

Моделирование развития экономики региона и эффективность пространства инноваций

Валерий Макаров

Директор. E-mail: makarov@cemi.rssi.ru

Сергей Айвазян

Заместитель директора. E-mail: aivazian@cemi.rssi.ru

Михаил Афанасьев

Заведующий лабораторией. E-mail: miafan@cemi.rssi.ru

Альберт Бахтизин

Заведующий лабораторией. E-mail: albert.bakhtizin@gmail.com

Ашхен Нанавян

Старший научный сотрудник. E-mail: ashchenn@mail.ru

Центральный экономико-математический институт Российской академии наук (ЦЭМИ РАН)
Адрес: 117418, Москва, Нахимовский пр-т, 47

Аннотация

Формирование инновационного пространства региона сопряжено с одновременным развитием различных структур. Современная модель инновационного роста предполагает взаимодействие власти, бизнеса и университетов. В статье совокупность потенциальных связей между исследовательскими организациями и инновационно активными предприятиями характеризуется как инновационное пространство и рассматривается как ресурс для инноваций. Количественная оценка таких связей и взаимодействий — один из наиболее сложных аспектов анализа инновационных процессов. Гипотеза авторов состоит в том, что инновационная активность региона зависит от размера пространства инноваций и эффективности его использования. Результаты эконометрического моделирования выдвинутой гипотезе не противоречат. Полученные оценки пространства инноваций, используемого субъектами

РФ при создании новых производственных технологий, подтвердили высокую потенциальную значимость этого фактора.

В рамках разработанной авторами вычислимой модели общего равновесия (*Computable General Equilibrium, CGE*) в статье рассмотрена инновационная составляющая экономики региона (на примере Республики Башкортостан) и оценены количественные последствия различных сценариев повышения эффективности социально-экономической системы. В производственную функцию агентов CGE-модели была включена эффективность использования пространства инноваций для рассматриваемого субъекта. Полученные результаты указывают на важную роль региональных органов власти в стимулировании взаимодействия государства, бизнеса и научно-образовательного сообщества и развитии региональных инновационных систем.

Ключевые слова: региональная экономика; инновация; эконометрическое моделирование; проверка гипотез; стохастическая граница; оценка эффективности

DOI: 10.17323/1995-459X.2016.3.76.90

Цитирование: Makarov V., Ayvazyan S., Afanasyev M., Bakhtizin A., Nanavyan A. (2016) Modeling the Development of Regional Economy and an Innovation Space Efficiency *Foresight and STI Governance*, vol. 10, no 3, pp. 76–90. DOI: 10.17323/1995-459X.2016.3.76.90

Развитию экономики знаний в России может способствовать достижение следующих целей:

- модернизация научно-исследовательских институтов, в том числе системы Российской академии наук;
- модернизация национальной системы образования;
- интеграция всех элементов инновационной системы: университетов, исследовательских институтов и высокотехнологичных компаний [OECD, 2014].

В международной практике одним из основных критериев эффективности инновационной системы является результативность исследований и разработок (ИиР), которая оценивается через объем выпуска инновационной продукции, число технологических разработок, патентов, научных публикаций. Общепринятыми показателями эффективности инновационной деятельности являются абсолютные или относительные к ВВП расходы на ИиР и их результативность на единицу затрат. Данные свидетельствуют о значительном отставании инновационного развития России от стран ОЭСР. Так, в 2012 г. затраты на ИиР в нашей стране составили 1.13% ВВП [Росстат, 2015], тогда как государства — члены Европейского союза тратят на те же цели в среднем 1.97% ВВП, а участники ОЭСР — 2.4% ВВП [Аналитический центр, 2014]. Государственные расходы на образование по отношению к ВВП и бюджету в целом также не достигают средних значений по странам ОЭСР и составляют 3.9 и 10.9% соответственно при 5.6 и 12.9% — для ОЭСР [OECD, 2014].

