

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.4

УДК 332.14+330.43, ББК 65.049(2)

© Наумов И.В., Никулина Н.Л.

Сценарное моделирование и прогнозирование пространственной неоднородности инновационного развития России



Илья Викторович

НАУМОВ

Институт экономики УрО РАН
Екатеринбург, Российская Федерация
e-mail: naumov.iv@uiec.ru

ORCID: 0000-0002-2464-6266; ResearcherID: U-7808-2017



Наталья Леонидовна

НИКУЛИНА

Институт экономики УрО РАН
Екатеринбург, Российская Федерация
e-mail: nikulina.nl@uiec.ru

ORCID: 0000-0002-6882-3172; ResearcherID: J-9846-2013

Аннотация. Проблема неравномерного пространственного инновационного развития России обусловлена действием множества факторов: объемами ВРП и бюджетной обеспеченности территорий, привлекаемых предприятиями инвестиций в основной капитал, однако определяющими факторами концентрации инновационных производств в территориальных системах различного уровня являются затраты предприятий на осуществление инновационной деятельности и сформировавшийся научный кадровый потенциал. Возрастающая пространственная неоднородность локализации и концентрации данных ресурсов, согласно поставленной нами гипотезе исследования, усиливает пространственную неоднородность инновационного развития России. Для подтверждения гипотезы была поставлена цель – оценка пространственной неоднородности инновационного развития предприятий на национальном уровне и сценарное моделиро-

Для цитирования: Наумов И.В., Никулина Н.Л. (2023). Сценарное моделирование и прогнозирование пространственной неоднородности инновационного развития России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 16. № 4. С. 71–87. DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.4

For citation: Naumov I.V., Nikulina N.L. (2023). Scenario modeling and forecasting of the spatial heterogeneity of innovation development in Russia. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 16(4), 71–87. DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.4

вание, прогнозирование ее динамики до 2025 года. В работе представлен методический подход к сценарному прогнозированию пространственной неоднородности инновационного развития России, предполагающий ее оценку с использованием пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана, регрессионный анализ зависимости объема отгруженных инновационных товаров и выполненных услуг от осуществляемых предприятиями затрат на инновационную деятельность и численности научно-исследовательских кадров в регионах, а также авторегрессионный анализ динамики их изменения с использованием скользящей средней (ARIMA-моделирование) для формирования наиболее вероятных прогнозных сценариев инновационного развития разных групп регионов. Новизной представленного подхода является системность использования методов пространственного автокорреляционного анализа по различным матрицам пространственных весов, методов регрессионного анализа по панельным данным и ARIMA-моделирования, которые в сочетании друг с другом дают возможность установить степень влияния факторов на неоднородность инновационного развития регионов и сформировать систему различных прогнозных сценариев. Результаты исследования послужат основой для формирования инновационного каркаса России. Построенные прогнозные сценарии позволят сформировать стратегии инновационного развития регионов России с учетом выявленных особенностей пространственной локализации факторов, оказывающих на него значительное влияние.

Ключевые слова: пространственная неоднородность, регионы России, инновационное развитие, затраты на инновационную деятельность, функция Кобба – Дугласа, регрессионное моделирование, пространственная автокорреляция, ARIMA-моделирование.

Благодарность

Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР Лаборатории моделирования пространственного развития территорий Института экономики УрО РАН на 2023 год.

Введение

В современных условиях инновационное развитие предприятий является важным фактором устойчивого, прогрессивного социально-экономического развития территориальных систем различного уровня. Внедрение технико-технологических, организационно-экономических, социальных и других нововведений в различных сферах жизнедеятельности и их активное воплощение в виде инноваций обеспечивают не только новые технологические возможности развития предприятий и роста их конкурентоспособности, но и формируют прогрессивный облик территорий. Несмотря на значительное количество работ в научной литературе по инновационной проблематике, а исследованию тенденций и факторов инновационного развития территорий, разработке механизмов повышения их инновационной активности были посвящены труды А.Г. Гранберга, С.Д. Валентея (Гранберг, Валентей, 2006), Н.И. Комкова (Комков, 2017), И.М. Головой, А.Ф. Суховой (Голова,

Суховой, 2017), О.А. Доничева, Д.Ю. Фраймовича, С.А. Грачева (Доничев и др., 2018), А.А. Кисуркина (Кисуркин, 2012), П.А. Дегтярева (Дегтярев, 2020), С.Н. Митякова, О.И. Митяковой, Н.А. Мурашовой (Митяков и др., 2017) и др., слабо изученными остаются пространственные аспекты осуществления предприятиями инновационной деятельности. Наблюдаемая в настоящее время поляризованность инновационного развития во многом связана с пространственными особенностями концентрации научного потенциала, финансовых ресурсов, и актуальная задача заключается в оценке и прогнозировании динамики изменения пространственной неоднородности размещения данных факторов для выработки механизмов ее сглаживания.

В нашем исследовании тестировалась гипотеза о том, что возрастающая пространственная неоднородность локализации и концентрации научно-исследовательских кадров и затрат предприятий на осуществление инновацион-

ной деятельности усиливает пространственную неоднородность инновационного развития России. Основная цель работы – оценка, сценарное моделирование и прогнозирование пространственной неоднородности инновационного развития предприятий в России до 2025 года. Для ее достижения были поставлены следующие задачи: теоретический обзор методов оценки, сценарного моделирования и прогнозирования пространственной неоднородности инновационного развития территорий и формирование системного подхода, учитывающего преимущества и недостатки данных методов; оценка пространственной неоднородности инновационного развития России и поиск основных центров (полюсов роста), похожих по уровню инновационного развития регионов, которые могут объединиться в пространственные кластеры, а также зон их влияния; формирование регрессионной модели Кобба – Дугласа с использованием панельных данных по регионам России для оценки эффективности организации инновационных производств в территориальных системах, влияния затрат предприятий на инновационную деятельность и научно-исследовательских кадров в регионе на объем отгруженных инновационных товаров; ARIMA-моделирование динамики факторов для формирования наиболее вероятных прогнозных сценариев инновационного развития регионов до 2025 года: инерционного с учетом наблюдаемых тенденций, оптимистичного и пессимистичного. Решение этих исследовательских задач позволит спрогнозировать динамику пространственной неоднородности инновационного развития регионов России, а построенные модели помогут выработать механизмы ее сглаживания.

Теоретико-методические подходы к оценке и прогнозированию пространственной неоднородности инновационного развития территории

Для исследования пространственной неоднородности инновационного развития применяются различные методы оценки, самым распространенным из которых является статистический анализ. Пространственные аспекты инновационного развития регионов России с помощью статистических индексов оценивались А.В. Кривчанской (Кривчанская, 2017), М.С. Гусаровой (Гусарова, 2021), М.А. Дугаржаповой и Е.А. Жалсараевой (Дугаржапова, Жал-

сараева, 2020), О.С. Москвиной (Москвина, 2019), В.Н. Маковеевым (Москвина, Маковеев, 2019), с использованием показателей плотности, структуры, концентрированности, конвергенции и связанности – Е.Ф. Никитской (Никитская, 2020), методов комиссий, «Дельфи», морфологического анализа и экстраполяции – В.В. Филатовым (Филатов, 2014), методов корреляционного анализа, стандартизации и агрегирования показателей – О.П. Смирновой, А.О. Пономаревой (Smirnova, Ponomareva, 2020), методов многомерного, факторного анализа – Е.А. Полиной и И.А. Соловьевой (Polina, Solovyeva, 2019). Данные методы исследования пространственной неоднородности чаще используются на начальном этапе ее оценки, для группировки территорий по показателям инновационного развития предприятий. Они не позволяют моделировать влияние факторов на инновационное развитие территориальных систем, формировать прогнозные сценарии разветвления инновационных процессов в будущем.

