

Е.А. Костина, А.В. Костин

УМНЫЙ ГОРОД КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЙ

Важным направлением государственной политики являются создание эффективной инновационной среды и устойчивое развитие высокотехнологичных и наукоемких компаний. Значимым фактором его реализации выступает городская среда, с которой большинство компаний взаимодействуют. В рамках ведомственного проекта «Умный город» и федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» прилагаются усилия по созданию современных умных городов. Умный город генерирует спрос на высокотехнологичную продукцию и наукоемкие услуги и стимулирует их предложение. Формирование умной, комфортной и высокотехнологичной среды, открытость к новым технологиям должны стимулировать организацию и рост высокотехнологичных компаний, а также развитие эффективной инновационной среды. Умный город поддерживает создание мест для обмена инновациями, таких как технопарки, бизнес-инкубаторы и т.д. При этом наличие большого количества высокотехнологичных компаний должно активизировать применение цифровых технологий и интернета вещей в городской среде. Важно, чтобы разрабатываемые и внедряемые технологии были актуальными и легкоприменимыми.

Данная работа направлена на получение оценки взаимного влияния высокотехнологичных и наукоемких компаний (ВТиНК) и умных городов. Теоретической основой служит модифицированная модель тройной спирали. Анализ с использованием эконометрических методов показал, что в городах-миллионниках высокая цифровизация городского хозяйства и городской среды положительно сказывается на развитии ВТиНК.

Ключевые слова: умный город; высокотехнологичные и наукоемкие компании; человеческий капитал; тройная спираль

Для цитирования: Костина Е.А., Костин А.В. Умный город как фактор развития высокотехнологичных компаний // Регион: экономика и социология. – 2023. – № 3 (119). – С. 84–110. DOI: 10.15372/REG20230304.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Развитие высокотехнологичного сектора экономики и стимулирование инновационной деятельности играют важную роль в обеспечении роста и устойчивости экономики страны. Россия пока не входит в число стран – лидеров по развитости данного сектора. Тем значимее становятся исследования, посвященные факторам его роста. Одним из таких факторов может быть умный город. В литературе подчеркивается важность местных условий для эффективности инвестиций в высокотехнологичные фирмы [8], а также показано, что в венчурной индустрии охотнее вкладываются в местные компании: действует правило «пяти миль», или «20 минут» [10].

Под умным городом понимается «подход к развитию города, использующего цифровые инструменты для повышения уровня жизни, качества услуг и эффективности управления при обязательном удовлетворении потребностей настоящего и будущих поколений во всех актуальных аспектах жизни. Умный город характеризуют функционирующие высокоинтеллектуальные интегрированные системы по следующим направлениям: городская среда, безопасный город, цифровое городское управление, инвестиционный климат, благосостояние людей»¹. Экономическими результатами инициатив в рамках умного города являются «создание бизнеса, создание рабочих мест, развитие персонала» [14]. Развитие в умном городе современных технологий, цифровой инфраструктуры и формирование повышенного спроса на инновации способствуют росту высокотехнологичного бизнеса. Помимо этого, в умном городе существует возможность входа на рынок инновационных продуктов местных производителей при условии заинтересованности местных властей. Кроме того, высо-

¹ См.: Приказ Минстроя России от 25 декабря 2020 г. № 866/пр «Об утверждении Концепции проекта цифровизации городского хозяйства «Умный город». – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/81884/>.

кое качество жизни, включая качественные здравоохранение, образование, высокую безопасность жизни, доступность отдыха и развлечений, низкий уровень загрязнения, комфортную городскую среду, позволит удержать и/или привлечь специалистов, которые не привязаны к месту производства, например фрилансеров, а также является существенным фактором при выборе места размещения компании [4]. В настоящее время имеет место сильная конкуренция за высококвалифицированные рабочие кадры и инновационные компании между городами.

Однако не только умный город полезен для развития высокотехнологического бизнеса, но присутствует и обратная взаимосвязь: для умного города важно стимулировать создание высокотехнологичных рабочих мест. Горожане должны обладать необходимыми знаниями, чтобы успешно пользоваться всеми возможностями, предоставляемыми муниципалитетом и основанными на современных цифровых технологиях. Важной составляющей умного города является участие населения в решении местных вопросов, в формулировании предложений по улучшению местной среды, а для этого нужны активные жители с креативным мышлением.

Таким образом, важно создавать местную инновационную среду, которая будет способствовать генерации знаний, их распространению и применению [16; 24]. Это приведет к росту изобретательской активности и увеличению числа высокотехнологичных компаний [15; 20], а также обеспечит рабочие места талантливым людям [13].

Цель настоящего исследования – дать оценку взаимного влияния умного города как одной из наиболее популярных сегодня концепций развития города, направленной в том числе на создание инновационной городской среды, и деятельности высокотехнологичных и наукоемких компаний (ВТиНК). В качестве таких компаний в нашей работе рассматриваются компании с высокой долей затрат на НИОКР в добавленной стоимости в соответствии с принятой в РФ методикой расчета по отраслевой принадлежности².

² См.: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике». – URL: <https://kremlin.ru/>

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из направлений развития концепции инновационных систем является предложенная Л. Лейдесдорфом (Нидерланды) и Г. Ицковицем (США) модель тройной спирали [17]. Этот подход подчеркивает, что именно взаимодействие в рамках триады «университет – бизнес – правительство» обеспечивает развитие инновационной системы за счет формирования устойчивых связей, а также за счет постоянного притока «свежей крови», новых идей в сочетании с опытом в сфере бизнеса и финансовыми возможностями, и отводит университетам особую роль в инновационном процессе. Модель тройной спирали получила признание и последовательно развивалась различными авторами, в первую очередь путем расширения круга акторов. Так, Э. Караяннис, Т. Барт и Д. Кэмпбелл [9] добавили гражданское общество как конечного потребителя инноваций и подчеркнули важность взаимодействия «снизу вверх». Существует и ряд других расширений данной модели, например переход от трехмерного представления об инновационных процессах к многомерному.

В научном сообществе ведутся дискуссии о необходимости исследования таких многомерных спиралей. Так, С.А. Жиронкин с соавторами [23] считают, что четверная и пятерная спирали являются естественным результатом эволюции тройной спирали за счет усиления значимости социально-экономических и экологических аспектов экономики. Х. Смит и Л. Лейдесдорф [21], напротив, полагают, что четверная и другие спирали высоких порядков мало что добавили к дискурсу и что данные о том, как многомерные спирали способствуют распространению инноваций, отсутствуют. Однако все сходятся во мнении, что ядро спирали «университеты – государство – бизнес» неизменно.