Вместе с тем в Национальном докладе об инновациях в России за 2015 г. отмечается, что «увеличение расходов на НИОКР не приводит к росту изобретений и идей», и это является одной «из важнейших проблем... функционирования академической среды» [МЭР, РВК, 2015]. Авторы доклада констатируют нецелесообразность увеличения расходов на ИиР. Противоположную точку зрения отстаивает, например, Александр Варшавский [Варшавский, 2016], который указывает на низкий уровень финансирования ИиР: «Россия по абсолютному объему затрат на НИОКР занимала в 2012 г. 9-е место, уступая не только США, КНР и Японии, но также Франции, Великобритании и Тайваню». По доле этих затрат в ВВП «Россия занимает 29-е место среди 37 стран [и] находится на 28-м месте по уровню затрат на НИОКР в расчете на душу населения». С 2000 по 2013 г. численность персонала, занятого ИиР, сократилась с 888 до 727 тыс. человек. В результате «Россия занимает 28-е место по показателю численности исследователей на 100 тыс. населения среди 37 стран». На этом основании автор заключает, что некорректно объяснять низкую эффективность инновационной деятельности исключительно проблемами академической среды. Реформирование системы высшего образования и академий наук проходит в форме сокращения научных организаций, что ведет к снижению регионального и национального уровней интеллектуального капитала. Подобный подход к реформированию не позволяет рассчитывать на наращивание интеллектуальных ресурсов и эффективности их использования. В аналитическом обзоре, посвященном международному опыту слияния

университетов [Романенко и др., 2015], подчеркивается проблематичность бесконфликтного решения этой задачи и дальнейшего развития новой организации, созданной в результате объединения.

Заслуживают внимания оценки эффективности государственных расходов на науку, защиту интеллектуальной собственности и развитие инновационной инфраструктуры российскими предпринимателями. Большинство респондентов отмечают, что усилия по созданию национальной инновационной системы по-прежнему носят фрагментарный, несистематический и ограниченный характер [РВК, 2013; Эксперт-РА, 2012]. Производители слабо мотивированы к инновационному поведению, в частности, в силу низкой конкуренции на рынке, а значительная роль государства в экономике делает административный ресурс более предпочтительным механизмом, нежели технологические преобразования. Так, в 2013 г. инновации внедряли лишь 10.1% российских предприятий [Росстат, 2013а], что в 5–6 раз меньше, чем в Германии или Великобритании. Доля высоких технологий в общем экспорте отечественной продукции составляет 10% при 18% у США и 27% — у Китая [World Bank, 2013]. «Затраты на инновации не заложены в бюджет примерно трети фирм. Расходы на инновационную деятельность большинства самых активных компаний в 2010 г. не превышали 5% от выручки, и лишь у 7% они составили более 10% доходов» [Иванов и др., 2012].

Залогом развития инновационной экономики служит стимулирование соответствующей активности в различных регионах страны, совершенствование региональных инновационных систем (РИС) как элемента общенациональной стратегии. Сегодня стало принято связывать «инновационную» траекторию с преодолением энерго-сырьевого сценария развития страны и отдельных регионов. Эволюция последних рассматривается при этом как «системный процесс..., осуществляемый преимущественно за счет реализации научных, технологических, управленческих новшеств» [Клейнер, Мишуков, 2011]. Основными элементами РИС выступают научные организации, выполняющие ИиР, вузы, инновационно активные предприятия, а также инфраструктура, которая обеспечивает все звенья необходимыми ресурсами.

Современная модель инновационного развития регионов ведущих стран мира предполагает взаимодействие власти, бизнеса и университетов [Etzkowitz, 2008]. Этот подход используется в США, Великобритании, Германии, Франции, а благодаря развитой фундаментальной науке может применяться и в России в рамках полного цикла от рождения инновационной идеи до массового выпуска готовой продукции. При этом «очевидно, что правительство, бизнес и общество имеют разные представления относительно вклада университетов в инновационное развитие, да и сами регионы отличаются друг от друга в плане вызовов и возможностей стимулирования экономического роста, основанного на знаниях и инновациях» [Гибсон, Батлер, 2013]. Авторы соответствующих исследований отмечают, что решающим фактором успешного инновационного

процесса является способность региональных акторов к взаимодействию [Голиченко, Балычева, 2012; Макаров, 2010; Ефимова, 2012; Лапаев, 2012; Маковеева, 2012; Румянцев, 2013; Симачев, 2012; Щепина, 2011]. Сети коммуникации охватывают группы (кластеры) компаний, вузы и исследовательские центры. Помимо прямых результатов такие взаимодействия порождают положительные экстерналии и синергетические эффекты [Полтерович, 2010].

