

УДК 910.25

В.Л. Бабурин¹, С.П. Земцов²

ГЕОГРАФИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РОССИИ

Исследованы пространственные характеристики инновационных процессов в России. На примере развития системы городов изучены формирование и изменение структуры инновационного пространства в прошлом. Выявлены ключевые волны диффузии городов и их влияние на плотность пространства. Динамика изменения инновационного пространства за последние 20 лет рассмотрена на основе потенциала патентного поля крупных городов, а также с точки зрения креативно-акцепторных функций регионов. Выявлены значительное снижение плотности инновационного пространства, процессы поляризации и увеличение зон инновационной периферии. Прогноз возможных изменений инновационного пространства исследован с помощью методологии Форсайт на примере отрасли “Рациональное природопользование” (РПП).

Ключевые слова: география инноваций, инновационное пространство, город, поле потенциала, креативные регионы, Форсайт, рациональное природопользование.

Введение. Исследование инновационных процессов — одна из наиболее актуальных тем как за рубежом [5], так и в современной России [1, 3]. На сегодняшний день существует довольно значительный пласт работ по экономике и социологии инноваций [4, 5, 8, 10], но работы по географии инноваций в России встречаются гораздо реже. Еще меньше исследований историко-географических и сущностно-содержательных аспектов инновационных процессов. Между тем в условиях разворачивающейся в мире “инновационной” гонки принципиальной становится проблема концентрации усилий по поддержке инновационной активности в наиболее благоприятных ареалах, прежде всего в крупных агломерациях и инновационных кластерах [4, 9]. Инновационное пространство отражает инновационные процессы на определенной территории и представляет собой основной объект исследования. Изучение взаимосвязей между закономерностями “оседания” инновационных волн и современными инновационными процессами основано на представлении об инновационном следе³ и соответствующем комплексе методик.

Инновационные процессы, как показывают наши исследования [1–3], в наиболее концентрированном виде в рамках цивилизационных процессов проявляются в развитии поселенческой системы. Крупнейшие и специализированные города — основные источники как технологических, так и социальных изобретений. Каждый возникающий город также является сильнейшим акцептором, активно поглощая инновации и материализуя их в основных фондах, товарах и услугах. Пространственно-временную динамику го-

родов мы приняли в качестве индикатора инновационного следа, для анализа изменений инновационного потенциала территорий в последние 20 лет использовали методику потенциала поля расселения. Анализ взаимосвязи плотности городов, их людности и плотности распределения инноваций показал наличие прямых корреляционных зависимостей между этими показателями. На последующих этапах основное внимание уделялось пространственным особенностям современных процессов диффузии инноваций на примере конкретных технологий, например, распространения сотовой связи и интернета⁴. Процесс формирования инновационных кластеров на примере технологий РПП исследован с помощью методологии Форсайт с целью прогноза изменений инновационного пространства.

Методы исследования. Изучение динамики инновационных волн основано на пространственно-временном анализе процесса возникновения и развития системы городов [2]. Методика включала в себя измерение показателей масштаба инновационной волны (число возникших городов за некоторый промежуток времени, например город/50 лет), ее территориального охвата (территория, в пределах которой возникали города в определенный отрезок времени, 100 тыс. км²) и накопленной плотности городов (город/100 тыс. км²). Пространственные закономерности распространения городских инноваций хорошо отражает индекс пространственно-временной плотности инновационной волны (I_{PIV}):

$$I_{PIV} = Kg(t)/S_t, \quad (1)$$

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, заведующий кафедрой, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail*: vbaburin@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, аспирант; *e-mail*: spzemtsov@gmail.com

³ Инновационный след — оструктуренная (материализованная) инновация, процесс диффузии которой зафиксирован в виде территориальной структуры созданного ею социально-экономического пространства.

⁴ Бабурин В.Л. Двупространственная модель территориальной организации общества // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 1. С. 3–8.

где $Kg(t)$ — число новых городов/50 лет, S_i — площадь i -й ячейки территории (100 тыс. км²).

Частная пространственная модель, описывающая инновационный след, — “потенциал патентного поля”. Значение показателя (V_j) для каждого города рассчитывали по формуле

$$V_j = P_j + \sum P_i / D_{ji}, \quad (3)$$

где V_j — число выданных патентов на 100 тыс. жителей в искомом городе; P_i и P_j — значения в городах i и j ; D_{ji} — расстояния от города j до города i , км.

Для оценки степени территориальной дифференциации (разнообразия) инновационной активности регионов мы применили индекс энтропии Шеннона (E)

$$E = \sum S_i \times \log(1/S_i), \quad (4)$$

где S_i — доля патентов в регионе i от общего числа выданных патентов в регионах России.