Пространственная неоднородность инновационного развития территориальных систем оценивалась и методами пространственной кластеризации. Для этих целей А.Л. Мячин, например, использовал методы анализа паттернов кластеризации (Myachin, 2020). Методы кластеризации позволили F.A. Blanco, F.J. Delgado, M.J. Presno установить конвергенцию стран Европейского союза по расходам на науку и обосновать «необходимость пересмотра политики ЕС в области исследований и разработок в направлении большей координации использования ресурсов, а также внедрения новых инструментов» (Blanco et al., 2020). А.С. Михайлов, В.В. Горочная, Д.В. Хвалеев, И.С. Гуменюк применяли методы пространственной кластеризации по нескольким критериям. Статистическая оценка была «дополнена анализом пространственной концентрации инновационного потенциала с учетом агломерационного фактора» (Михайлов и др., 2020).

Для кластеризации регионов по уровню инновационного развития И.П. Килина использовала внутрирегиональные и пространственные инновационные параметры (индексы плотности и однородности). На их основе с помощью показателей гравитации формировался инновационный профиль регионов, который

позволил разделить субъекты РФ на типологические группы, выделить особенности, идентифицировать направления межрегиональной кооперации в инновационной сфере¹. Для оценки пространственной неоднородности инновационного развития И.В. Наумовым и А.З. Барыбиной применялся «пространственный автокорреляционный анализ по методике П. Морана и Л. Анселина с использованием различных матриц пространственных весов для поиска полюсов инновационного роста, межрегиональных пространственных кластеров, зон их влияния» (Наумов, Барыбина, 2020).

Методы кластерного анализа лучшим образом, по сравнению со статистическими методами, подходят для оценки пространственной неоднородности инновационного развития территориальных систем, позволяют объективно сформировать кластеры похожих территориальных систем. При этом, в отличие от статистических методов, при выявлении кластеров прежде всего учитываются пространственные аспекты, в кластеры включаются близко расположенные территории. В то же время и статистические методы исследования, и методы кластеризации не позволяют смоделировать и спрогнозировать изменения пространственной неоднородности инновационного развития в будущем, а формируют только основу для этого. Так, при оценке и моделировании неоднородности распространения зеленых инноваций в 30 провинциях Китая с 2009 по 2019 год P. Liu, L. Zhang, H. Tarbert, Z. Yan использовали пространственно-временные характеристики данных инноваций и факторы, влияющие на эффективность их внедрения (Liu et al., 2021). Подобное исследование провели K.-L. Wang и F.-Q. Zhang (Wang, Zhang, 2021). Авторы применяли глобальную модель измерения на основе индексов пространственной автокорреляции Морана и модели векторной авторегрессии (VAR). Используя пространственную эконометрическую модель, X. Yong Gang оценивал характеристики конвергенции и вариации региональных инноваций, изучал влияние факторов, связанных с пространством, на конвергенцию региональных инноваций (Yong Gang, 2023).

¹ Килина И.П. (2020). Инновационное развитие регионов: пространственный подход: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Челябинск. 24 с.

С использованием методов регрессионного анализа и индексов региональной пространственной структуры, эффективности инноваций и индекса разрыва в инновациях Z. Ye, C. Zou, Y. Huang исследовали влияние различных типов пространственных структур на внедрение научно-технических инноваций в 26 провинциях и автономных районах Китая с 2005 по 2019 год (Ye et al., 2022). Для исследования пространственной неоднородности регионального инновационного развития дельты Жемчужной реки Китая K. Wu, Y. Wang, H. Zhang, Y. Liu, Y. Ye комбинировали отрицательную биномиальную регрессию и геодетектор (Wu et al., 2021). Для моделирования пространственной неоднородности инновационного развития 67 европейских стран M.A.M. Antunes использовал квантильную регрессионную модель с дискретной зависимой переменной (Antunes, 2016).

Регрессионный анализ для поиска факторов, оказывающих влияние на инновационное развитие производительных сил в регионах России, применялся О.С. Мариным, Е.Д. Игнатъевой, Е.П. Набережной и И.В. Савиным. Построенная ими модифицированная «функция генерации знаний» Кобба – Дугласа (Маринов и др., 2012) вполне может быть использована для проектирования прогнозных сценариев динамики инновационного развития регионов. Л.В. Марабаева, О.А. Соколов, И.А. Горин, А.Э. Ковалев формировали прогнозные сценарии развития территориальных инновационных кластеров в России с помощью ARIMA-модели (Марабаева и др., 2020).

Теоретический обзор работ с использованием регрессионного анализа показал большое разнообразие применяющегося инструментария для моделирования факторов инновационного развития различных территориальных систем. В то же время результаты моделирования и прогнозирования пространственных особенностей инновационного развития, пространственной неоднородности размещения инновационных производств в научной литературе слабо представлены, лишь незначительная часть сформированных моделей применялась для построения системы прогнозных сценариев инновационного развития. Сценарное моделирование и прогнозирование пространственной неоднородности инновационного развития территориальных систем является сложным

и многоэтапным процессом, требующим решения нескольких задач: проведения оценки пространственной неоднородности развития инновационных процессов и кластеризации территорий по данному признаку; оценки факторов производства инновационной продукции в разных территориальных системах с использованием регрессионного анализа; формирования многовариантных прогнозов изменения динамики факторов, оказывающих влияние на инновационное развитие территориальных систем; построения на их основе системы прогнозных сценариев инновационного развития территорий; оценки спрогнозированного уровня концентрации инновационных производств в разных группах территориальных систем. Соответственно, решение поставленных задач требует системного использования различных методов моделирования и прогнозирования.

Методический подход к сценарному моделированию и прогнозированию пространственной неоднородности инновационного развития территории

На этапе оценки пространственной неоднородности инновационного развития территорий и их кластеризации мы предлагаем использовать статистические методы исследования. Они помогут выделить группы регионов по объему отгруженных инновационных товаров: с высоким значением, превышающим стандартное отклонение от среднего; регионы со значением показателя, приближенным к среднему уровню и незначительно превышающим его, а также регионы с объемом отгруженных товаров ниже среднего уровня. Оценка концентрации отгруженных инновационных товаров в каждом регионе и по группам регионов позволит установить наличие пространственной неоднородности инновационного развития. Для ее подтверждения и проведения пространственной кластеризации предполагается использование пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана с обобщением результатов по различным матрицам пространственных весов между регионами (по автомобильным дорогам и линейным расстояниям, смежным границам, по железнодорожным путям сообщений, а также их нормированным версиям). Рассчитанные глобальный и локальные индексы пространственной автокорреляции по объему отгруженных иннова-

ционных товаров позволят установить сформировавшиеся и формирующиеся полюса роста, пространственные кластеры похожих по уровню инновационного развития регионов, зоны их влияния, а также прямые и обратные межтерриториальные взаимосвязи.