В вопросе об определении РИС констатируется, что они «представляют собой элементы национальной инновационной системы, локализованные на определенной территории. Большинство исследований сходятся в определении *качественных характеристик региональной инновационной системы* [курсив наш. — Прим. авт.]: РИС состоит из ряда связанных компонентов (организаций и институтов), имеет границы или пределы, которые выделяют ее среди остального пространства» [Михеева, 2014]. Получение количественных характеристик таких сетей и взаимодействий — одна из самых сложных задач в анализе инновационных процессов. Ее решение лежит на пути совершенствования метрик, расчетов и экспериментов, направленных на оценку роли регионов в развитии отдельных национальных инновационных систем [OECD, 2010].

В нашей статье мы рассмотрим потенциальные связи между элементами российских РИС: организациями, создающими новые знания и инновационные идеи, конструкторскими бюро, проектными институтами и инновационно активными предприятиями. Методология получения и верификации количественных данных о влиянии науки и бизнеса на инновационный процесс позволяет получить представление о поглощаемых последним интеллектуальных ресурсах и потенциале взаимодействия акторов национального и регионального уровней. Наша гипотеза состоит в том, что формирующиеся внутри региональных и национальных инновационных систем связи являются ресурсом для процесса создания инноваций, результативность которого прямо пропорциональна доле эффективно реализованных взаимодействий между научными организациями и предприятиями на соответствующей территории. Оценки эффективности данных связей включены в инновационную составляющую вычислимой модели общего равновесия (Computable General Equilibrium, CGE) экономики региона (на примере Республики Башкортостан). Рассмотрены различные сценарии повышения эффективности региональной социально-экономической системы.

Предпосылки, гипотезы, модели

В качестве мест производства инновационных идей нами рассматриваются организации, выполняющие ИиР и создающие новые знания. В их числе — институты академии наук, университеты и другие исследовательские организации. Инновации представляют собой результат взаимодействия организаций, создающих новые знания с проектными институтами, конструкторскими

бюро и инновационно активными предприятиями. Институтационные условия такого взаимодействия и его результативность определяются государством. Таким образом, общей инфраструктурой инноваций служит совокупность организаций, создающих новые знания, инновационно активных предприятий, участвующих в создании новых технологий, продуктов и услуг, и институциональной среды, оказывающей влияние на этот процесс. В качестве ресурса инновационной деятельности рассматривается общее пространство инноваций — совокупность потенциальных связей между организациями, создающими новые знания, и инновационно активными предприятиями. Количество таких связей определяет размер пространства инноваций.

Инновации можно условно разделить на несколько типов: технологические, информационные, организационные и маркетинговые. В инновациях первого типа особую роль играют новые производственные технологии, способность к созданию которых Кристофер Фриман (Christopher Freeman) [Freeman, 2011] рассматривал как важную характеристику инновационной системы. Экспериментальные методы оценки пространства инноваций, которые используются в нашей работе применительно к новым производственным технологиям, релевантны и для других инноваций. Понятия «общая инфраструктура», «общее пространство», «размер общего пространства» обобщаются для инноваций конкретного типа.

Пусть S_i — число организаций, создающих новые знания в регионе i ; B_i — общее число инновационно активных предприятий в регионе i . Тогда число потенциальных связей между организациями, создающими новые знания, и инновационно активными предприятиями, т. е. размер общего пространства \bar{V}_i инноваций региона i , ограничивается величиной $\bar{V}_i = S_i B_i$.

