3), без 2016–2017	13	10	0,541 [0,256; 0,826]; 0,002	–0,086 [–0,389; 0,218]; 0,543	–
с временным трендом (4)	15	11	0,007 [–0,184; 0,198]; 0,937	0,019 [–0,069; 0,107]; 0,647	0,027 [0,020; 0,034]; <0,001
Первые разности (5)	14	11	0,103 [0,008; 0,197]; 0,035	0,004 [–0,046; 0,055]; 0,851	–
Первые разности (5), без 2016–2017	13	10	0,105 [0,005; 0,204]; 0,041	0,000 [–0,056; 0,056]; 0,997	–
Полностью арктические регионы					
(3), 2017–2024	8	5	0,688 [0,078; 1,299]; 0,034	0,095 [–0,100; 0,290]; 0,265	–
(3), 2017–2023	7	4	0,845 [0,058; 1,633]; 0,041	0,146 [–0,066; 0,358]; 0,129	–
(3), без 2016–2017	13	10	0,701 [0,408; 0,995]; <0,001	–0,073 [–0,372; 0,226]; 0,597	–
с временным трендом (4)	15	11	–0,105 [–0,354; 0,144]; 0,374	–0,036 [–0,174; 0,102]; 0,580	0,045 [0,026; 0,064]; <0,001
Первые разности (5)	14	11	0,049 [–0,209; 0,306]; 0,686	0,007 [–0,064; 0,079]; 0,827	–
Первые разности (5), без перехода	13	10	0,063 [–0,208; 0,334]; 0,616	0,008 [–0,065; 0,081]; 0,812	–
Частично арктические регионы					
(3), 2017–2024	8	5	0,139 [–0,046; 0,325]; 0,112	0,000 [–0,091; 0,091]; 0,997	–
(3), 2017–2023	7	4	0,141 [–0,069; 0,351]; 0,135	–0,001 [–0,104; 0,101]; 0,977	–
(3), без 2016–2017	13	10	0,156 [–0,096; 0,408]; 0,198	–0,219 [–0,433; –0,005]; 0,046	–
с временным трендом (4)	15	11	–0,010 [–0,141; 0,120]; 0,866	–0,056 [–0,136; 0,025]; 0,156	0,016 [0,013; 0,019]; <0,001
Первые разности (5)	14	11	0,110 [0,041; 0,179]; 0,005	–0,020 [–0,067; 0,028]; 0,381	–
Первые разности (5), без 2016–2017	13	10	0,109 [0,040; 0,179]; 0,006	–0,021 [–0,076; 0,034]; 0,405	–
Регионы вне АЗРФ					
(3), 2017–2024	8	5	0,433 [0,281; 0,584]; <0,001	0,038 [–0,037; 0,112]; 0,249	–
(3), 2017–2023	7	4	0,431 [0,281; 0,581]; 0,001	0,034 [–0,052; 0,120]; 0,331	–
(3), без 2016–2017	13	10	0,314 [0,138; 0,490]; 0,003	0,157 [0,124; 0,191]; <0,001	–
с временным трендом (4)	15	11	0,185 [0,104; 0,266]; <0,001	0,027 [–0,019; 0,073]; 0,226	0,014 [0,011; 0,016]; <0,001
Первые разности (5)	14	11	0,166 [0,047; 0,286]; 0,011	0,053 [–0,004; 0,111]; 0,065	–
Первые разности (5), без 2016–2017	13	10	0,171 [0,049; 0,293]; 0,011	0,053 [–0,005; 0,111]; 0,067	–

Примечания. N – число наблюдений. Основная модель 2010–2024 гг. не повторяется; ее оценки приведены в таблице 2. Для моделей первых разностей указаны коэффициенты α^{Δ} и γ^{Δ}. Коэффициент β относится к линейному временному тренду.
Источник: расчеты авторов.

Рис. П1. Устойчивость оценки коэффициента при ИКТ-инвестициях для полностью и частично арктических регионов (обозначения соответствуют рис. 3)



Источник: расчеты авторов.

Сведения об авторах

Сергей Владимирович Баранов – доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24а; e-mail: bars.vl@gmail.com)

Татьяна Петровна Скуфьина – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24а; e-mail: skufina@gmail.com)

Егор Сергеевич Хаценко – доктор экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24а; e-mail: egor-mur@bk.ru)

Baranov S.V., Skufina T.P., Khatsenko E.S.

The Specifics of the Relationship between ICT Investment and Labor Productivity in the Arctic Zone of the Russian Federation Compared with Nationwide Trends

Abstract. The digital transformation of the economy goes hand in hand with growing investment in information and communication technologies, yet the statistical relationship between such investment and labor productivity remains ambiguous and may depend on the territorial structure of the economy, the observation period, and the way ICT investment is measured. The study aims to compare the relationship between investment flows and labor productivity in the Russian Federation, the Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF), and regions outside it, and to assess how robust the results are. Regions that lie entirely or partially within the Arctic Zone are also examined separately, which makes it possible to account for the internal heterogeneity of the AZRF. The analysis uses Rosstat data for 2010–2024, adjusted to 2010 prices. For the territories under consideration, log-linear models are estimated with ICT and non-ICT investment per employed person. The robustness of the results is tested across alternative time intervals, with a linear trend included, in first differences, and in additional models using the residual value of fixed assets. In the baseline specification, a positive relationship between ICT investment and productivity is found for the Russian Federation and for regions outside the AZRF, but it does not hold up once overall time dynamics are taken into account. For the AZRF, no robust confirmation of a positive relationship was obtained: the estimates depend on the observation period and differ between fully and partially Arctic regions. A significant limitation is the sectoral nature of the ICT investment indicator used, which does not cover ICT investment by organizations in other economic activities. The results point to the need for cautious interpretation of aggregated estimates and for taking territorial and structural heterogeneity into account when analyzing the link between digital investment and labor productivity.

Key words: ICT investment, labor productivity, elasticity of labor productivity, Arctic Zone of the Russian Federation, regional economy, fixed capital investment.

Information about the Authors

Sergey V. Baranov – Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor, Chief Researcher, Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences" (24A, Fersman Street, Apatity, 184209, Russian Federation; e-mail: bars.vl@gmail.com)

Tatiana P. Skufina – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Chief Researcher, Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences" (24A, Fersman Street, Apatity, 184209, Russian Federation; e-mail: skufina@gmail.com)

Egor S. Khatsenko – Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor, Senior Researcher, Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences" (24A, Fersman Street, Apatity, 184209, Russian Federation; e-mail: egor-mur@bk.ru)

Статья поступила 31.08.2026.