В модели тройной спирали одним из катализаторов для стимулирования спроса на инновационную продукцию и устойчивого пред-

acts/bank/35260 ; *Методика* расчета показателей «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте» и «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации», утв. приказом Росстата от 15.12.2017 № 832. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metodika_832\[1\].pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metodika_832[1].pdf).

ложения инновационных товаров и услуг может выступить умная (в первую очередь высокоцифровизованная и комфортная) городская среда – фактор, влияющий на общество и создающий дополнительные положительные эффекты в отношении формирования инновационной среды. Город играет все большую роль в экономике знаний. Города содействуют производству, распространению и накоплению знаний [7; 12]. В статье Э. Моретти [19] предлагается рассматривать город как инновационную экосистему, в которой жители и компании являются участниками инновационного процесса. В контексте стимулирования инновационной деятельности широко известны примеры Барселоны и Амстердама, где на базе университетов при поддержке правительств в рамках проекта «Умный город» созданы сильные инновационные кластеры с привлечением крупнейших международных компаний, например Cisco и IBM. В одном из ведущих мировых рейтингов Global Innovation Index также подчеркивается роль инновационных кластеров, созданных внутри городского пространства³.

Уже есть ряд работ по включению умного города в модель тройной спирали. Так, в работе Л. Сюэ и Ю. Гао [22] рассматривается вклад цифровых технологий в установление связей между участниками тройной спирали. В работе М. Дикина [11] подчеркнута важность умного города в модели тройной спирали. А в работе Л. Лейдесдорфа и М. Дикина [16] рассматривается роль демократического управления гражданским обществом на уровне города и говорится о необходимости создания властями условий, стимулирующих креативность и рост человеческого капитала.

Однако имеется существенный пробел в эмпирической оценке данной конструкции, отсутствует оценка на практике того, как цифровая трансформация городской среды и усилия по созданию умного города могут ускорить цикл исследований и способствовать росту высокотехнологичных и наукоемких компаний.

³ См.: *Global Innovation Index 2022*. – URL: <https://www.globalinnovationindex.org/Home>.

ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В разработанный нами модификации модели тройной спирали предполагается, что триада тройной спирали опирается на социально-экономическую, культурную, институциональную среду, созданную в умных городах. Важную играют сетевые взаимодействия, за счет чего и формируется эффективная инновационная система. Рассмотрим связи, возникающие в модифицированной модели тройной спирали, более подробно.

Умный город предполагает наличие умного образования, умной социокультурной жизни, умной экономики, умного управления, умного здравоохранения, умной транспортной системы, умной окружающей среды [6] за счет внедрения передовых технологий во все сферы городской жизни. Улучшения в каждой из указанных категорий в конечном итоге приводят к повышению качества жизни, к большей удовлетворенности местом и нежеланию уезжать из данного города. Помимо этого, в умном городе должны быть «умные жители», которые способны в полной мере воспользоваться всеми цифровыми преимуществами умной городской среды. В научной литературе нет единого мнения по поводу того, что именно включается в понятие «умные люди». Но одним из наиболее очевидных качеств «умного человека» является наличие высшего образования, которое в некоторой степени гарантирует, что человек обучаем и сможет пользоваться внедряемыми в городское пространство технологиями и даже внести свой вклад в развитие городского пространства. Высококвалифицированный человек сможет создавать новые знания или способствовать их созданию, а значит, генерировать и спрос на высокотехнологичную продукцию, и ее предложение.

Умные города традиционно поддерживают *высокотехнологичный бизнес*, способствуют его росту, создавая благоприятные условия для развития инноваций. Осуществляется это с помощью мер финансовой поддержки со стороны государства и местной власти, посредством проведения специализированных мероприятий, организации пространств для такого бизнеса: технопарков, бизнес-инкубаторов, акселераторов и других форм поддержки высокотехнологичного сектора и креативной экономики. Также город сам создает дополни-

тельный спрос на высокотехнологичные инновационные решения. А при высокой концентрации высокотехнологичных компаний и организаций происходит тесное взаимодействие между ними, которое приводит к появлению новых идей [1]. Рост высокотехнологичного бизнеса влечет за собой рост потребности в инновациях.

Вузы играют важную роль в становлении современной инновационной системы. Некоторые университеты способны не просто выполнять образовательную функцию, но и создавать на своей базе бизнес-инкубаторы и другими способами стимулировать инновационную деятельность. Применительно к России отдельно следует отметить наличие национальных исследовательских университетов, которые играют роль предпринимательских университетов из теории тройной спирали как центров научно-инновационной деятельности, где удалось не только наладить эффективное обучение, но и интегрировать науку и инновации (сегодня таким статусом обладают 29 университетов, из них 15 находятся в Москве и Санкт-Петербурге)⁴.

Государство стимулирует инновационную деятельность, на разных уровнях власти осуществляется финансирование как программ умного города, так и высокотехнологичного бизнеса, вводятся иные меры поддержки и развития сферы инноваций. Государство участвует также в создании рынка технологических решений для умного города. Другим важным инструментом является государственно-частное партнерство, которое активно применяется и при развитии умного города. Это приводит к росту высокотехнологичного сектора экономики, улучшению качества жизни населения в городах, повышению лояльности, организации дополнительных рабочих мест, росту налоговых отчислений, повышению доступности и удешевлению предоставления государственных услуг и т.д. Также умный город стимулирует гражданскую инициативу, прямое общение горожан с другими акторами, что позволяет более четко понимать спрос на инновационные товары и наукоемкие услуги со стороны конечных

⁴ Статус национальных исследовательских университетов закреплен в ст. 24 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/fced36f1c9686f8b81f4840a293bfcdcecf05b20/).



Рис. 1. Модель тройной спирали с добавлением умного города

Источник: разработано авторами

потребителей, а за счет вовлеченности и креативности населения увеличивается предложение товаров и услуг данного сектора. То есть стимулирование спроса на инновационную продукцию идет как со стороны государства, так и со стороны городского населения.

Опираясь на вышеизложенное, авторы предлагают схему взаимного развития умного города и высокотехнологичных и наукоемких компаний с учетом существующих сетевых взаимодействий (рис. 1). На этой схеме кругами обозначены элементы тройной спирали, а умный город является средой, в которой происходит взаимодействие. При этом положительное влияние идет как со стороны умного города, так и на него.

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ И ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ КОМПАНИЙ, ВХОДЯЩИХ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЙ И НАУКОЕМКИЙ СЕКТОР НА УРОВНЕ ГОРОДА

Для достижения цели исследования возникает необходимость определить, что понимается под высокотехнологичным сектором экономики, и проанализировать его функционирование.