Выявление структуры инновационного пространства с точки зрения креативных и акцепторных функций территории осуществлено с помощью типологии регионов на основе кластерного анализа. В качестве индикатора выступало соотношение инновационной производительности (число выданных патентов на 100 тыс. городских жителей) и уровня инновационного потребления (отношение доли использованных патентов к выданным).

Для разработки прогноза “инновационного следа” использован комплекс методик долгосрочного прогнозирования технологического развития Форсайт⁵ [8]. Основные использованные методы: экспертные панели, отдельные итерации дельфийской процедуры и методы “мозгового штурма”. На первоначальном этапе представители вузов, члены сформированной экспертной сети⁶, приняли участие в дельфийской процедуре. Участники заполнили анкеты, в которых указали сферы компетенции вуза, взаимодействующие организации, новые технологии, созданные за последние 3 года, число центров внедрения и ключевые научные школы России. Все организации были условно отнесены к разным стадиям инновационного цикла: образовательные — научно-исследовательские — предприятия. Выявленные сети взаимодействующих организаций условно названы “региональными инновационными кластерами”. Для их типологии разработаны два индекса, оценивающих инновационный потенциал кластеров, индекс компетентности (I_{KMP})

$$I_{KMP} = (I_C + (I_{NT} \cdot I_{VTZ})), \quad (5)$$

где I_C — субиндекс числа компетенций вузов, I_{NT} — субиндекс числа новых технологий, I_{VTZ} — субиндекс числа внедренческих центров⁷, и индекс взаимосвязей (I_{VZ})

$$I_{VZ} = I_{SV} I_{TR} I_{SR}, \quad (6)$$

где I_{SV} — субиндекс числа связей, I_{TR} — индекс Шеннона по доле связей между разными городами, I_{SR} — индекс Шеннона по доле организаций разных стадий инновационного цикла⁸. Субиндексы рассчитаны по формуле линейного масштабирования, применение которой обоснованно, так как не наблюдается существенный разброс данных.

Результаты исследований и их обсуждение. С помощью кривой диффузии инноваций, отражающей скорость распространения новых городов по территории России, выделены 5 ключевых этапов [7, 10] (рис. 1).

1. До середины XI в. (длительность этапа около 200 лет), когда вследствие урбанистических инноваций в период консолидации древнерусского государства и заселения славянами центральных и северо-западных регионов исторической территории России возникла первичная сеть поселений на территории около 1 млн км², состоящая из 19 городов.

2. До начала XVI в. (450 лет), когда инновационные волны уплотнились, создавая более густую сеть поселений на прежних территориях и новую сеть на осваиваемых территориях Европейского Севера и на западе Урала. Урбанизация охватила территорию в пределах 1,3–1,7 млн км². При этом средняя плотность городов за столетие монотонно возрастала от 0,23 до 0,31 города на 100 тыс. км².

3. Третья волна охватывает три столетия — с первой половины XVI в. до первой половины XIX в. Это период беспрецедентного расширения границ государства (до 4,5 млн км² к концу XVI в. и более 9 млн км² к концу XVIII в.). При увеличении в несколько раз числа возникающих в каждом столетии городов их плотность существенно снижается.

4. Четвертый период (150–200 лет) начался в первой половине XIX в. и совпадает с началом индустриальной цивилизации в России. Характерен взрывной рост численности городов. В границы периода укладываются 1-й, 2-й и 3-й кондратьевские циклы, вычисленные для России–СССР. Нисходящая фаза цикла совпадает с 4-м кондратьевским циклом и демонстрирует завершение индустриализации и индустриальной урбанизации.

⁵ Работа выполнена на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках НИР «Формирование сети отраслевых центров прогнозирования научно-технологического развития на базе ведущих российских вузов по приоритетному направлению “Рациональное природопользование”» (2011-2.1-521-016 в рамках Государственного контракта № 13.521.11.1013 от 10.06.2011).

⁶ 38 экспертов были выбраны исходя из библиометрического и патентного анализа, проведенного на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова.

⁷ Предполагаем, что вероятность реализации новых технологий без центров внедрения минимальна.

⁸ Равенство нулю одного из субиндексов говорит о несформированности регионального инновационного кластера, о наличии лишь отдельных элементов, концентрирующихся в вузе — участнике сети.