На следующем этапе исследования в рамках выделенных групп регионов предполагается проведение регрессионного моделирования, целью которого является оценка степени влияния основных факторов производства (затрат предприятий на инновационную деятельность и всей совокупности научно-исследовательских кадров в регионе) на объем отгруженных в регионах инновационных товаров. Поскольку в нашем исследовании важным аспектом выступает оценка степени влияния факторов на пространственную неоднородность динамики объема отгруженных инновационных товаров, то для реализации данной задачи предполагается использование классической производственной функции Кобба – Дугласа. Для получения более корректных результатов в условиях пространственной неоднородности данных об инновационном развитии предприятий предполагается формирование квантильной регрессии (1), оценивающей степень влияния указанных факторов в трех группах регионов:

$$Q_{\tau}(V_{it}|X_{it}) = A(\tau) + \beta_1(\tau)L_{it} + \beta_2(\tau)C_{it} + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где $Q_{\tau}(V_{it}|X_{it})$ – τ -й условный квантиль V_{it} данного X_{it} ;

V_{it} – объем отгруженных инновационных товаров в регионе, млн руб.;

X_{it} – факторы L_{it} , C_{it} ;

L_{it} – численность персонала, занятого научными исследованиями в регионе, чел.;

$\beta_1(\tau)$ – коэффициент эластичности по численности персонала;

C_{it} – затраты на инновационную деятельность организаций в регионе, млн руб.;

$\beta_2(\tau)$ – коэффициент эластичности по затратам на инновационную деятельность;

$A(\tau)$ – технологический коэффициент, совокупность прочих факторов;

ε_i – ошибка регрессии.

Построенные модели для трех квантилей не только станут основой для сценарного прогнозирования пространственной неоднородности инновационного развития регионов, но и по-

зволят установить возникающие эффекты от масштабов производственной деятельности инновационных предприятий в разных группах регионов, оценить эффективность их организации. Для подтверждения отличающейся степени влияния исследуемых факторов на объем отгруженных инновационных товаров в разных группах регионов планируется построение регрессионных моделей Кобба – Дугласа для каждого региона за тот же исследуемый период (2010–2020 гг.). Для оценки вклада исследуемых факторов в формирование пространственной неоднородности инновационного развития на следующем этапе предполагается проведение пространственного автокорреляционного анализа особенностей их распределения по методике Морана, в ходе которого будут определены полюса роста, пространственные кластеры и зоны их влияния по привлекаемым предприятиями финансовым ресурсам для осуществления инновационной деятельности и численности научно-исследовательских кадров.

Для формирования прогнозных сценариев изменения объема отгруженных инновационных товаров в трех группах регионов на следующем этапе исследования предполагается проведение авторегрессионного анализа динамики изменения затрат предприятий на инновационную деятельность и численности научно-исследовательских кадров во всех регионах России за период с 2010 по 2020 год с использованием скользящей средней (ARMA / ARIMA). Данный метод позволит определить наиболее вероятный – инерционный сценарий динамики указанных факторов до 2025 года с учетом сохранения отмеченных за исследуемый период тенденций, а также обозначить крайне возможные (пессимистичный и оптимистичный) сценарии изменения их динамики в будущем. Полученные прогнозные значения изменения динамики данных факторов будут подставлены в уравнения квантильной регрессионной модели трех групп регионов (1) для формирования инерционного, а также крайне возможных прогнозных сценариев динамики объема отгруженных инновационных товаров. Представленные в работе регрессионные модели могут использоваться для формирования целой системы разнообразных сценариев благодаря комбинации прогнозных значений факторов.

Таким образом, представленный в работе методический подход к сценарному прогнозированию пространственной неоднородности инновационного развития России базируется на системном использовании различных методов исследования: методов стандартных отклонений и пространственного автокорреляционного анализа для кластеризации регионов по объему осуществляемой предприятиями инновационной деятельности, методов регрессионного моделирования для оценки зависимости объема отгруженных инновационных товаров от уровня затрат предприятий на инновационную деятельность и численности научно-исследовательских кадров в регионах, а также степени влияния данных факторов в разных группах регионов, методов авторегрессионного анализа динамики их изменения для формирования наиболее вероятного и крайне возможных прогнозных сценариев изменения динамики данных факторов в будущем, соответствующих сценариев изменения динамики отгружаемых предприятиями инновационных товаров и их концентрации в тех или иных регионах.

Результаты исследования

Рассматривая инновационное развитие страны в региональном разрезе, можно отметить сильную пространственную неоднородность инновационной деятельности предприятий. В настоящее время 54% всех отгружаемых в России инновационных товаров сконцентрированы в восьми регионах, таких как г. Москва, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Пермский край, Московская, Нижегородская, Свердловская, Тюменская области (*табл. 1*).

Значительный рост концентрации инновационных товаров наблюдался в г. Москве и Тюменской области. Во вторую группу регионов, с объемом отгруженных инновационных товаров выше среднего по России, по данным 2020 года вошли Белгородская, Самарская, Омская, Тульская, Мурманская, Ростовская и Челябинская области, республики Башкортостан, Удмуртия и Мордовия, Красноярский и Хабаровский края. В 12 регионах данной группы в 2020 году было отгружено 26,8% всех инновационных товаров и услуг. Значительный рост уровня концентрации инновационных товаров зафиксирован в Красноярском и Хабаровском краях, Омской, Тульской, Мурманской и Бел-

Таблица 1. Динамика объема отгруженных инновационных товаров и уровень их концентрации в регионах России в 2010 и 2020 гг.

Регион		2010 год		2020 год	
		млн руб.	%	млн руб.	%
Основные центры инновационного развития	г. Москва	64 543	5,1	626 603	12,0
	Республика Татарстан	161 216	12,8	528 840	10,2
	г. Санкт-Петербург	84 474	6,7	448 025	8,6
	Московская область	90 231	7,2	380 965	7,3
	Нижегородская область	76 468	6,1	276 160	5,3
	Пермский край	65 317	5,2	190 630	3,7
	Свердловская область	59 748	4,8	185 485	3,6
	Тюменская область	2 789	0,2	175 458	3,4
Регионы с объемом отгруженных инновационных товаров выше среднего уровня по России	Белгородская область	9 392	0,7	158 024	3,0
	Самарская область	96 237	7,7	157 163	3,0
	Республика Башкортостан	44 702	3,6	150 638	2,9
	Красноярский край	4 957	0,4	135 373	2,6
	Омская область	9 783	0,8	132 406	2,5
	Тульская область	8 396	0,7	131 270	2,5
	Мурманская область	792	0,1	112 798	2,2
	Хабаровский край	4 557	0,4	109 696	2,1
	Ростовская область	19 185	1,5	106 740	2,0
	Челябинская область	19 352	1,5	78 108	1,5
	Удмуртская Республика	8 768	0,7	63 741	1,2
	Республика Мордовия	20 996	1,7	61 536	1,2
Регионы с объемом отгруженных инновационных товаров ниже среднероссийского уровня		403 182	32,1	997 859	19,2

Составлено по данным Федеральной службы государственной статистики.