Существуют разные подходы к определению понятия высокотехнологических отраслей. В России в 2012 г. с опорой на опыт Организации экономического сотрудничества и развития была принята методика, основанная на отношении затрат на НИОКР к добавленной стоимости⁵ и выделяющая отрасли высокого технологического, среднего высокого технологического уровней и наукоемкие. Именно компании этих отраслей с большей долей вероятности осуществляют инновации, и поэтому их можно рассматривать в качестве элемента тройной спирали. Информационную основу нашего исследования составили данные о таких компаниях, расположенных в РФ, из базы данных СПАРК Интерфакс по выбранным кодам ОКВЭД 2. Всего в исследовании были использованы финансовые показатели 316 537 компаний. В 2021 г. доля высокотехнологического сектора экономики в ВВП составила 23,6%⁶.

Изучению факторов, влияющих на успешное функционирование высокотехнологических и наукоемких компаний, посвящено большое количество исследований, в том числе работы коллективов из РАНХиГС [2] и ИЭОПП СО РАН [3; 5]. Большинство из них выполнены для уровня региона и лишь немногие – для уровня города. При этом именно города в современном мире являются крупнейшими экономическими центрами. Однако пока влияние городской среды на развитие высокотехнологических компаний изучено не в полной мере, хотя это та среда, с которой они постоянно взаимодействуют и которая оказывает на них ежедневное воздействие.

Рассмотрим современное состояние высокотехнологического и наукоемкого сектора экономики с акцентом именно на местоположении компаний. В России в 2020 г. более 67% высокотехнологических компаний располагались в городах с населением более 100 тыс. чел., и на

⁵ См.: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике»; Методика расчета показателей «Доля продукции высокотехнологических и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте» и «Доля продукции высокотехнологических и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации», утв. приказом Росстата от 15.12.2017 № 832.

⁶ Данные Росстата (URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186>).

эти компании приходилось более 86% выручки и более 94% прибыли⁷. В городах-миллионниках зарегистрировано около 33% от всего числа высокотехнологичных фирм, но их доля в общей прибыли составляет почти 85%. Это показывает существующие в данном секторе диспропорции: компании с высокой доходностью расположены в крупных городах. Связано это с более удобными условиями для работы и для жизни, с большим спросом на продукцию и услуги и с большими возможностями в отношении исследований и разработок. Распределение количества высокотехнологичных и наукоемких компаний по городам разных размеров представлено на рис. 2.



Рис. 2. Распределение количества высокотехнологичных и наукоемких компаний по населенным пунктам РФ в 2020 г.

Источник: расчеты авторов по данным БД СПАРК

⁷ Здесь и далее расчеты авторов на основе данных БД СПАРК. Компании, попавшие в выборку, осуществляют основную деятельность по видам деятельности, входящим в перечень отраслей высокого технологического уровня, среднего технологического уровня и наукоемких отраслей для расчетов показателя «доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП» (коды 20, 21, 26–30, 32.5, 33, 50, 51, 61–63, 69–72, 75, 78, 85–88). Рассматривался юридический адрес компании без выделения места фактического производства.

В 2020 г. 38% от общего количества ВТиНК приходилось на города с населением от 100 тыс. до 1 млн чел., в Москве было расположено 14% рассматриваемых ВТиНК, существенная доля компаний приходилась на Санкт-Петербург и Новосибирск: 6 и 4% соответственно.

Доля Москвы в общей прибыли ВТиНК в 2020 г., по имеющимся в базе данных СПАРК сведениям, составила 70%, доля Санкт-Петербурга – 9%, Уфы и Новосибирска – по 1,6%, а доля всех городов с населением от 0,1 до 1 млн чел. – только 9,5%. В Ростове-на-Дону и Казани рассматриваемые компании получили убыток.

Наибольшая прибыль от ВТиНК на одного жителя города зафиксирована в Москве, а затем с существенным отставанием идут Санкт-Петербург, Уфа, Новосибирск и Нижний Новгород (рис. 3). По выручке ВТиНК на одного жителя лидируют Москва, Нижний Новгород и Санкт-Петербург (рис. 4).

Графики движения выручки ВТиНК (рис. 5) и затрат на труд (рис. 6) в рассматриваемом секторе за период 2013–2020 гг. в процентах

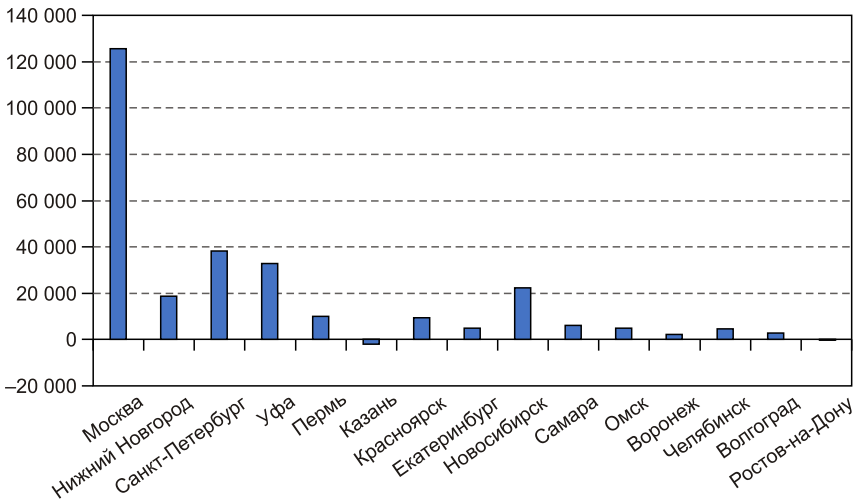


Рис. 3. Прибыль высокотехнологичных и наукоемких компаний на одного жителя в 2020 г., руб.