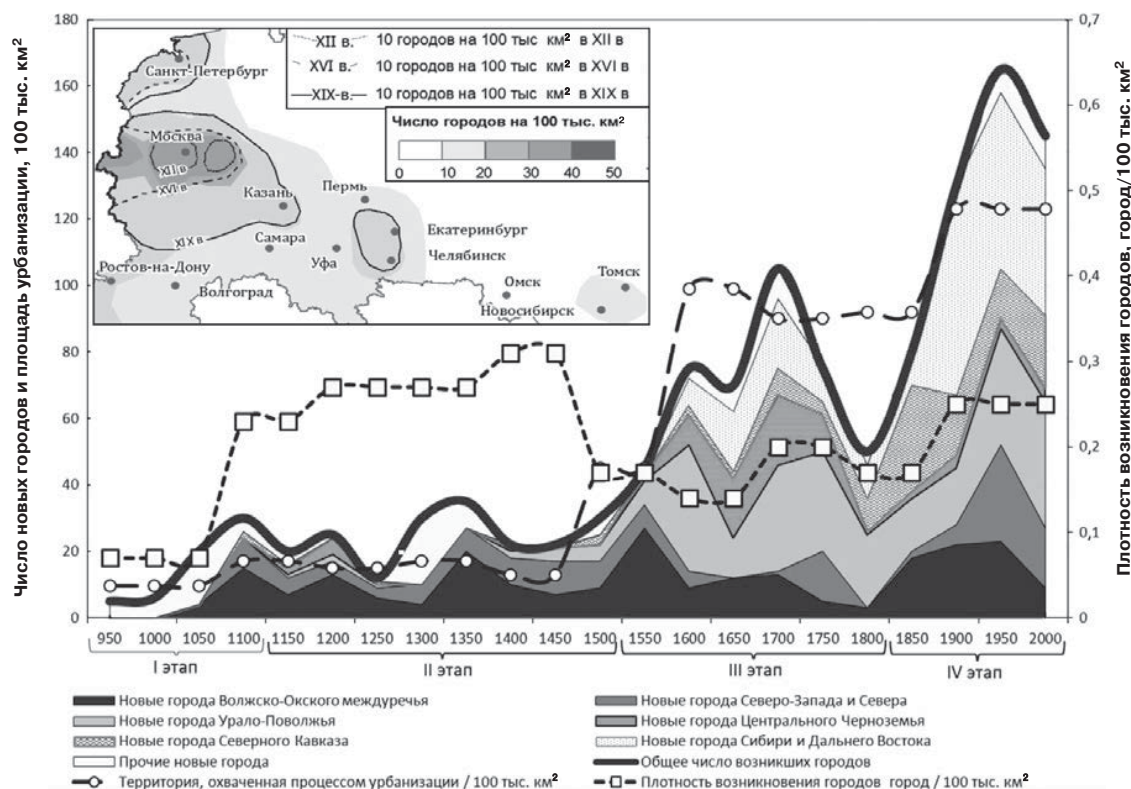


Рис. 1. Соотношение динамики возникновения городов на исторической территории России (левая шкала) с площадью территории, охваченной процессами урбанизации, и плотностью новых городов (I_{PIU}) с 950 по 2000 гг. (правая шкала). Высокая плотность новых городов также выделена темным цветом. На врезке — картосхема плотности городов в разные временные периоды

5. Пятый (будущий) период предположительно синхронизирован с постиндустриальной цивилизацией, 150-летним городским циклом Дж. Форрестора [6] и соответствует виртуальным представлениям о субурбанизации и информационном обществе.

Вплоть до середины XVI в. динамику городских инноваций определяла ситуация в Волжско-Окском междуречье, а в XV в. еще и на Северо-Западе. В XVIII в. лидерство перешло к Урало-Камскому району, с конца XVIII в. и до начала XIX в. — к Северному Кавказу. Последние 150 лет лидерство было за восточными районами. В XX в. наблюдается максимальная диверсификация инноваций по регионам, что коррелирует с общей политикой выравнивания территориальных различий, характерной для завершающего этапа пространственной диффузии. Сформировавшаяся к 2000 г. структура городов сохраняет все основные пространственные особенности “оседания” городских инновационных волн, зафиксированные в их территориальной структуре к 1550 г.

В границах опорной сети во второй половине XX в. развернулся процесс формирования инновационной системы СССР. Крупнейшие города и наукограды стали источниками новых технологий, образуя вокруг

себя “поле” с повышенным инновационным потенциалом. Мы сравнили результаты исследований регионов в 1989 и в 2010 гг. (рис. 2). Для России характерна концентрация патентной активности в ряде крупнейших агломераций: Москва, Санкт-Петербург, Томск, Новосибирск, Казань, Пермь, Самара, Ростов-на-Дону. Наблюдается затухание патентной активности для Московского ядра с 230 до 30 патентов/100 тыс. городских жителей в 1999 г., в 2000-е гг. процесс замедлился, но и в 2010 г. показатели Москвы (62 патента/100 тыс. чел.) оставались ниже среднерегionalного уровня СССР (51 патент) в 1989 г. Наиболее значительное снижение плотности поля характерно для Самарской, Воронежской и Ростовской областей. Растут концентрация и дифференциация, так, в 2002 г. на четыре крупнейших региона (Москва, Санкт-Петербург, Московская область и Республика Татарстан) приходилось 40% всех патентов, в 2010 г. — уже 50%. Индекс разнообразия (E) упал с 1,47 в 2002 г. до 1,29 в 2011 г. В фазу подъема поле усиливается, расширяя ареал и повышая плотность, а в кризис ослабевает, размывается и поляризуется⁹.