Выделим инновации конкретного типа. Пусть α_i — доля научных организаций, участвующих в создании инновации данного типа в регионе i в общем числе организаций, выполняющих ИиР; β_i — доля инновационно активных предприятий региона i , взаимодействующих с научными организациями в процессе создания инноваций данного типа, в общем числе инновационно активных предприятий региона. Размер \bar{V}_i пространства инноваций данного типа для региона i определяется величиной $V_i = \alpha_i S_i \times \beta_i B_i = \alpha_i \beta_i S_i B_i = w_i \bar{V}_i$, где $w_i = \alpha_i \beta_i$ — доля пространства инноваций данного типа в общей его величине.

Введем производственную функцию, определяющую зависимость количества созданных инноваций данного типа от числа научных организаций и взаимодействующих с ними инновационно активных предприятий, которые рассматриваются как ресурсы инновационного процесса. Пусть Q_i — число инноваций данного типа, создаваемых в единицу времени регионом i . Тогда $Q_i = f(\alpha_i S_i, \beta_i B_i)$. Для упрощения анализа здесь используется степенная функция вида $Q_i = a(\alpha_i S_i)^{\delta_s} (\beta_i B_i)^{\delta_b}$. Введем условие нормировки $a = 1$, определяющее продуктивность взаимодействия научной организации и предприятия региона.

Утверждение 1.

Пусть выполняется условие $\delta_S = \delta_B = \delta > 0$. (1)

Тогда число создаваемых в регионе инноваций конкретного типа прямо зависит от размера общего пространства инноваций. Выполнение условия (1) означает, что эластичность количества создаваемых инноваций по числу научных организаций равна таковой по числу предприятий. Утверждение 1 означает, что при выполнении условия (1) результат инновационной деятельности определяется числом потенциальных связей между организациями, создающими новые знания, и инновационно активными предприятиями региона, т. е. размером общего пространства инноваций.

Действительно, пусть выполняется условие (1). Тогда после преобразования получаем: $Q_i = (\alpha_i \beta_i)^\delta (S_i B_i)^\delta = w_i^\delta \bar{V}_i^\delta$.

В этом случае производственная функция может быть представлена в виде: $Q_i = d_i \bar{V}_i^\delta$, где $\bar{V}_i = S_i B_i$, $d_i = w_i^\delta$.

Таким образом, если условие (1) выполняется, то размер общего пространства инноваций можно рассматривать как ресурс производства любого конкретного их типа.

Гипотеза 1: результаты инновационной деятельности регионов России прямо зависят от размера общего пространства инноваций.

Проверка гипотезы 1 сводится к проверке выполнения условия (1). Введем обозначения $\delta_S = \delta$, $\delta_B = \delta + \eta$. Заметим, что η может быть как положительным, так и отрицательным. Тогда после преобразования получаем:

$$Q_i = (\alpha_i \beta_i)^\delta (S_i B_i)^\delta (\beta_i B_i)^\eta.$$

В этом случае производственная функция может быть представлена в виде: $Q_i = b_i \bar{V}_i^\delta B_i^\eta$, где $b_i = (\alpha_i \beta_i)^\delta \beta_i^\eta$.

Эмпирическая проверка гипотезы 1 сводится к проверке статистической гипотезы¹ $H_0^1: \eta^2 = 0$. Результаты проверки гипотезы на основе данных, характеризующих количество созданных производственных технологий, приводятся в следующем разделе. Оценка эффективности использования общего пространства инноваций при создании инноваций конкретного типа осуществляется на основе концепции стохастической границы.

Предположения:

- 1) α_i, β_i являются случайными величинами;
- 2) доля $w_i = \alpha_i \times \beta_i$ пространства инноваций конкретного типа в общем его размере представима в виде $w_i = \bar{w} e^{\varphi_i - \psi_i}$, где \bar{w} — константа, φ_i — случайная величина, имеющая нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием, ψ_i — неотрицательная случайная величина, имеющая полунормальное распределение.