городской областях, а снижение – в Самарской области. На регионы третьей группы, с объемом отгруженных инновационных товаров и услуг ниже среднего по России, в которую вошли 65 субъектов РФ, в 2020 году приходилось всего 19,2%, тогда как в 2010 году – 32,1%. Таким образом, в настоящее время наблюдается возрастание пространственной неоднородности инновационного развития, значительная концентрация инновационных товаров и услуг в регионах первой и второй групп. Для оценки степени пространственной неоднородности инновационного развития России и кластеризации регионов по объему отгруженных товаров был использован и пространственный автокорреляционный анализ по методике П. Морана. Положительные значения глобального индекса Морана по всем матрицам пространственных весов и Z-оценки показали, что в России выделяются похожие по уровню инновационного развития регионы, которые при активном развитии межрегиональных взаимосвязей могут сформировать пространственные кластеры. Результаты пространственного автокорре-

ляционного анализа, отраженные в диаграммах рассеивания Морана по восьми матрицам пространственных весов, были обобщены и систематизированы в *таблице 2*.

Данный анализ проводился нами для того, чтобы подтвердить результаты выполненной группировки регионов по объему отгруженных инновационных товаров. Пространственный кластер инновационного развития с высоким уровнем пространственного взаимовлияния формируют г. Москва, Московская область, Свердловская область. Эти регионы отличаются чрезвычайно высоким объемом отгруженных инновационных товаров и входят в первую группу регионов. К регионам – полюсам роста большинством матриц пространственных весов был отнесен г. Санкт-Петербург, а формирующимся полюсам роста – Красноярский, Хабаровский края и Ростовская область, которые значительно отличаются от окружающих регионов по объему отгруженных товаров. Сформировавшийся полюс роста, согласно представленной в *таблице 1* группировке, также относится к первой группе регионов, а фор-

Таблица 2. Обобщенная диаграмма рассеивания П. Морана по объему отгруженных инновационных товаров в России в 2020 году

LH - Зоны влияния		HH - Пространственные кластеры	
Высокий уровень пространственного взаимовлияния	Низкий уровень пространственного взаимовлияния	Высокий уровень пространственного взаимовлияния	Низкий уровень пространственного взаимовлияния
Курганская, Рязанская, Владимирская, Тверская, Костромская, Калужская, Ивановская, Орловская, Смоленская, Тамбовская области	Воронежская, Брянская, Курская, Липецкая, Ярославская, Волгоградская области, ХМАО, ЯНАО	г. Москва, Московская, Свердловская области	Нижегородская, Самарская, Мурманская, Омская, Тюменская, Челябинская, Белгородская, Тульская области, Пермский край, Республика Башкортостан, Мордовия, Татарстан, Удмуртия
LL		HL - Регионы - полюса роста	
Остальные регионы России		г. Санкт-Петербург	Красноярский, Хабаровский края, Ростовская область
Источник: составлено авторами.			

мирующиеся полюса роста с низким уровнем пространственного взаимовлияния – ко второй группе регионов с объемом отгруженных товаров чуть выше среднероссийского значения. Формирующиеся пространственные кластеры похожих регионов, обладающие не таким высоким уровнем пространственного взаимовлияния, как уже сформировавшиеся, вошли в первую (Республика Татарстан, Пермский край, Нижегородская и Тюменская области) и вторую (республики Башкортостан, Мордовия, Удмуртия, Мурманская, Белгородская, Тульская, Самарская, Омская и Челябинская области) группы регионов. Зоной влияния пространственных кластеров стали в основном регионы Центрального и Уральского федеральных округов (см. табл. 2). Большинство регионов Дальневосточного, Сибирского, Северо-Западного, Северо-Кавказского и Южного федеральных округов не стали полюсами роста, пространственными кластерами и не вошли в зону их влияния. Они формируют третью группу территорий с объемом отгруженных инновационных товаров ниже среднероссийского уровня. Нахождение в данной группе 65 субъектов РФ свидетельствует о чрезвычайно высокой пространственной неоднородности инновационного развития России.

Для прогнозирования динамики ее изменения и оценки степени влияния производственных факторов использовалась квантильная регрессионная модель Кобба – Дугласа. При ее формировании применялись панельные данные по 85 субъектам РФ за период с 2010 по 2020 год (935 наблюдений). Перед ее построением были проведены анализ описательных статистик

переменных и оценка стационарности временных рядов с использованием расширенного теста Дикки – Фуллера (ADF-тест). По результатам анализа рассчитанных описательных статистик установлен высокий уровень вариации данных, что подтверждает пространственную неоднородность инновационного развития регионов. Для получения более надежных оценок данные были приведены к сопоставимому виду путем извлечения натурального логарифма. Результаты построенной модели для трех групп регионов представлены в *таблице 3*.

Коэффициенты регрессии по всем квантилям данной модели тестировались с помощью статистики Вальда, нормальность распределения ошибок проверялась с помощью статистики Харке – Бера, а стабильность параметров модели тестировалась с помощью методики Рамсея. Коэффициенты регрессии в данной модели являются статистически значимыми за исключением третьего квантиля по переменной «численность персонала, занятого научными исследованиями». Построенная квантильная регрессионная модель показала, что в группе регионов с высоким объемом отгруженных инновационных товаров основным фактором стали затраты предприятий на осуществление инновационной деятельности. Сформированный во второй группе регионов кадровый научный потенциал по результатам моделирования является второстепенным фактором, не оказывающим значительного влияния на инновационное развитие. Данный фактор оказал влияние на инновационное развитие регионов второй группы, отличающихся объемом отгруженных ин-

Таблица 3. Параметры квантильной регрессионной модели зависимости объема отгруженных инновационных товаров (V) от объема затрат предприятий на инновационную деятельность (C) и численности персонала, занятого исследованиями и разработками, по субъектам РФ

Первый квантиль регионов с низким объемом отгруженных инновационных товаров ($\tau = 0.25$)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Const	-0,906	0,215	-4,221	0,000***
C	0,939	0,031	31,113	0,000***
L	0,214	0,042	5,109	0,000***
Pseudo R-squared	0,563	Mean dependent var		8,584
Adjusted R-squared	0,562	S.D. dependent var		2,877
S.E. of regression	1,581	Objective		407,719
Quantile dependent var	7,206	Restr. objective		933,203
Sparsity	3,591	Quasi-LR statistic		1560,783
Prob (Quasi-LR stat)	0,000			
Второй квантиль регионов со средним объемом отгруженных инновационных товаров ($\tau = 0.5$)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Const	0,735	0,193	3,803	0.0002***
C	0,875	0,027	32,146	0.0000***
L	0,164	0,038	4,346	0.0000***
Pseudo R-squared	0,524	Mean dependent var		8,584
Adjusted R-squared	0,522	S.D. dependent var		2,877
S.E. of regression	1,440	Objective		466,497
Quantile dependent var	9,223	Restr. objective		979,038
Sparsity	2,801	Quasi-LR statistic		1463,66
Prob(Quasi-LR stat)	0,000			
Третий квантиль регионов с высоким объемом отгруженных инновационных товаров ($\tau = 0.75$)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Const	2,541	0,174	14,601	0,000***
C	0,854	0,025	34,832	0,000***
L	0,046	0,034	1,342	0,181
Pseudo R-squared	0,498	Mean dependent var		8,584
Adjusted R-squared	0,497	S.D. dependent var		2,877
S.E. of regression	1,718	Objective		347,461
Quantile dependent var	10,381	Restr. objective		691,797
Sparsity	2,913	Quasi-LR statistic		1260,886
Prob(Quasi-LR stat)	0,000			

Источник: составлено авторами.