В инновационном пространстве СССР регионы были взаимосвязаны в рамках креативно-акцептор-

⁹ Результаты зависят от качества статистических данных, которое для показателя патентной активности (данные Росстата) может вызывать сомнения. Трудно объяснить высокую патентную активность в Ивановской области. Патенты являются скорее новациями, многие современные отечественные патенты нельзя считать “прорывными”. Для верификации использовался показатель доли занятых в НИОКР от общей численности занятых; оба показателя образуют весьма близкие пространственные структуры.

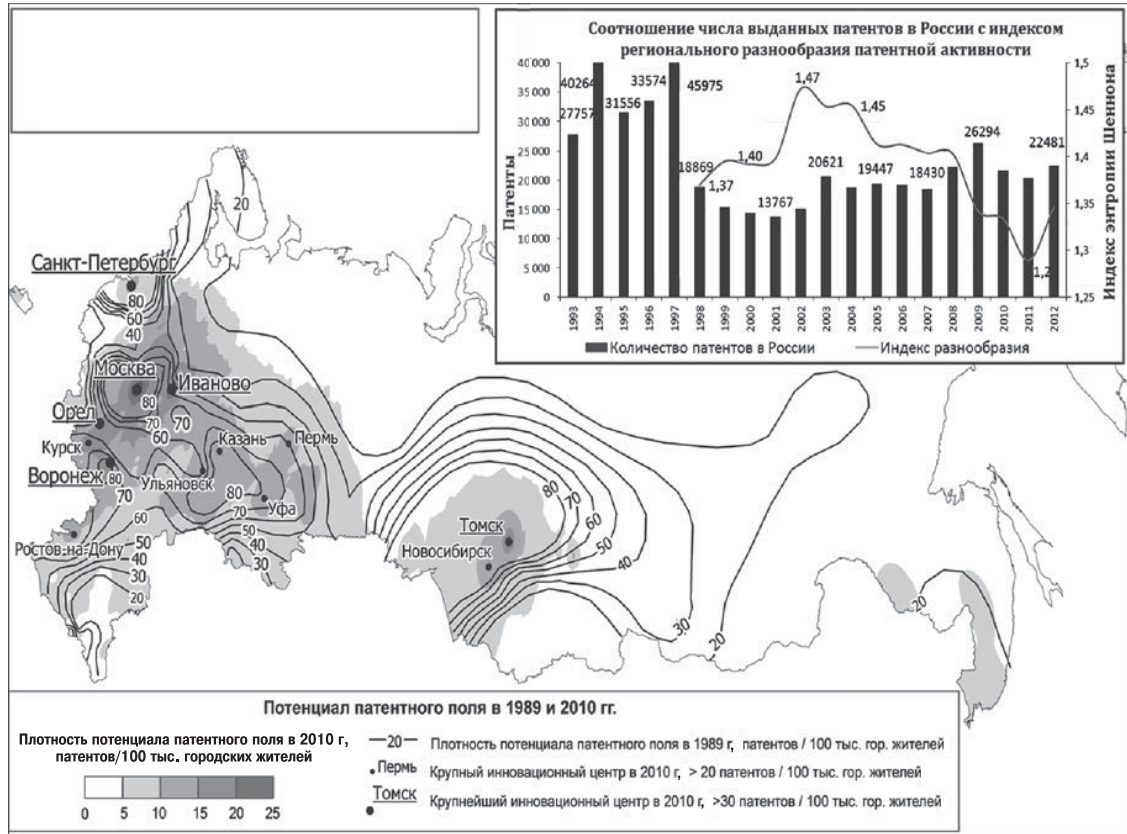


Рис. 2. Сравнение потенциалов патентного поля (V) в 1989 и 2010 гг. в регионах России. На врезке — динамика (с 1994 по 2012 гг.) и индекс регионального разнообразия (индекс Шеннона (E)) патентной активности в России (с 1998 по 2012 гг.)

ных связей. Одни регионы выполняли функции творческих центров, а другие широко внедряли созданные технологии. Нами выделены пять типов регионов (рис. 3): креативные (плотность патентов выше среднероссийской, использовано менее 100%), субкреативные¹⁰ (плотность выше среднего значения по регионам), акцепторно-креативные (средняя плотность, использовано более 100%), сильноакцепторные (низкая плотность, использовано более 100%), слабоакцепторные (очень низкая плотность, использовано более 100%) и инновационная периферия (генерация и абсорбция инноваций минимальны).