Источник: расчеты авторов по данным БД СПАРК

Умный город как фактор развития высокотехнологичных компаний

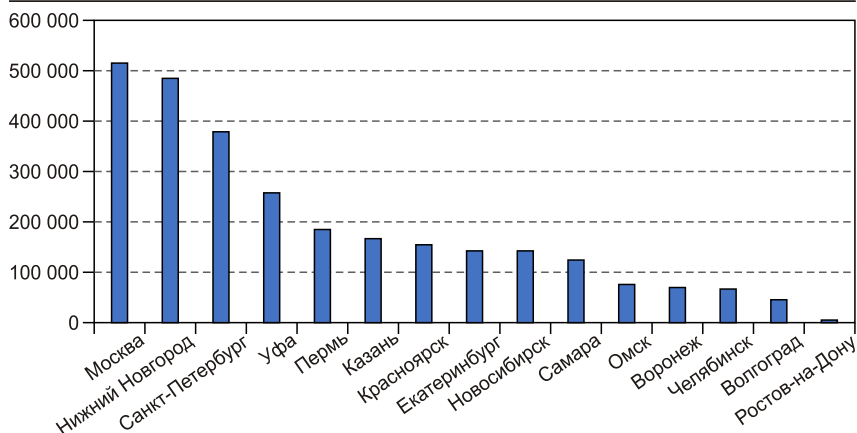


Рис. 4. Выручка высокотехнологичных и наукоемких компаний на одного жителя в 2020 г., руб.

Источник: расчеты авторов по данным БД СПАРК

к ВВП позволяют проводить корректное сравнение по годам. Затраты на оплату труда в процентах к ВВП за восемь рассматриваемых лет

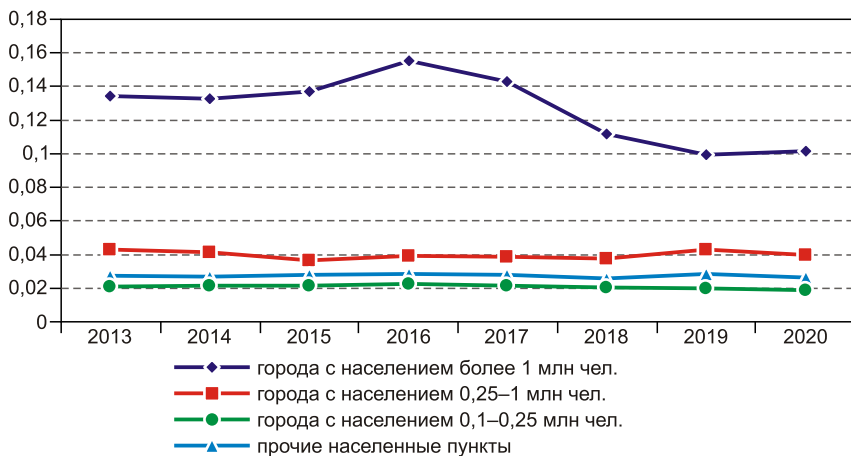


Рис. 5. Динамика отношения выручки высокотехнологичных и наукоемких компаний в городах по годам, % к ВВП

Источник: расчеты авторов по данным БД СПАРК

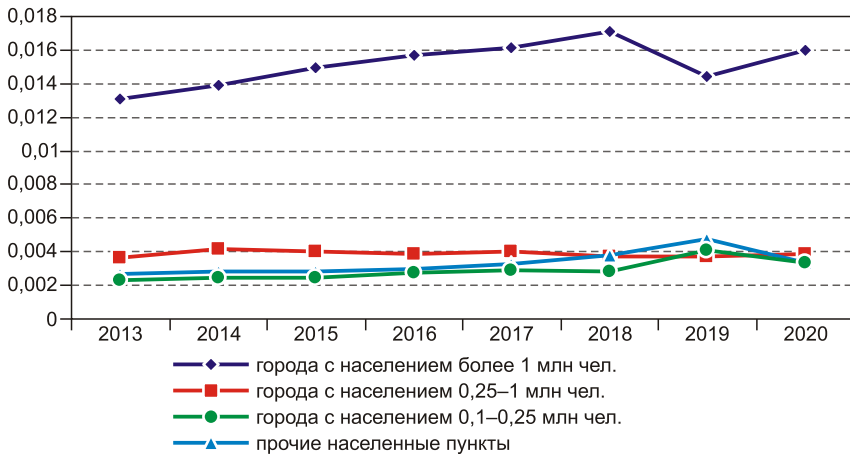


Рис. 6. Динамика затрат на труд высокотехнологичных и наукоемких компаний в городах по годам, % к ВВП

Источник: расчеты авторов по данным БД СПАРК

выросли, особенно в городах-миллионниках. Выручка в процентах к ВВП в крупных и средних городах уменьшилась относительно пика 2016 г. А в городах с населением больше 1 млн чел. данный показатель уменьшился на 4% по отношению к 2016 г.

Таким образом, большая часть исследуемых компаний располагается в крупнейших городах и генерирует большую часть денежных потоков. При этом, несмотря на предпринимаемые правительством меры по поддержке высокотехнологичного бизнеса, видно, что его финансовые показатели в реальном выражении уменьшаются, затраты на оплату труда растут, а значит, отдача падает. Это приводит к необходимости поиска новых факторов, которые бы положительно влияли на развитие ВТиНК.

ДАННЫЕ И МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

Для эмпирической оценки взаимного влияния умной городской среды и высокотехнологичного бизнеса был проведен регрессионный анализ. Для корректного анализа и обеспечения сравнимости города

были разделены на три группы по численности населения. Первая группа включает крупнейшие города с населением более 1 млн чел., их в России 15. Во вторую группу вошли 63 крупных города с населением от 250 тыс. до 1 млн чел. Третья группа – 94 города с населением от 100 до 250 тыс. чел. В качестве основного показателя, отражающего функционирование умного города, взят индекс цифровизации IQ городов. Базовым годом исследования взят 2020 г.⁸

В соответствии с предложенной выше моделью были взяты факторы, относящиеся к триаде «университеты – государство – бизнес». В качестве объясняемой переменной была использована сначала выручка компаний высокотехнологичного и наукоемкого сектора экономики как основной показатель масштаба деятельности компаний, затем была рассчитана обратная регрессия с объясняемой переменной IQ городов для оценки взаимного влияния⁹. Все показатели были нормированы в соответствии с количеством населения в городе расположения фирмы во избежание гетероскедастичности.

⁸ Финансовые показатели ВТиНК взяты из базы данных СПАРК за 2020 г. Использованы также следующие источники: *Результаты* оценки хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства Российской Федерации (IQ городов) по итогам 2021 г. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/672/REZULTATY-OTSENKI-KHODA-I-EFFEKTIVNOSTI.pdf>; *Индекс* качества городской среды – инструмент для оценки качества городской среды и условий ее формирования за 2021 г. – URL: <https://xn---dtbcccdisypabxk.xn--p1ai/#/>; *Численность* студентов очных форм обучения, бюджеты городов за 2021 год: открытые источники; *Патентная* активность: данные годового отчета Роспатента. – URL: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/otchet-2020-ru.pdf>; *Фактические* расходы на ИКТ за 2021 г. – URL: <https://www.cnews.ru/tables/57cb8824909eb971407392b0a36bf75211b38123>.