новационных товаров выше среднероссийского уровня. Согласно модели, прирост численности научно-исследовательских кадров в регионах, входящих во второй квантиль, на 1% способствует росту объема реализуемых инновационных товаров на 0,16%. В этой группе регионов наблюдалось и более значительное по сравнению с регионами первой группы влияние осуществляемых предприятиями затрат на инновационную деятельность. Степень значимости двух указанных факторов оказалась наиболее высокой в третьей группе регионов. Коэффициенты эластичности по факторам производства в данной группе регионов существенно выше, чем в первой и во второй группах. Эти

регионы отличаются менее развитым кадровым научным потенциалом и меньшим объемом привлекаемых предприятиями затрат для осуществления инновационной деятельности, поэтому их значимость для инновационного развития данной группы регионов значительно выше.

Производственная функция Кобба – Дугласа позволила установить и эффективность осуществляемой предприятиями инновационной деятельности в разных группах регионов: возрастающую отдачу от масштаба инновационной деятельности в регионах первой и второй групп, в которых сумма коэффициентов эластичности превысила единицу, и убывающую

отдачу в третьей группе. Низкая эффективность осуществляемой инновационной деятельности в регионах третьей группы связана с низкой концентрацией научно-исследовательских кадров и осуществляемых предприятиями затрат на выпуск инновационных товаров, услуг и ра-

бот. Модели, построенные по временным рядам за период с 2010 по 2020 год для каждого субъекта РФ, позволили подтвердить дифференцированное влияние производственных факторов на объем отгруженных инновационных товаров в субъектах РФ (табл. 4).

Таблица 4. Результаты регрессионного анализа зависимости объема отгруженных инновационных товаров от осуществляемых предприятиями затрат на инновационную деятельность и численности научно-исследовательского персонала в регионах России

	Регион	Объем затрат на инновационную деятельность	Численность персонала, занятого научными исследованиями	
Регионы первой группы – центры инновационного развития	г. Москва	0,688**	0,367*	
	г. Санкт-Петербург	0,905**	0,205**	
	Свердловская область	1,105***	-	
	Тюменская область	1,212***	-	
	Пермский край	0,566*	0,654*	
	Нижегородская область	0,465***	0,659***	
	Московская область	0,521***	0,576***	
	Республика Татарстан	0,591***	0,659***	
Регионы с объемом отгруженных инновационных товаров	выше среднероссийского уровня	Белгородская область	0,649***	
		Самарская область	0,523***	
		Республика Мордовия	0,195*	
		Челябинская область	-	
		Омская область	-	
		Тульская область	0,721**	
		Ростовская область	0,748***	
		Республика Башкортостан	0,849***	
		Удмуртская Республика	1,209***	
		Красноярский край	1,006***	
		Мурманская область	1,083***	
		Хабаровский край	1,120***	
		ниже среднероссийского уровня	Ульяновская область	0,527***
			Ставропольский край	0,411***
	Кемеровская область		0,027*	
	Тверская область		0,188*	
	Курская область		0,085*	
	Новосибирская область		0,329*	
	Чувашская Республика		0,481*	
	Алтайский край		0,314*	
	Костромская область		0,576*	
	Орловская область		0,195*	
	Саратовская область		0,268*	
	Республика Коми		0,131*	
	Ярославская область		-	
	Волгоградская область		-	
	Рязанская область	-		
	Вологодская область	-		
Ленинградская область	-			
ХМАО	-			
Забайкальский край	-			
Сахалинская область	-			
Новгородская область	-			

Примечание: * – статистическая значимость на уровне 10%, ** – статистическая значимость на уровне 5%, *** – статистическая значимость на уровне 1%.
Источник: составлено авторами.

Для подтверждения высокой значимости данных факторов в становлении и углублении пространственной неоднородности инновационного развития России был проведен пространственный автокорреляционный анализ их распределения по методике П. Морана (рис. 1, 2).

Рис. 1. Пространственная кластеризация регионов по численности научно-исследовательских кадров в 2020 году



Источник: составлено авторами.

Рис. 2. Пространственная кластеризация регионов по объему осуществляемых предприятиями затрат на инновационную деятельность в 2020 году



Источник: составлено авторами.

В результате анализа установлены полюса роста с высокой концентрацией научно-исследовательских кадров (Томская, Новосибирская области, Красноярский край), сформировавшиеся кластеры похожих регионов по численности научно-исследовательских кадров: «Центральный» (г. Москва, Московская и Нижегородская области), «Южный» (Воронежская и Ростовская области), «Приволжский» (Самарская область, Пермский край и Республика Татарстан), «Уральский» (Свердловская и Челябинская области), а также зоны их влияния, распространяющиеся на регионы Центрального и Северо-Западного округов (см. рис. 1). Как показал пространственный автокорреляционный анализ, регионы с высокой концентрацией научно-исследовательских кадров (полюса роста и пространственные кластеры) формируют первую и вторую группу регионов с высоким объемом отгруженных инновационных товаров.