С помощью типологии регионов РФ в 1989 и 2007–2012 гг.¹¹ выявлены четыре устойчивых креативных ядра: Москва, Санкт-Петербург, Томск и Новосибирск. Ограниченное число регионов сохранило креативные функции (Воронежская, Ростовская, Ульяновская, Орловская области, Татарстан и Башкортостан). Часть инновационных ядер осталась за пределами России (Киев, Минск, Харьков и др.), многие

из них потеряли инновационные функции (Армения, Молдавия и др.). Большая часть Дальнего Востока превратилась в инновационную периферию, хотя в 1989 г. это были сильноакцепторные регионы. Внешние инновации используются в регионах, осуществляющих модернизацию производства черной металлургии (Липецкая, Вологодская области), в машиностроительных регионах (Ленинградская, Калининградская, Тверская области). Крупные многоотраслевые регионы с машиностроительной специализацией (Тульская, Пермская, Нижегородская и Свердловская области, Красноярский край) генерируют значимый поток инноваций, но большую их часть заимствуют за рубежом. Можно говорить об островках инновационной активности в море зарубежных инноваций.

Морфоструктурного анализа недостаточно для выявления внутренних механизмов пространственной организации инновационных процессов. На основе методики Форсайт в отрасли “Рациональное природопользование” было выделено три отраслевых альянса¹².

¹⁰ Снижение патентной активности привело к формированию нового типа регионов — субкреативной полупериферии, обладающей инновационной активностью выше средней, но представленной преимущественно аграрно-индустриальными регионами, использующими менее 30% инноваций (рис. 3).

¹¹ Использован временной ряд данных Росстата с 2007 по 2012 г. для уменьшения волатильности показателя по годам. Расчет среднего арифметического выполнен только для данных, коэффициент вариации которых был ниже 0,3, в противном случае значение считалось завышенным и за основу брали медианное значение.

¹² В работе рассмотрен наиболее сформировавшийся альянс критической технологии 19 (КТ-19) “Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения”.