⁹ В рассмотрение были включены компании, чья основная деятельность соответствует кодам ОКВЭД 2, утвержденным согласно перечню отраслей высокого технологичного уровня, среднего высокого технологичного уровня и наукоемких отраслей для расчета показателя «доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП» (см. Приложение № 2 к Методике расчета показателей «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте» и «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации», утвержденной приказом Росстата от 15.12.2017 № 832. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metodika_832\[1\].pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metodika_832[1].pdf)).

Одним из наиболее важных условий успешной цифровизации в нашей стране является финансирование со стороны *государства*, поэтому в качестве факторов были добавлены бюджеты городов и затраты регионов на сектор ИКТ. Следует отметить, что в России все большую популярность приобретает риторика об умном регионе, так как многие инициативы по цифровизации распространяются не только в центральном городе региона, но и на всей его территории. Яркий пример – предоставление населению услуг онлайн. Поэтому кажется уместным использование показателя затрат на ИКТ по регионам, несмотря на то что расчеты ведутся для уровня муниципалитетов.

Для *университетов* взяты следующие показатели: количество национальных исследовательских университетов в городе и численность студентов очных форм обучения на 10 тыс. жителей. Национальные исследовательские университеты выделяются особо, они должны играть значимую роль в создании и развитии инновационной среды в России. Также в качестве факторов включены другие важные показатели инновационной среды, связанные с *исследованиями и разработками*: количество технопарков в городе, наличие развитого инновационного кластера в городе, а также патентная активность по регионам.

Так как *политика умного города* направлена в первую очередь на повышение качества жизни за счет создания более комфортной, экологичной и безопасной городской среды, то объясняющими факторами выступили индекс цифровизации IQ городов и индекс качества городской среды (ИКГС), рассчитываемые Минстроем России. Первый индекс показывает эффективность цифровизации городского хозяйства, он рассчитывается по 10 основным направлениям: городское управление, умное ЖКХ, инновации для городской среды, умный городской транспорт, интеллектуальные системы общественной безопасности и экологической безопасности, туризм и сервис, интеллектуальные системы социальных услуг, экономическое состояние и инвестиционный климат, инфраструктура сетей связи – и включает 47 параметров. Надо отметить, что в данный индекс входит широкий

спектр показателей, относящихся в том числе к инновациям в городской среде, инфраструктуре сетей связи, инвестиционному климату, другому использованию «сквозных» цифровых технологий в различных сферах – к тому, что традиционно считается важными факторами при исследовании высокотехнологичного и наукоемкого сектора экономики, но применительно именно к городской среде. ИКГС показывает качество и комфортность городских пространств, включая жилье и прилегающие пространства, общественно-деловую инфраструктуру, улично-дорожную сеть, социально-досуговую инфраструктуру, озелененные пространства, общегородские пространства.

Таким образом, предлагается следующая модель для проверки гипотезы:

$$N_i = b_0 + b_1 IQ_i + b_2 UEQI_i + b_3 CE_i + b_4 RDE_i + b_5 NRU_i + b_6 S_i + b_7 TP_i + b_8 IC_i + b_9 PA_i + e_i,$$

где N_i – исследуемая переменная по деятельности высокотехнологичных и наукоемких компаний города i ; IQ_i – IQ города i ; $UEQI_i$ – ИКГС города i ; CE_i – расходы городского бюджета на 10 тыс. жителей; RDE_i – расходы на цифровизацию региона, в котором находится данный город, на 10 тыс. жителей; NRU_i – количество национальных исследовательских университетов в городе; S_i – количество студентов очных форм обучения на 10 тыс. жителей; TP_i – количество технопарков; IC_i – наличие развитого инновационного кластера в городе; PA_i – патентная активность по регионам. Факторы исключались из рассмотрения, если оказывались незначимы, для увеличения качества регрессии. Стандартные для линейной регрессии гипотезы выполняются.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объясняемая переменная – выручка. Зависимость показала высокую объясняемую способность только для городов с населением более 1 млн чел. ($R^2 = 0,67$) (табл. 1). Для городов с меньшим населением данный набор факторов не объясняет изменение выручки по

Таблица 1

Результаты оценки модели

	Все города	Более 1 млн чел.	250 тыс.– 1 млн чел.	100–250 тыс. чел.
Константа	–279 825	–160 299	–587 216	–62 698
IQ города	2 234,2**	3137,0.	–	3 658,0**
ИКС	1 516,8*	–	3 783,0.	–
Расходы на ИКТ на 10 тыс. чел.	–	50,25.	–	–
R ²	0,11	0,67	0,08	0,10

Примечание: *** – значимость на уровне 0,1%, ** – значимость на уровне 1%, * – значимость на уровне 5%, (.) – значимость на уровне 10%.

Источник: расчеты авторов по данным БД СПАРК, Минстроя России, портала CNews.

городам. На выручку высокотехнологичных компаний в крупнейших городах влияет IQ городов: цифровизация городского хозяйства увеличивает выручку ВТиНК. Умный город предполагает наличие современных сетей связи, скоростного интернета, что является необходимым условием для развития современных ВТиНК. В умном городе выше спрос на инновационные товары, городские власти и жители города заинтересованы в современных цифровых продуктах и услугах и готовы воспринимать их. Цифровизация дает не только экономию ресурсов, как в случае установки датчиков протечек воды, но и экономию времени: обеспечивается более быстрое получение услуг от государства, оптимизируются транспортные потоки, уменьшается время поиска парковки, время подачи данных и т.д., что сказывается на продуктивности работы компаний.

Объясняемая переменная – IQ городов. Как было отмечено ранее, не только умный город стимулирует развитие ВТиНК, но и развитие высокотехнологичного сектора экономики приводит к развитию умного города. Растет предложение инновационных товаров, так как на них есть спрос. Решается также вопрос с высококвалифици-

рованными кадрами: в результате наличия рабочих мест они остаются в данном городе и являются необходимой частью умного города.

Для проверки этой гипотезы строится обратная регрессия, после удаления незначимых факторов она имеет следующий вид:

$$IQ_i = b_0 + b_1 N_i + b_2 PA_i + b_3 RDE_i + b_4 CE_i + e_i,$$

где IQ_i – IQ города i ; N_i – годовая выручка ВТиНК в городе i ; PA_i – патентная активность по регионам; RDE_i – расходы на цифровизацию региона, в котором находится данный город, на 10 тыс. жителей; CE_i – расходы городского бюджета на 10 тыс. жителей.