Если гипотеза 1 верна, то:

$$\begin{aligned} Q_i &= d_i \bar{V}_i^\delta = w_i^\delta \bar{V}_i^\delta = e^{\delta \ln w_i} \bar{V}_i^\delta = \\ &= e^{\delta (\ln \bar{w} + \varphi_i - \psi_i)} \bar{V}_i^\delta = \bar{w}^\delta \bar{V}_i^\delta e^{v_i - u_i}, \end{aligned}$$

где:

$v_i = \delta \varphi_i$ — случайная величина, имеющая нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием;

$u_i = \delta \psi_i$ — неотрицательная случайная величина, имеющая полунормальное распределение.

Случайная составляющая $v_i - u_i$ отражает влияние на процесс создания инноваций факторов неопределенности и эффективности. При моделировании воздействия первых используется нормально распределенная случайная величина v_i с нулевым математическим ожиданием $v_i \in N(0, \sigma_v^2)$. Для моделирования результатов воздействия факторов эффективности используется не зависящая от v_i неотрицательная случайная величина u_i , имеющая усеченное в нуле нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием $u_i \in N^+(0, \sigma_u^2)$.

В соответствии с концепцией стохастической границы [Kumbhakar, Lovell, 2004], \bar{w} — максимальная ожидаемая доля общего пространства инноваций, используемая инновационно эффективными регионами и определяющая стохастическую граничную производственную функцию $Q_i = \bar{w}^\delta \bar{V}_i^\delta e^{v_i}$. Стохастическая производственная функция $Q_i = \bar{w}^\delta \bar{V}_i^\delta e^{v_i - u_i}$ может быть представлена в виде $Q_i = (\bar{w} e^{-\psi_i})^\delta \bar{V}_i^\delta e^{v_i}$. Тогда случайная величина $\bar{w} = \bar{w} e^{-\psi_i}$ допускает интерпретацию как доля общего пространства инноваций, эффективно используемая регионом при создании определенного их типа. Заметим, что для любого региона имеет место неравенство $\bar{w} \leq \bar{w}$.

Функция $Q_i = \bar{w}^\delta \bar{V}_i^\delta e^{v_i - u_i}$ в логарифмической форме имеет вид:

$$\ln Q_i = c + \delta \ln \bar{V}_i + v_i - u_i, \quad (2)$$

где $c = \delta \ln \bar{w}$.

Если $\bar{w} \leq 1$, то $c \leq 0$. При оцененных параметрах $c, \delta, \sigma_v^2, \sigma_u^2$ имеем $\bar{w} = e^{c/\delta}$. Можно оценить математическое ожидание [Battese, Coelli, 1988]:

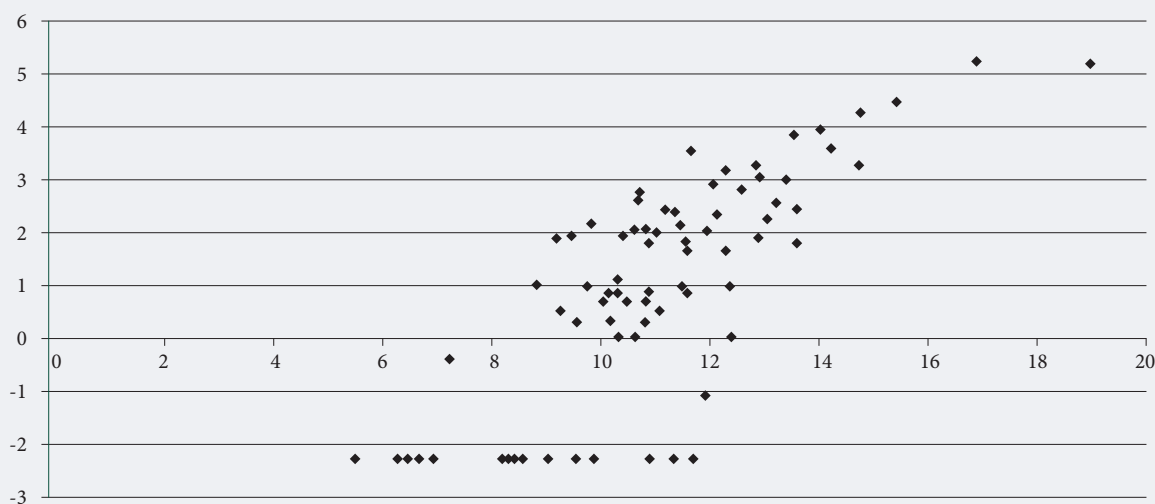
$$TE_i = E(e^{-u_i} | v_i - u_i) = \frac{\Phi(\bar{\mu}_i / \sigma_* - \sigma_*)}{\Phi(\bar{\mu}_i / \sigma_*)} \exp\left\{\frac{1}{2} \sigma_*^2 - \bar{\mu}_i\right\},$$