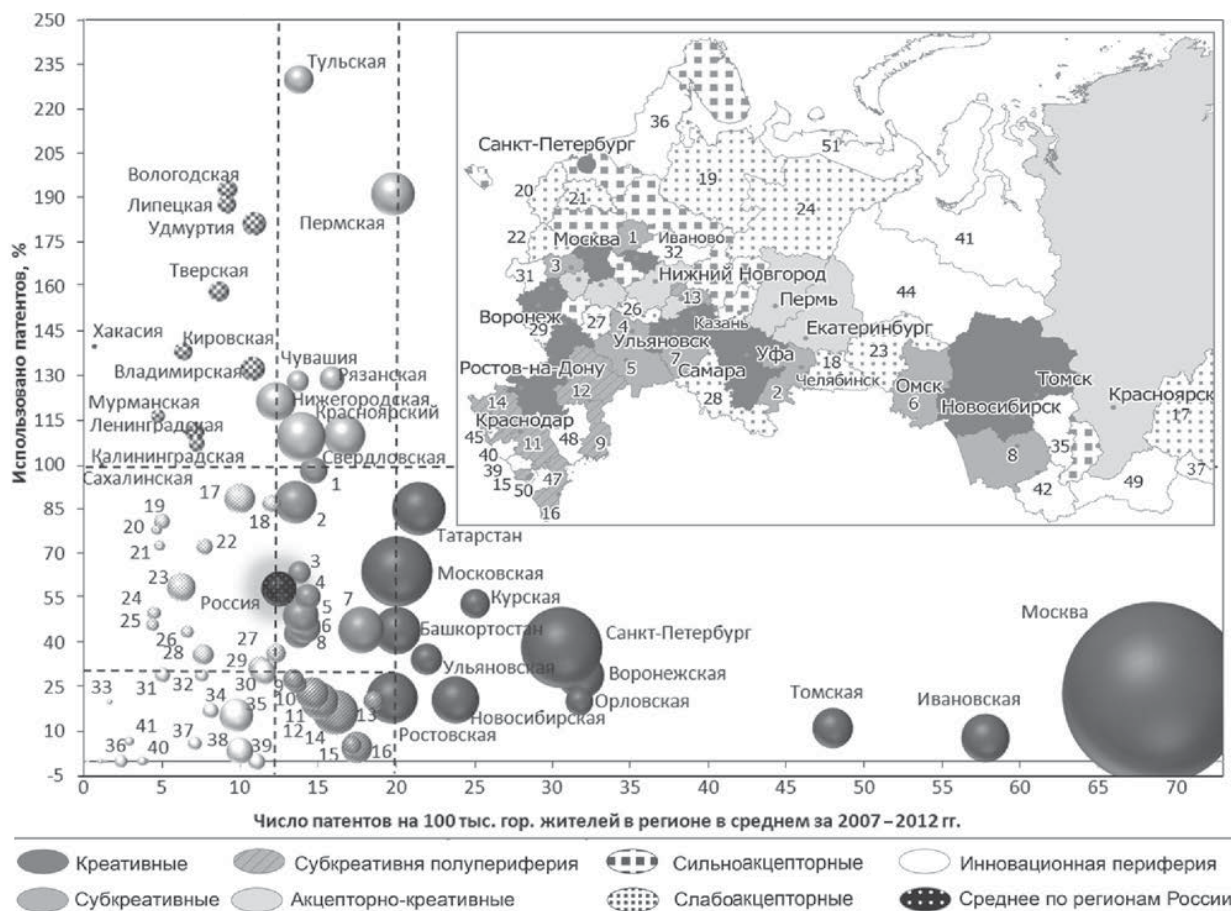


Рис. 3. Распределение регионов по креативно-акцепторным функциям в 2007–2012 гг. На графике штриховые линии — пороговые значения для выявления кластеров (вертикальные — 12 патентов/100 тыс. жителей — среднее арифметическое по регионам, 20 патентов/100 тыс. жителей — среднероссийский показатель; горизонтальные — 100% и < 30% использованных патентов в регионе). Размер кружка зависит от среднего числа патентов, выданных в регионе за 2007–2012 гг. Номера — регионы, указанные на картосхеме. Регионы 42–52, сконцентрированные около нуля, не указаны на схеме. На картосхеме не показаны Чукотский автономный округ (52), Магаданская (33), Сахалинская и Амурская (10) области, Камчатский (43), Хабаровский (30), Приморский (38) и Забайкальский (25) края, Республика Якутия-Саха (34) и Еврейская автономная область (46). На картосхему нанесены центры регионов, в которых выдано >300 патентов в среднем за 2007–2012 гг.

Крупнейший альянс включает в себя 130 организаций: 2 вузовских центра прогнозирования и 12 вузов — участников сети, взаимодействующих со сторонними вузами (12 организаций), научными организациями (42) и предприятиями реального сектора экономики (62).

Анализ связей между разными кластерами, в том числе с использованием матрицы расстояний и индекса связности сети, позволил выделить Центральный, Северо-Западный, Уральский, Тюменский и Сибирский межрегиональные кластеры (рис. 4). Ядра кластеров частично корреспондируют с выявленными ранее крупными креативными центрами (Москва, Санкт-Петербург, Томск, Новосибирск, Казань), но ряд центров относится к средним (Пермь, Саратов) и слабым (Тю-

мень, Калининград, Белгород). При реализации потенциала перспективных рынков РПП¹³ зарождающиеся кластеры способны положительно повлиять на формирование новых креативных центров.

Для выявления наиболее значимых региональных кластеров рассчитаны индексы компетентности (I_{KMP}) и взаимосвязей (I_{VZ}) (таблица)¹⁴.

Центральный межрегиональный кластер, включающий схожий по структуре и вектору связей кластер Калининградской области, объединяет 5 вузов-центров и более 30 организаций. Высокую роль играет образовательная стадия при выпадении научно-исследовательского звена из-за особенностей методики (концентрированно в столичном регионе). Большин-

¹³ По нашим подсчетам, в рамках НИР общий объем рынка РПП до 2020 г. может превысить 6 млрд руб., что составляет более 6% от валового внутреннего продукта России в 2012 г.

¹⁴ Индексы характеризуют инновационный потенциал кластера. Первый индекс описывает научные компетенции кластера, его способность создавать на их основе и внедрять новые технологии. Второй индекс характеризует способность кластера осуществлять диффузию созданных технологий путем описания интенсивности взаимодействия кластера с другими организациями в совокупности с территориальной дифференциацией и законченностью инновационного цикла.