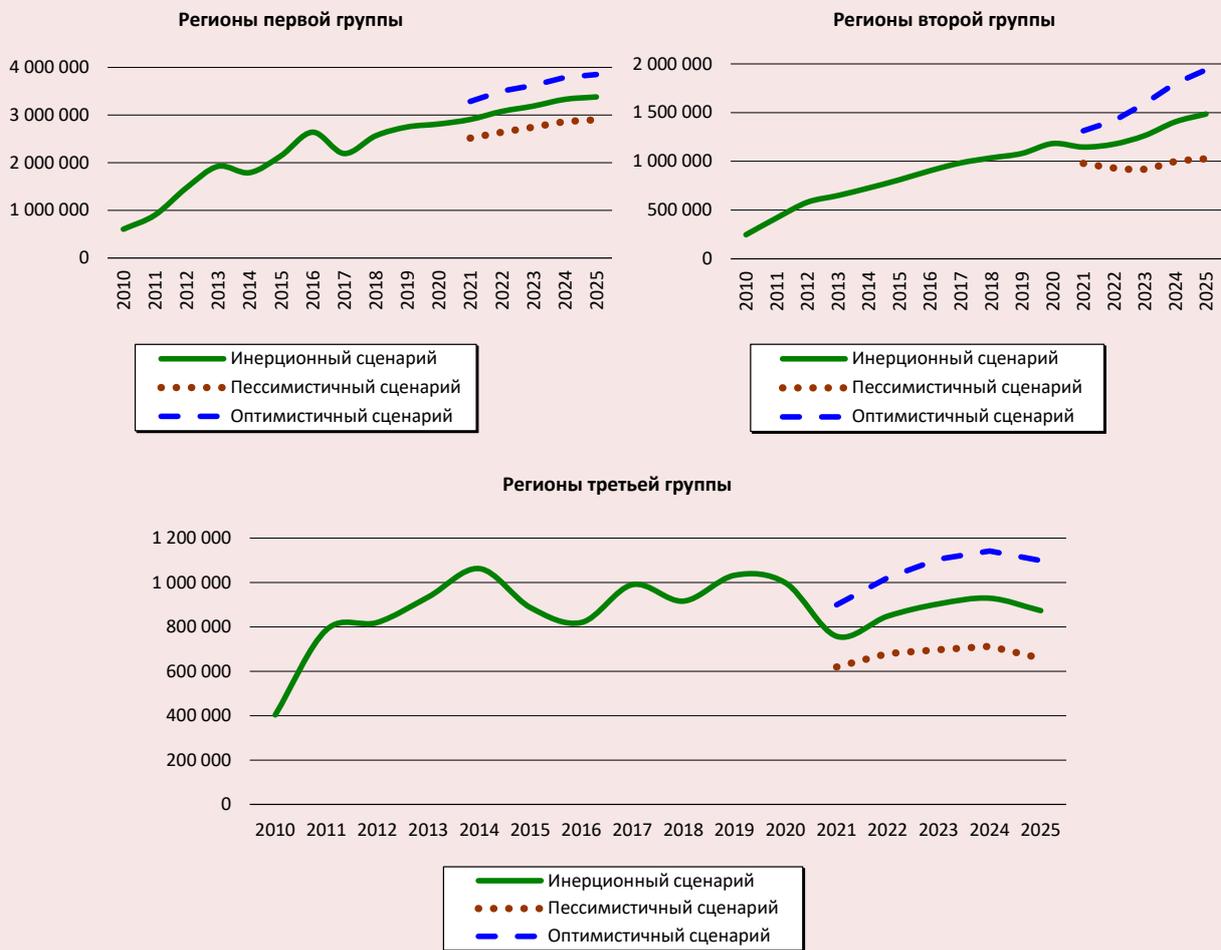
Установленные пространственные кластеры и их зоны сильного влияния по численности научно-исследовательских кадров (см. рис. 1) и по объему отгруженных инновационных товаров (см. табл. 1) практически полностью совпали. Совпали и квадранты LL регионов с низкими значениями этих показателей. В данный квадрант вошли регионы Северо-Кавказского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, то есть регионы с низким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров и низким уровнем инновационной активности предприятий. Очень похожая кластеризация регионов была установлена в результате пространственного автокорреляционного анализа по объему затрат предприятий на инновационную деятельность (см. рис. 2). Большинство выявленных пространственных кластеров и зон их влияния по данному показателю совпали с аналогичными квадрантами диаграммы рассеивания П. Морана по численности научно-исследовательских кадров (см. рис. 1). Результаты пространственного автокорреляционного анализа по объему затрат на инновационную деятельность предприятий очень схожи с результатами анализа по объему отгруженных инновационных товаров, работ и услуг, что подтверждает нашу гипотезу о значительном влиянии данного фактора на углуб-

ление пространственной неоднородности инновационного развития России. Значительная часть финансовых ресурсов, направляемых на осуществление инновационной деятельности, сконцентрирована в регионах, входящих в Центральный, Северо-Западный, Приволжский и Уральский федеральные округа.

Для построения прогнозных сценариев инновационного развития регионов России было использовано *ARMA* и *ARIMA*-моделирование динамики рассматриваемых производственных факторов. В результате определены прогнозные значения их динамики до 2025 года по трем возможным траекториям: с учетом сохранения отмеченных тенденций в динамике показателей за период с 2010 по 2020 год, а также предельно допустимые прогнозные значения в случае реализации позитивных или негативных тенденций. Спрогнозированные значения данных факторов были использованы для проектирования трех базовых прогнозных сценариев изменения динамики объема отгруженных инновационных товаров в регионах России: инерционного, оптимистичного и пессимистичного (рис. 3).

Инерционный сценарий, предполагающий сохранение в будущем отмеченных тенденций в динамике отгруженных инновационных товаров, работ и услуг за период 2010–2020 гг., прогнозирует дальнейший умеренный рост данного показателя в первой и второй группах регионов и сохранение достигнутых значений без направленной тенденции в регионах третьей группы. По оптимистичному прогнозному сценарию возможен умеренный рост объема отгруженных инновационных товаров в первой и третьей группах и более значительный рост данного показателя во второй группе регионов. Рост инновационного развития регионов третьей группы, по нашему мнению, сдерживается недостаточно высоким по сравнению с регионами других групп уровнем концентрации научно-исследовательских кадров и финансовых ресурсов предприятий, направляемых на инновационную деятельность. Возможно, именно поэтому в регионах третьей группы не ожидается рост инновационной активности предприятий при сохранении отмеченных тенденций в будущем, то есть при реализации инерционного сценария.

Рис. 3. Прогнозные сценарии динамики объема отгруженных инновационных товаров в трех группах регионов до 2025 года, млн руб.



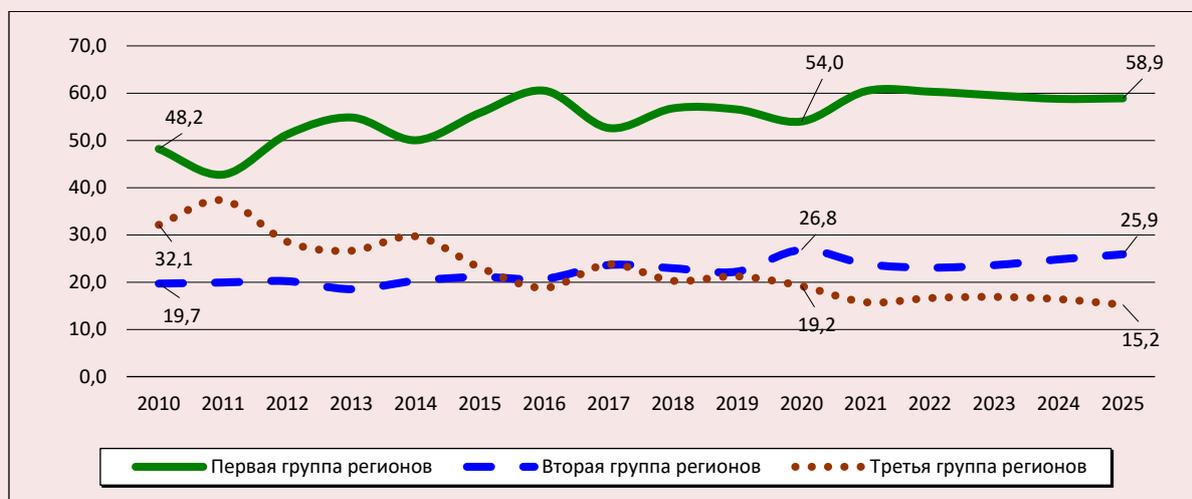
Источник: составлено авторами.