Результаты расчетов по всей выборке (табл. 2) показали, что наибольшее положительное влияние на IQ города оказывает патентная активность в регионе: чем более развиты в городе исследования и разработки, тем более глубокая цифровая трансформация в нем произведена. Надо отметить, что это не согласуется с результатами, пред-

Таблица 2

Результаты оценки обратной регрессии

	Все города	Более 1 млн чел.	250 тыс.– 1 млн чел.	100–250 тыс. чел.
Константа	48,6***	49,4***	43,0***	41,5***
Количество патентов в регионе	0,0012***	–	–	–
Выручка компаний на 10 тыс. чел.	1,9**	1,1***	–	0,2.
Расходы на ИКТ на 10 тыс. чел.	–	–	7,9*	4,2***
Расходы местного бюджета на 10 тыс. чел.	–	–	1,9***	0,9.
R ²	0,23	0,59	0,26	0,37

Примечание: *** – значимость на уровне 0,1%, ** – значимость на уровне 1%, * – значимость на уровне 5%, (.) – значимость на уровне 10%.

Источник: расчеты авторов по данным БД СПАРК, Минстроя России, Роспатента, портала CNews, открытых источников.

ставленными в работах Л. Лейдесдорфа и М. Дикина [16] и П. Ломбарди с соавторами [18], которые показали отсутствие корреляции между развитием интеллектуального капитала в городе (в виде научных работ и патентов) и наличием умного города, и не выполняется при рассмотрении регрессий на подвыборках. Другим важным фактором является деятельность ВТиНК в данном городе: чем выше предложение высокотехнологичной продукции, тем умнее город. Это подтверждает нашу гипотезу о взаимном влиянии ВТиНК и умного города, но только для городов-миллионников. Помимо этого, значимыми оказались расходы на ИКТ (показатель отдачи от государственных инвестиций в данную сферу) и расходы местного бюджета на 10 000 чел. для городов с населением от 100 тыс. до 1 млн чел. Результаты показывают, что цифровизация городской среды в городах-миллионниках сильно зависит от деятельности ВТиНК в городе, именно эти компании влияют на развитие умного города, а в городах с меньшим населением цифровизация идет за счет финансовых вложений государства.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенные расчеты подтвердили, что предполагаемая зависимость между умным городом и успешной деятельностью высокотехнологичных и наукоемких компаний оказалась значима в большей степени для крупнейших городов. В городах-миллионниках цифровизация городской среды увеличивает выручку ВТиНК. Кроме того, города, где решается проблема пробок, где лучшая экологическая ситуация, налажена социокультурная сфера, имеются современные образование и здравоохранение, активно использующие цифровые технологии, что декларируется как составляющие концепции умного города, позволяют удерживать высококвалифицированных специалистов. А удобство, которое дает применение современных цифровых технологий в городе при взаимодействии с властями и организациями разных уровней, экономит средства и упрощает работу высокотехнологичным компаниям.

Для крупных городов с населением от 250 тыс. до 1 млн чел. регрессии оказались значимы, однако из-за большого количества других факторов, влияющих на них, но не принятых к рассмотрению, и большого различия между городами доля объясненной дисперсии составляет не более 15%, так что требуется отдельное исследование по выявлению дополнительных факторов. Тем не менее показатели компаний в этих городах зависят именно от качества городской среды, в отличие от городов-миллионников, где значимым фактором была цифровизация городской среды.

Также подтвердилась гипотеза о взаимном влиянии умного города и ВТиНК, поскольку умная инновационная экономика и высокообразованные люди являются важной частью умного города. ВТиНК создают предложение инновационных товаров, готовы к государственно-частному партнерству по цифровой трансформации, а высококвалифицированные кадры готовы к восприятию нового и активному участию в управлении городом.

При этом университеты, которым отводится важнейшая роль в рамках тройной спирали, оказались в данной постановке задачи незначимыми. Возможно, это связано с тем, что долгое время университеты в России были нацелены преимущественно на предоставление образовательных услуг и не развивали исследовательские функции. Хотя во многих вузах создаются лаборатории, акселераторы, проводятся серьезные научные исследования.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показало роль умного города в создании инновационной среды через механизм модифицированной модели тройной спирали для всего высокотехнологичного и наукоемкого сектора. Комфортная городская среда с высокой степенью цифровизации является важным фактором развития и удержания высокотехнологичных компаний. В современных условиях высококвалифицированные специалисты мобильны и имеют возможность выбирать наиболее комфортное место для проживания и работы, а также для

создания новых компаний. Умный город дает конкурентные преимущества в борьбе за специалистов, кроме того, он стимулирует и поддерживает инновационную среду, создает творческую, креативную атмосферу, побуждает горожан к более активному участию в городской жизни. Политика умного города способствует созданию новых знаний, а это, в свою очередь, способствует экономическому росту. Умный город получает горожан, которые способны воспользоваться всеми преимуществами цифровой трансформации и готовы проявлять инициативу.

Исследование выявило сильную взаимосвязь между умным городом и высокотехнологичными и наукоемкими компаниями в городах-миллионниках. Что касается меньших городов, то из-за сильного отличия социально-экономических, финансовых, географических условий объясняемая способность выявленной взаимосвязи низкая. Тем не менее можно сказать, что на развитие высокотехнологичных и наукоемких компаний в крупных и средних городах, в отличие от крупнейших, больше влияют именно комфортность городской среды, наличие рекреационных, культурных мест, мест для занятий спортом, деловых пространств и уютного жилья, а не цифровые достижения города. Цифровизация городской среды в таких городах зависит больше не от местного бизнеса, а от финансирования со стороны государства, в том числе и на уровне региона, а не только муниципалитета, так как многие услуги, переведенные в цифровую форму, можно распространять внутри региона.

Важно учитывать, что комфортные инновационные условия в городах не появляются сами по себе, а создаются за счет усилий местных властей, которые проводят целенаправленную наукоемкую политику, поддерживающую инновационное развитие, и заинтересованного бизнес-сообщества. Необходимы партнерские отношения между основными заинтересованными сторонами и четкие стратегии сотрудничества для обмена исследовательскими и инновационными ресурсами.