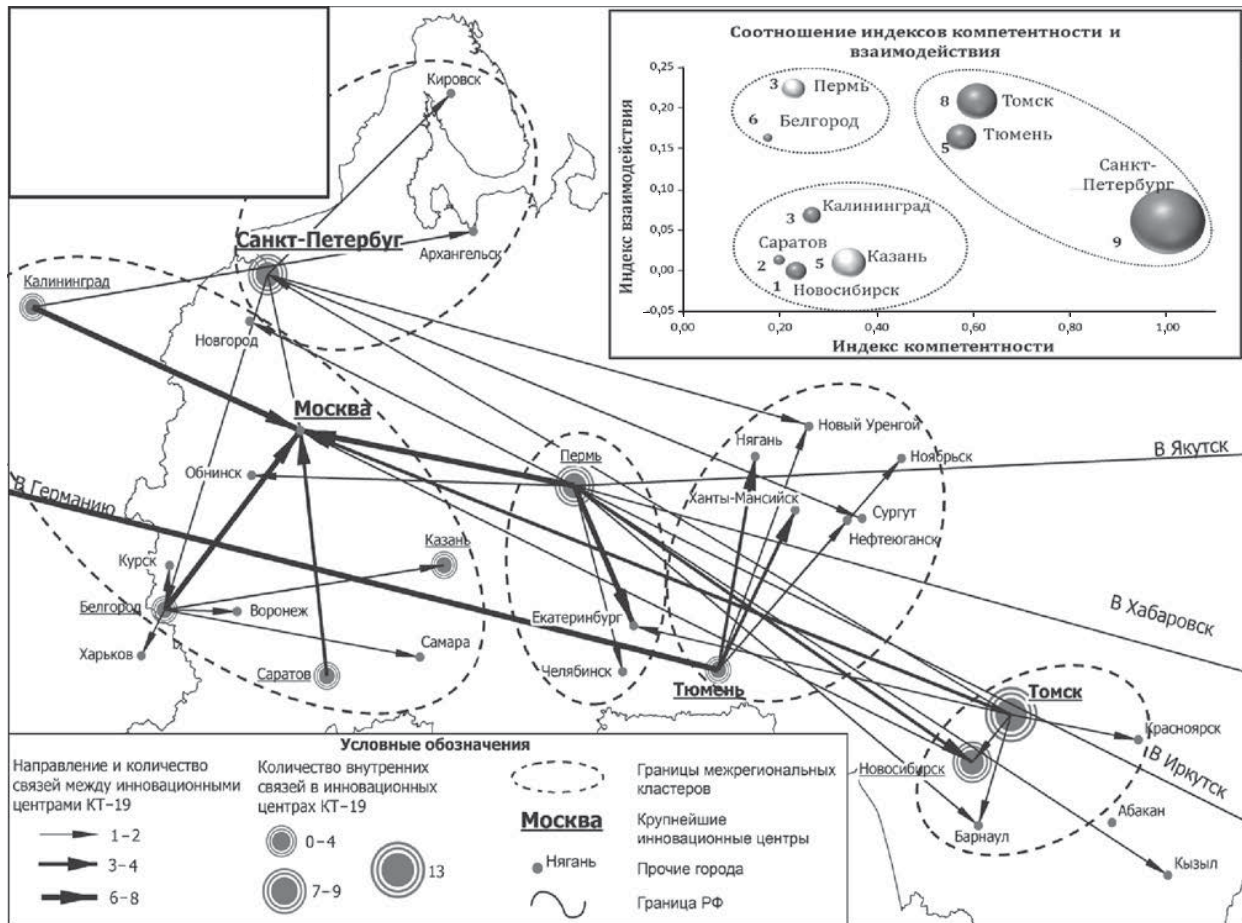


Рис. 4. Взаимодействие региональных инновационных кластеров в рамках критической технологии 19 “Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения” (КТ-19) перспективного направления “Рациональное природопользование”. Вузы Москвы исключены из рассмотрения во избежание дисбаланса и нарушения методики нормирования. Штриховые линии — формирующиеся межрегиональные кластеры. На врезке — соотношение индексов компетентности и взаимодействия, рассчитанное для региональных кластеров. Номер — число новых технологий, созданных в кластере за последние 3 года. Размер кружка зависит от числа компетенций в кластере, а белый фон свидетельствует об отсутствии центров внедрения, используемых для реализации технологий КТ-19

ство кластеров ориентировано на инновационный центр столицы, благодаря чему весь граф КТ-19 оказывается замкнутым. Северо-Западный кластер охватывает 2 вуза и 14 организаций, обладает наиболее высоким инновационным потенциалом, но ориентирован на собственные потребности. В южной части Западной Сибири сформирована межрегиональная инновационная система, включающая все стадии инновационного цикла и охватывающая 4 взаимодействующих вуза и около 30 организаций. Томск отличается широким набором и разнообразием предприятий, тогда как для Новосибирска характерна завышенная концентрация научно-исследовательских организаций. В интенсивно взаимодействующем Уральском кластере наблюдается преобладание реального сектора экономики и выпадение образовательной стадии. Тюменский межрегиональный кластер взаимодействует с предприятиями городов нефте- и газодобычи и обладает высоким инновационным потенциалом.

В связи с выявленной ограниченностью связей между организациями (низкий коэффициент связности сети, ориентированность сети на столичный регион) нельзя говорить о существовании единого отраслевого кластера в рамках КТ-19.