Ожидаемый в рамках оптимистичного сценария бурный рост динамики объема отгруженных инновационных товаров во второй группе регионов связан, по нашему мнению, с тем, что данные регионы относятся к формирующимся пространственным инновационным кластерам (см. табл. 1), обладающим высоким уровнем концентрации научно-исследовательских кадров и финансовых ресурсов предприятий, тесными межрегиональными взаимосвязями с научно-исследовательскими центрами. Вместе с тем в связи с наблюдающимся сегодня значительным ухудшением геополитической обстановки и санкционным давлением на российскую экономику вполне возможной становится реализация

пессимистичного сценария, предполагающего сокращение объема отгружаемых инновационных товаров во всех группах регионов (см. рис. 3).

Оценка динамики изменения уровня концентрации отгруженных инновационных товаров в трех группах регионов на протяжении 2010–2020 гг. и прогнозных его значений в рамках наиболее вероятного, инерционного, сценария показала углубление процессов возрастания пространственной неоднородности инновационного развития России (рис. 4). Если в 2010 году в первой группе регионов было сконцентрировано 48,2% всех отгруженных в России инновационных товаров, то к 2020 году уровень концентрации повысился до 54%.

Рис. 4. Инерционный прогноз изменения концентрации инновационных производств в трех группах регионов до 2025 года, %



Источник: составлено авторами.

К 2025 году возможен дальнейший рост показателя до 58,9%. Вполне вероятно сохранение высокого уровня концентрации инновационных производств и во второй группе регионов, который был достигнут к 2020 году. За период с 2010 по 2020 год уровень концентрации отгруженных инновационных товаров в данной группе регионов повысился с 19,7 до 26,8%. К 2025 году в регионах второй группы, согласно инерционному сценарию, ожидается достижение уровня концентрации всех отгруженных инновационных товаров в России в 25,9%. О значительном углублении пространственной неоднородности свидетельствует и прогнозируемое сокращение уровня концентрации отгруженных инновационных товаров в регионах третьей группы, в которую входят 65 субъектов РФ. Если в 2010 году уровень концентрации всех отгруженных в России товаров в ней составлял 32,1%, то к 2020 году он сократился до 19,2%, а к 2025 году ожидается продолжение спада вплоть до 15,2%. Это означает сворачивание инновационных производств в значительной части регионов. Таким образом, по наиболее вероятному прогнозному сценарию к 2025 году ожидается еще более значительное усиление пространственной неоднородности инновационного развития регионов, и основными факторами данного процесса, как показали

результаты исследования, являются привлекаемые предприятиями финансовые ресурсы, направляемые на осуществление инновационной деятельности, а также численность в регионе персонала, занятого научными исследованиями и разработками.

Заключение

В результате исследования была подтверждена гипотеза о том, что возрастающая пространственная неоднородность локализации и концентрации научно-исследовательских кадров и затрат предприятий на осуществление инновационной деятельности усиливает пространственную неоднородность инновационного развития России. В ходе работы установлена сильная пространственная неоднородность инновационного развития России в региональном разрезе, значительная концентрация объемов отгруженных инновационных товаров и услуг наблюдается в регионах первой и второй групп. Так, 54% всех отгруженных в России инновационных товаров сконцентрировано в восьми регионах: г. Москва, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Московская, Нижегородская, Свердловская и Тюменская области, Пермский край. Во второй группе регионов с объемом отгруженных инновационных товаров выше среднего по России, в которую вошли Белгородская, Самарская, Омская, Тульская,

Мурманская, Ростовская, Челябинская области, республики Башкортостан, Удмуртская и Мордовия, Красноярский и Хабаровский края, по данным 2020 года было отгружено 26,8% всех российских инновационных товаров и услуг. На регионы третьей группы, с объемом отгруженных инновационных товаров и услуг ниже среднего по России, в которую вошли 65 субъектов РФ, в 2020 году приходилось всего 19,2%.

В работе представлен оригинальный методический инструментарий, основанный на методах стандартных отклонений и пространственного автокорреляционного анализа по методике Морана, регрессионного моделирования, авторегрессионного анализа с использованием скользящей средней (ARMA, ARIMA). В результате исследования была осуществлена кластеризация регионов по объему осуществляемой предприятиями инновационной деятельности, установлена зависимость объема отгруженных инновационных товаров от уровня затрат предприятий на осуществляемую инновационную деятельность и численности в

регионах научно-исследовательских кадров, а также степень влияния данных факторов в разных группах регионов, сформированы наиболее вероятные и крайне возможные прогнозные сценарии изменения динамики данных факторов в будущем, соответствующие сценарии изменения динамики отгружаемых предприятиями инновационных товаров и их концентрации в тех или иных регионах. Расчет уровня концентрации в регионах всех отгруженных в России инновационных товаров по спрогнозированным до 2025 года значениям позволит установить дальнейшие направления пространственной локализации инновационных производств, тенденции снижения или возрастания пространственной неоднородности инновационного развития регионов. Построенные прогнозные сценарии могут быть использованы для формирования стратегий инновационного развития регионов России с учетом выявленных особенностей пространственной локализации факторов, оказывающих на него значительное влияние.

Литература

- Голова И.М., Суховой А.Ф. (2017). Формирование инновационной составляющей экономической безопасности региона // Экономика региона. Т. 13. Вып. 4. С. 1251–1263.
- Гранберг А.Г., Валентей С.Д. [и др.] (2006). Движение регионов России к инновационной экономике. М.: Наука, 402 с.
- Гусарова М.С. (2021). Проблемы инновационного развития России: анализ факторов и институциональные решения // Вопросы инновационной экономики. Т. 11. № 4. С. 1383–1402. DOI: 10.18334/vines.11.4.113870
- Дегтярев П.А. (2020). Влияние социально-экономических факторов на инновационное развитие регионов и реализацию технологических инициатив // Финансовые исследования. № 1 (66). С. 71–77.
- Доничев О.А., Фраймович Д.Ю., Грачев С.А. (2018). Региональная система экономических и социальных факторов формирования ресурсов инновационного развития // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 11. № 3. С. 84–99.
- Дугаржапова М.А., Жалсараева Е.А. (2020). Модели и механизмы пространственного развития: инновационный аспект // Вестник Алтайской академии экономики и права. № 8. С. 175–185.
- Кисуркин А.А. (2012). Факторы, влияющие на инновационное развитие региона, и их классификация по уровням управления // Современные проблемы науки и образования. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5762> (дата обращения 17.01.2023).
- Комков Н.И. (2017). Научно-технологическое развитие: ограничения и возможности // Проблемы прогнозирования. № 5. С. 11–21.
- Кривчанская А.В. (2017). Особенности рынка инноваций // Экономика и менеджмент инновационных технологий. № 11. URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2017/11/15430> (дата обращения 15.12.2022).
- Марабаева Л.В., Соколов О.А., Горин И.А., Ковалев А.Э. (2020). Вариантный прогноз развития территориальных инновационных кластеров РФ на основе проектного подхода // Инновации. № 1. С. 86–93.
- Маринов О.С., Игнатьева Е.Д., Набережная Е.П., Савин И.В. (2012). Эконометрическое моделирование региональных факторов инновационного развития производительных сил в ресурсозависимой экономике России // Вестник УрФУ. Серия «Экономика и управление». № 5. С. 133–145.