Статья подготовлена по плану НИР ИЭОПП СО РАН, проект «Теория и методология исследования устойчивого развития компаний высокотехнологического и наукоемкого сектора экономики в контексте глобальных вызовов внешней среды, технологических, организационных и институциональных сдвигов», № 121040100260-3

Список источников

1. *Бабурин С.Н.* Правовые и духовно-нравственные основы цифрового будущего человечества в эпоху нарастающей экологической катастрофы // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Сер. 2: Юридические науки. – 2019. – № 4. – С. 6–12.
2. *Баринова В.А., Земцов С.П., Семенова Р.И., Федотов И.В.* Высокотехнологичный бизнес в регионах России: Национальный доклад. – М.: РАНХиГС, 2018. – 56 с.
3. *Вызовы цифровой трансформации и бизнес высоких технологий* / Кравченко Н.А., Маркова В.Д., Балдина Н.П. и др. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2019. – 352 с.
4. *Иванова А.И., Кравченко Н.А.* Влияние региональных условий на бизнес-демографию российских ИТ-компаний // Вопросы экономики. – 2022. – № 5. – С. 79–98.
5. *Маркова В.Д., Кузнецова С.А.* Особенности развития высокотехнологичного бизнеса // Экономика. Профессия. Бизнес. – 2016. – № S1. – С. 7–11.
6. *Batagan L.* Indicators for economic and social development of future smart city // Journal of Applied Quantitative Methods. – 2011. – Vol. 6, No. 3. – P. 27–34.
7. *Camagni R., Capello R., Caragliu A.* Static vs. dynamic agglomeration economies: Spatial context and structural evolution behind urban growth // Seminal Studies in Regional and Urban Economics: Contributions from an Impressive Mind. – 2017. – P. 227–259. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-57807-1_12 (дата обращения: 29.01.2023).
8. *Caragliu A., Del Bo C.F.* Smart innovative cities: The impact of Smart City policies on urban innovation // Technological Forecasting and Social Change. – 2019. – Vol. 142. – С. 373–383.
9. *Carayannis E.G., Barth T.D., Campbell D.F.J.* The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation // Journal of Innovation and Entrepreneurship. – 2012. – Vol. 1. – P. 1–12.
10. *Cumming D., Dai N.* Local bias in venture capital investments // Journal of Empirical Finance. – 2010. – Vol. 17, No. 3. – P. 362–380.
11. *Deakin M.* Smart cities: the state-of-the-art and governance challenge // Triple Helix. – 2014. – Vol. 1, No. 1. – С. 1–16.

12. *Duranton G., Puga D.* Micro-foundations of urban agglomeration economies // Handbook of Regional and Urban Economics. – Elsevier, 2004. – Vol. 4. – P. 2063–2117.
13. *Florida R.* The creative class and economic development // Economic Development Quarterly. – 2014. – Vol. 28, No. 3. – P. 196–205.
14. *Granath M.* The Smart City – How Smart Can “IT” Be?: Discourses on Digitalisation in Policy and Planning of Urban Development. – Linköping University Electronic Press, 2016. – 693 p.
15. *Hajkova V., Hajek P.* Efficiency of knowledge bases in urban population and economic growth – Evidence from European cities // Cities. – 2014. – Vol. 40. – P. 11–22.
16. *Leydesdorff L., Deakin M.* The triple-helix model of smart cities: A neo-evolutionary perspective // Journal of Urban Technology. – 2011. – Vol. 18, No. 2. – P. 53–63.
17. *Leydesdorff L., Etzkowitz H.* Emergence of a Triple Helix of university – industry – government relations // Science and Public Policy. – 1996. – Vol. 23, No. 5. – P. 279–286.
18. *Lombardi P., Del Bo C., Calagiu A., Deakin M., Nijkamp P.* An advanced Triple-Helix network model for smart cities performance // Green and Ecological Technologies for Urban Planning / Ed. by O.Y. Ercoskun. – IGI Global, 2011. – P. 59–73.
19. *Moretti E.* Workers’ education, spillovers, and productivity: evidence from plant-level production functions // American Economic Review. – 2004. – Vol. 94, No. 3. – P. 656–690.
20. *Shutters S.T., Muneeppeerakul R., Lobo J.* Constrained pathways to a creative urban economy // Urban Studies. – 2016. – Vol. 53, No. 16. – P. 3439–3454.
21. *Smith H.L., Leydesdorff L.* Have quadruple and quintuple helices emerged? Metaphors, project titles, and empirical research // Triple Helix. – 2022. – Vol. 9, No. 2. – P. 174–183.
22. *Xue L., Gao Y.* From modeling the interactions among institutions to modeling the evolution of an ecosystem: A reflection on the Triple Helix model and beyond // Triple Helix. – 2022. – Vol. 9, No. 1. – P. 54–64.
23. *Zhironkin S.A., Suslova Yu.Yu., Demchenko S.K., Voloshin A.V., Demchenko O.S.* From a triple to a Penta Helix: the evolution of innovative economy development methodology // Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки. – 2022. – Т. 15, № 12. – С. 1854–1864.
24. *Zygariis S.* Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems // Journal of the Knowledge Economy. – 2013. – Vol. 4. – P. 217–231.

Информация об авторах

Костина Елена Алексеевна (Россия, Новосибирск) – младший научный сотрудник Института экономики и организации промышлен-

ного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 17). E-mail: ovs.elena@gmail.com.

Костин Андрей Владимирович (Россия, Новосибирск) – кандидат экономических наук, страший научный сотрудник Института экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 17); доцент Новосибирского национального исследовательского государственного университета (630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1). E-mail: andrey.v.kostin@gmail.com.

DOI: 10.15372/REG20230304

Region: Economics & Sociology, 2023, No. 3 (119), p. 84–110

E.A. Kostina, A.V. Kostin

SMART CITY AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF HIGH-TECH COMPANIES

State policies increasingly focus on fostering an effective innovation ecosystem and promoting the sustainable growth of high-tech and knowledge-intensive companies. A critical aspect influencing these objectives is the urban environment, which serves as a primary interface for most companies. In this regard, the Smart City Initiative at the departmental level and the federal project “Formation of Comfortable Urban Environment” are striving to establish modern smart cities. Smart cities create a growing demand for high-tech products and knowledge-intensive services, consequently driving their supply. The establishment of a smart, comfortable, and technologically advanced environment, coupled with an openness to new technologies, acts as a catalyst for the emergence and expansion of high-tech companies, as well as the development of an effective innovation ecosystem. Smart cities also facilitate the creation of innovation exchange hubs such as technology parks, business incubators, etc. Moreover, the presence of numerous high-tech companies reinforces the utilization of digital technologies and the Internet of Things within the urban landscape. The technologies developed and implemented must be relevant and user-friendly for citizens.

This research aims to assess the reciprocal influence between high-tech and knowledge-intensive companies (HT&KICs) and smart cities, building upon a modified triple helix model as the theoretical framework. Through econometric analysis, we have observed that in large cities with a high level of digitalization in the urban economy and environment, there exists a positive impact on the development of HT&KICs.