$$\text{где } \bar{\mu}_i = -(v_i - u_i) \sigma_u^2 / \sigma^2, \sigma_*^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2, \sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2.$$

Величину TE_i можно рассматривать как оценку эффективности использования регионом общего пространства инноваций при создании конкретного их типа. Для оценки \bar{w}_i эффективно используемой регионом доли этого пространства применяется величина $(\bar{w}^\delta \times TE_i)^{1/\delta}$. Тогда величину $\bar{V}_i = \bar{w}_i \bar{V}_i$ можно принять за размер пространства инноваций конкретного типа. Динамика инновационной активности и числа создаваемых инноваций для всей совокупности регионов зависит от динамики параметра \bar{w} . Рост последнего определяет рост стохастической границы $Q_i = \bar{w}^\delta \bar{V}_i^\delta e^{v_i}$, т. е. увеличение ожидаемого числа инноваций, создаваемых инновационно эффективными регионами.

¹ Установление связей между научными организациями и предприятиями, а также создание инноваций рассматриваются как случайные процессы, поэтому число инноваций, создаваемых в единицу времени, является случайным.

Рис. 1. Зависимость числа созданных производственных технологий $teh12_i$



(ось ординат) от размера \bar{V}_i общего пространства инноваций региона
(ось абсцисс) по данным 2010–2012 г., в логарифмах

Источник: составлено авторами.

Динамика \bar{w} зависит от соотношения параметров c и δ : поскольку $c \leq 0$, с ростом δ величина \bar{w} растет; с ростом c величина \bar{w} также растет. Одновременный рост этих двух параметров свидетельствует об увеличении доли эффективно используемого объема инновационного пространства и инновационной активности в целом. При разнонаправленном изменении c и δ динамика \bar{w} определяется таковой для отношения c/δ . Важным преимуществом применения концепции стохастической границы при оценке параметров c и δ является их устойчивость к характеристикам инновационно пассивных регионов.

Таким образом, справедливость гипотезы 1 позволяет оценить долю общего пространства инноваций, используемую регионом при создании конкретного их типа. Далее представлены проверка гипотезы 1 и оценка

доли общего пространства инноваций регионов страны на основе данных Росстата о количестве разработанных новых технологий, числе организаций, выполняющих ИиР, и инновационно активных предприятий за период с 2008 по 2012 г.

Исходные данные, результаты проверки гипотез, оценки параметров моделей

В табл. 1 приведены показатели, используемые для проверки гипотезы 1 и оценки размера общего пространства инноваций регионов РФ, обозначения этих показателей и ссылки на источники.

В принятых обозначениях число инновационно активных предприятий региона определяется величиной $B_i = P_i \times S_i$.

Далее используются следующие обозначения:

$teh10_i$ — среднее число производственных технологий, созданных за год в регионе с 2008 по 2010 г.²;

$teh11_i$ — среднее число производственных технологий, созданных за год в регионе с 2009 по 2011 г.;

$teh12_i$ — среднее число производственных технологий, созданных за год в регионе с 2010 по 2012 г.