Выводы:

— методику инновационного следа можно использовать для исследования диффузии инноваций в предшествующие исторические периоды развития территориальных социально-экономических систем, их современной структуры, а также будущих конфигураций. Полученные результаты свидетельствуют о корреляции между крупными городами и центрами инноваций, что отражает воздействия агломерационного эффекта;

— результаты исследования дают основания говорить о наличии взаимосвязи между инновационными циклами и изменением масштаба, структуры и базовых свойств пространства в результате диффузии инноваций. Понимание этих механизмов является важным

Показатели и расчет индексов компетентности и взаимосвязей*

Показатели кластера / центр кластера	Санкт-Петербург	Томск	Тюмень	Казань	Калининград	Новосибирск	Пермь	Саратов	Белгород
Число компетенций	22	12	13	15	8	9	10	5	4
Субиндекс числа компетенций, I_C	1,00	0,55	0,59	0,68	0,36	0,41	0,45	0,23	0,18
Число новых технологий	9	8	5	5	3	1	3	2	6
Субиндекс числа новых технологий, I_{NT}	1,00	0,89	0,56	0,56	0,33	0,11	0,33	0,22	0,67
Число центров внедрения	4	3	4	0	2	2	0	3	1
Субиндекс центров внедрения, I_{VTZ}	1	0,75	1	0	0,5	0,5	0	0,75	0,25
Интегральный индекс компетентности, I_{KMP}	1,00	0,61	0,57	0,34	0,27	0,23	0,23	0,20	0,17
Число связей с организациями	14	24	16	5	10	7	17	5	13
Субиндекс числа связей, I_{SV}	0,58	1,00	0,67	0,21	0,42	0,29	0,71	0,21	0,54
Территориальное разнообразие организаций по городам, I_{TR}	0,42	0,51	0,66	0,22	0,35	0,16	0,91	0,29	0,71
Разнообразие организаций по стадиям инновационного цикла, I_{SR}	0,25	0,41	0,38	0,22	0,47	0,00	0,35	0,22	0,43
Индекс взаимосвязей, I_{VZ}	0,06	0,21	0,16	0,01	0,07	0,00	0,22	0,01	0,16

* Составлено авторами по данным анкетирования.

условием для долгосрочного прогнозирования развития инновационных процессов;

– наблюдается ярко выраженная и контрастная центропериферийная модель формирования и современной организации инновационного пространства России. Для России, как и для СССР, характерна высокая концентрация инновационного потенциала в ограниченном числе центров;

– столичный регион и окружающие его территории Волжско-Окского междуречья были, есть и, по-видимому, будут в дальнейшем выступать в качестве крупнейшего инновационного ареала России. Все прочие крупнейшие агломерации также являются центрами генерации и диффузии инноваций на периферию;

– после распада СССР единое инновационное пространство распалось на ряд изолированных и слабо связанных центров, повысилась концентрация в ключевых центрах страны, снизилось разнообразие функций, образовалась обширная и “безжизненная” периферия. Эти негативные процессы пока не преодолены, несмотря на экономические достижения 2000-х гг.;

– формирующиеся инновационные кластеры в рамках направления “Рациональное природопользование” частично повторяют территориальную структуру сложившегося инновационного пространства, но одновременно указывают на возможные направления смещения инновационной активности. Анализ позволяет выявить внутрисистемную пространственно-временную организацию инновационных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабурин В.Л.* Инновационные циклы в Российской экономике. Изд. 4-е, испр. и доп. М.: КРАСАНД, 2010.
2. *Бабурин В.Л.* Эволюция российских пространств: от Большого взрыва до наших дней (инновационно-синергетический подход). М.: УРСС, 2002.
3. *Земцов С.П.* Модернизация и инновационное развитие России. Экономико-географический подход. Саарбрюкен (Германия): Lap Lambert Academic Publishing, 2011.
4. *Doloreux D., Parto S.* Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues // *Technology in Society*. 2005. N 27. P. 133–155.

5. *Fagerberg J., Nelson R., Mowery D.* Innovation: A Guide to the Literature. Oxford: Oxford University Press, 2004.
6. *Forrester J.* Urban dynamics. Waltham, MA: Pegasus Communications, 1969.
7. *Hagerstrand T.* Innovation Diffusion as a Spatial Process. Chicago: University of Chicago Press, 1967.
8. *Jantsch E.* Technological planning and social futures. N.Y.: John Wiley, 1972.
9. *Porter M.* On competition. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1998.
10. *Rogers E.* Diffusion of innovations. N.Y.: Free Press, 1962.

Поступила в редакцию 19.03.2013

V.L. Baburin, S.P. Zemtsov

GEOGRAPHY OF INNOVATION PROCESSES IN RUSSIA

Spatial features of innovation processes in Russia are discussed on the example of the formation and development, creative-acceptor functions of regions, patent field potential of large cities and potential of regional innovation clusters in the sphere of “Environmental management”.

Key words: geography of innovations, innovative potential, innovative space, field of potential, creative regions, environmental management.