Keywords: smart city; high-tech and knowledge-intensive companies; human capital; triple helix

For citation: *Kostina, E.A. & A.V. Kostin. (2023). Umnyy gorod kak faktor razvitiya vysokotekhnologichnykh kompaniy [Smart city as a factor in the development of high-tech companies]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 3 (119), 83–110. DOI: 10.15372/REG20230304.*

This research was carried out with the plan of research work of IEIE SB RAS, project “Theory and methodology of research on sustainable development of high-tech and knowledge-intensive companies in the context of global challenges of the external environment, technological, organizational and institutional shifts”, No. 121040100260-3

References

1. Baburin, S.N. (2019). Pravovye i dukhovno-nravstvennye osnovy tsifrovogo budushchego chelovechestva v epokhu narastayushchey ekologicheskoy katastrofy [Legal and spiritual-moral basics digital future humans in the age of the world environmental crash]. Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.Yu. Vitte. Ser. 2: Yuridicheskie nauki [Moscow Witte University Bulletin. Series 2: Legal Science], 4, 6–12.
2. Barinova, V.A., S.P. Zemtsov, R.I. Semenov & I.V. Fedotov. (2018). Vysokotekhnologichnyy biznes v regionakh Rossii: Natsionalnyy doklad [High-Tech Business in Russian Regions: National Report]. Moscow, RANEPa Publ., 56.
3. Kravchenko, N.A., V.D. Markova, N.P. Baldina et al. (2019). Vyzovy tsifrovoy transformatsii i biznes vysokikh tekhnologiy [Challenges of Digital Transformation and High Technologies Business]. Novosibirsk, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS Publ., 352.
4. Ivanova, A.I. & N.A. Kravchenko. (2022). Vliyanie regionalnykh usloviy na biznes-demografiyu rossiyskikh IT-kompaniy [The impact of regional conditions

on the business demographics of Russian IT companies]. *Voprosy ekonomiki* [Problems of Economics], 5, 79–98.

5. *Markova, V.D. & S.A. Kuznetsova.* (2016). *Osobennosti razvitiya vysokotekhnologichnogo biznesa* [Features of high-tech business development]. *Ekonomika. Professiya. Biznes* [Economics. Profession. Business], S1, 7–11.

6. *Batagan, L.* (2011). Indicators for economic and social development of future smart city. *Journal of Applied Quantitative Methods*, Vol. 6, No. 3, 27–4.

7. *Camagni, R., R. Capello & A. Caragliu.* (2017). Static vs. dynamic agglomeration economies: Spatial context and structural evolution behind urban growth. In: *Seminal Studies in Regional and Urban Economics: Contributions from an Impresive Mind*, 227–259. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-57807-1_12 (date of access: 29.01.2023).

8. *Caragliu, A. & C.F. Del Bo.* (2019). Smart innovative cities: The impact of Smart City policies on urban innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 373–383.

9. *Carayannis, E.G., T.D. Barth & D.F.J. Campbell.* (2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1, 1–12.

10. *Cumming, D. & N. Dai.* (2010). Local bias in venture capital investments. *Journal of Empirical Finance*, Vol. 17, No. 3, 362–380.

11. *Deakin, M.* (2014). Smart cities: the state-of-the-art and governance challenge. *Triple Helix*, Vol. 1, No. 1, 1–16.

12. *Duranton, G. & D. Puga.* (2004). Micro-foundations of urban agglomeration economies. In: *Handbook of Regional and Urban Economics*. Elsevier, 4, 2063–2117.

13. *Florida, R.* (2014). The creative class and economic development. *Economic Development Quarterly*, Vol. 28, No. 3, 196–205.

14. *Granath, M.* (2016). The Smart City – How Smart Can “IT” Be?: Discourses on Digitalisation in Policy and Planning of Urban Development. Linköping University Electronic Press, 693.

15. *Hajkova, V. & P. Hajek.* (2014). Efficiency of knowledge bases in urban population and economic growth – Evidence from European cities. *Cities*, 40, 11–22.

16. *Leydesdorff, L. & M. Deakin.* (2011). The triple-helix model of smart cities: A neo-evolutionary perspective. *Journal of Urban Technology*, Vol. 18, No. 2, 53–63.

17. *Leydesdorff, L. & H. Etzkowitz.* (1996). Emergence of a Triple Helix of university – industry – government relations. *Science and Public Policy*, Vol. 23, No. 5, 279–286.

18. *Lombardi, P., C. Del Bo, A. Calagliu, M. Deakin & P. Nijkamp.* (2011). An advanced Triple-Helix network model for smart cities performance. In: O.Y. Erco-skun (Ed.). *Green and Ecological Technologies for Urban Planning*. IGI Global, 59–73.

19. *Moretti, E.* (2004). Workers' education, spillovers, and productivity: evidence from plant-level production functions. *American Economic Review*, Vol. 94, No. 3, 656–690.
20. *Shutters, S.T., R. Muneeppeerakul & J. Lobo.* (2016). Constrained pathways to a creative urban economy. *Urban Studies*, Vol. 53, No. 16, 3439–3454.
21. *Smith, H.L. & L. Leydesdorff.* (2022). Have quadruple and quintuple helices emerged? Metaphors, project titles, and empirical research. *Triple Helix*, Vol. 9, No. 2, 174–183.
22. *Xue, L. & Y. Gao.* (2022). From modeling the interactions among institutions to modeling the evolution of an ecosystem: A reflection on the Triple Helix model and beyond. *Triple Helix*, Vol. 9, No. 1, 54–64.
23. *Zhironkin, S.A., Y.Yu. Suslova, S.K. Demchenko, A.V. Voloshin & O.S. Demchenko.* (2022). From a triple to a Penta Helix: the evolution of innovative economy development methodology. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Gumanitarnye nauki* [Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences], Vol. 15, No. 12, 1854–1864.
24. *Zygiaris, S.* (2013). Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. *Journal of the Knowledge Economy*, 4, 217–231.

About Authors

Kostina, Elena Alekseevna (Novosibirsk, Russia) – Junior Researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russia). E-mail: ovs.elena@gmail.com.

Kostin, Andrey Vladimirovich (Novosibirsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Senior Researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russia); Associate Professor at Novosibirsk National Research State University (1, Pirogov St., Novosibirsk, 630090, Russia). E-mail: andrey.v.kostin@gmail.com.

Поступила в редколлегию 30.01.2023.

После доработки 02.05.2023.

Принята к публикации 12.05.2023.

© Костина Е.А., Костин А.В., 2023