- Митяков С.Н., Митякова О.И., Мурашова Н.А. (2017). Инновационное развитие регионов России: результаты мониторинга (на примере Приволжского федерального округа) // *Инновации*. № 8 (226). С. 114–119.
- Михайлов А.С., Горочная В.В., Хвалей Д.В., Гуменюк И.С. (2020). Специфика инновационного развития приморских регионов России: дивергенция севера и юга // *Балтийский регион*. Т. 12. № 3. С. 105–126. DOI: 10.5922/2079-8555-2020-3-7
- Москвина О.С. (2019). Измерение пространственной поляризации развития инновационных процессов в РФ // *Креативная экономика*. Т. 13. № 4. С. 685–692. DOI: 10.18334/се.13.4.40602
- Москвина О.С., Маковеев В.Н. (2019). Статистический анализ пространственной неравномерности инновационного развития российских регионов // *Проблемы развития территории*. № 5 (103). С. 124–137. DOI: 10.15838/ptd.2019.5.103.8
- Наумов И.В., Барыбина А.З. (2020). Пространственная регрессионная модель инновационного развития регионов России // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. № 52. С. 215–232. DOI: 10.17223/19988648/52/13
- Никитская Е.Ф. (2020). Пространственная неравномерность инновационного развития макрорегионов и регионов России // *Федерализм*. Т. 25. № 4 (100). С. 68–89. DOI: 10.21686/2073-1051-2020-4-68-89
- Филатов В.В. (2014). Методы прогнозирования развития рынка инноваций отраслевой экономической системы в условиях неопределенности внешней среды // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент»*. № 3. С. 576–584.
- Antunes M.A.M. (2016). *Regional innovation heterogeneity in Europe: A Quantile Regression Analysis*. Final Work in the form of Dissertation, Católica Porto Business School, 42.
- Blanco F.A., Delgado F.J., Presno M.J. (2020). R&D expenditure in the EU: Convergence or divergence? *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 33(1), 1685–1710. DOI: 10.1080/1331677X.2020.1756371
- Liu P., Zhang L., Tarbert H., Yan Z. (2021). Analysis on spatio-temporal characteristics and influencing factors of industrial green innovation efficiency – from the perspective of innovation value chain. *Sustainability*, 14(1), 342. DOI: 10.3390/su14010342
- Myachin A.L. (2020). Innovation development: Review and estimation of heterogeneity. In: *Proceedings of the 20th International Conference on Group Decision and Negotiation*. Ryerson University, 22.1-22.10. Available at: <https://publications.hse.ru/en/chapters/369954183>
- Polina E.A., Solovyeva I.A. (2019). Methodology for comprehensive assessment of regional innovative development. *R-economy*, 5(2), 79–91. DOI: 10.15826/recon.2019.5.2.009
- Smirnova O.P., Ponomareva A.O. (2020). Assessment of innovative development differentiation of Russian regions. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 11(13), 11A13P. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.262/. URL: <http://TUENGR.COM/V11A/11A13P.pdf>
- Wang K.-L., Zhang F.-Q. (2021). Investigating the spatial heterogeneity and correlation network of green innovation efficiency in China. *Sustainability*, 13(3), 1104. DOI: 10.3390/su13031104
- Wu K., Wang Y., Zhang H., Liu Y., Ye Y. (2021). Impact of the built environment on the spatial heterogeneity of regional innovation productivity: Evidence from the Pearl River Delta, China. *Chin. Geogr. Sci.*, 31, 413–428. DOI: 10.1007/s11769-021-1198-4
- Ye Z., Zou C., Huang Y. (2022). Impact of heterogeneous spatial structure on regional innovation – from the perspectives of efficiency and gap. *Sustainability*, 14, 12095. DOI: 10.3390/su141912095
- Yong Gang X. (2023). Research on spatial heterogeneity of regional innovation convergence. *ECIT 2022*, AHE 11, 419–426. DOI: 10.2991/978-94-6463-005-3_41

Сведения об авторах

Илья Викторович Наумов – кандидат экономических наук, доцент, заведующий лабораторией, Институт экономики УрО РАН (620014, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: naumov.iv@uiec.ru)

Наталья Леонидовна Никулина – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН (620014, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: nikulina.nl@uiec.ru)

Naumov I.V., Nikulina N.L.

Scenario Modeling and Forecasting of the Spatial Heterogeneity of Innovation Development in Russia

Abstract. Uneven spatial innovation development of Russia is due to many factors such as GRP volume, fiscal capacity of territories, fixed capital investments attracted by enterprises. However, the key factors determining the concentration of innovation industries in territorial systems of various levels are enterprises' expenditure on innovation activity and the available scientific personnel potential. The increasing spatial heterogeneity of localization and concentration of these resources, according to our research hypothesis, enhances the spatial heterogeneity of innovation development in Russia. To confirm this hypothesis, we aim to assess the spatial heterogeneity of enterprises' innovation development at the national level and carry out scenario modeling and forecasting of the dynamics of this heterogeneity until 2025. The paper presents a methodological approach to scenario forecasting of the spatial heterogeneity of innovation development of Russia. In the framework of the approach, the heterogeneity is assessed using spatial autocorrelation analysis according to P. Moran's method, regression analysis of the dependence of the volume of shipped innovation goods and services performed on the costs of innovation activities carried out by enterprises, and the number of research personnel in the regions, as well as autoregressive analysis of the dynamics of their changes using a moving average (ARIMA modeling) to form the most likely forecast scenarios of innovation development for different groups of regions. The novelty of the approach lies in the system-wide use of spatial autocorrelation analysis methods based on various spatial weight matrices, regression analysis methods based on panel data and ARIMA modeling, which in combination with each other make it possible to determine the degree of influence of the factors on the heterogeneity of innovation development in regions and to form a system of various forecast scenarios. The results of the study will serve as the basis for the formation of Russia's innovation framework. The constructed forecast scenarios will help to form strategies for innovation development in Russian regions, taking into account the identified features of the spatial localization of factors that have a significant impact on innovation development.

Key words: spatial heterogeneity, Russia's regions, innovation development, expenditure on innovation activity, Cobb – Douglas function, regression modeling, spatial autocorrelation, ARIMA modeling.

Information about the Authors

Ilya V. Naumov – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, head of laboratory, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: naumov.iv@uiec.ru)

Natalya L. Nikulina – Candidate of Sciences (Economics), Senior Researcher, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: nikulina.nl@uiec.ru)

Статья поступила 11.04.2023.