На рис. 1 показана зависимость в логарифмах числа $teh12_i$ созданных производственных технологий от размера \bar{V}_i общего пространства инноваций для 80 регионов России по данным за 2010–2012 гг.

Для проверки статистической гипотезы $H_0^1: \eta^2 = 0$ оценены параметры модели:

Табл. 1. Используемые данные

Обозначение	Показатель
teh_i	Число созданных в регионе новых производственных технологий [Росстат, 2013с]
P_i	Число предприятий региона [Росстат, 2013д]
I_i	Доля инновационно активных предприятий в общем числе предприятий региона [Росстат, 2013а]
S_i	Число организаций региона, выполняющих научные исследования [Росстат, 2013б]

Источник: составлено авторами.

² Усреднение обусловлено необходимостью сгладить исходные данные.

Табл. 2. Оценки параметров модели (3)

Оценки	Модель (3) для teh_{10}	Модель (3) для teh_{11}	Модель (3) для teh_{12}
(1)	(2)	(3)	(4)
δ	0.7814***	0.7140***	0.6808***
c	-5.7531***	-4.9016***	-4.4133***
η	-0.1993	-0.1710	-0.1380
$H_0^2: \sigma_u^2 = 0$	отвергается	отвергается	отвергается
Log likely	-116.56	-124.66	-130.83

Источник: составлено авторами.

$$\ln Q_i = c + \delta \ln \bar{V}_i + \eta B_i + v_i - u_i \quad (3)$$

В третьей, четвертой и пятой строках табл. 2 приведены оценки параметров δ , c и η модели (3), вычисленные методом максимального правдоподобия. В шестой строке табл. 2 отражены результаты проверки гипотезы $H_0^2: \sigma_u^2 = 0$ — неэффективность отсутствует [Айвазян, Афанасьев, 2015]. В седьмой — максимальное значение логарифма функции правдоподобия.

В моделях, построенных для 2010, 2011 и 2012 гг., оценка η незначима, на уровне 10%, отличается от нуля. Статистическая гипотеза H_0^1 не отвергается³. Результаты проверки гипотеза H_0^1 не противоречат гипотезе 1: результаты инновационной деятельности регионов РФ прямо зависят от общего размера пространства инноваций.

Во втором, третьем и четвертом столбцах табл. 3 приведены оценки параметров δ и c модели (2) для каждого года (2010, 2011, 2012); в седьмой и восьмой строках — вычисленные значения c/δ и w соответственно.

Далее проверке были подвергнуты две гипотезы.

Гипотеза 2: эластичность δ числа созданных производственных технологий по объему общего пространства инноваций постоянна во времени.

Гипотеза 3: константа c в модели (2) постоянна во времени.

Для проверки гипотез 2 и 3 построена модель (4) с переменными коэффициентами по данным трехлетнего периода 2010–2012 гг.:

$$\ln Q_{it} = c + c_0 t + (\delta + \delta_0 t) \ln \bar{V}_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (4)$$

В столбце (5) табл. 3 приведены результаты оценки параметров модели (4). Оценка параметра δ_0 модели (4) значима на 10%-ном уровне. Гипотеза 2 отвергается в пользу альтернативной: эластичность δ числа созданных производственных технологий по размеру общего пространства инноваций убывает во времени. Оценка параметра c_0 модели (4) значима на 10%-ном уровне. Гипотеза 3 отвергается в пользу альтернативной: константа c в модели (2) возрастает во времени. Хотя оценка δ значимо убывает, отношение c/δ растет. Как следствие, наблюдается рост доли $\bar{w} = e^{c/\delta}$ общего пространства инноваций, используемой инновационно активными регионами при создании новых производственных технологий. В последней строке табл. 3 показан рост \bar{w} в процентном выражении.

Для каждого из 80 регионов получены оценки эффективности $TE_i = E(e^{-u_i} / v_i - u_i)$ использования размера общего пространства инноваций: TE_i^{2010} — за 2010 г., TE_i^{2011} — за 2011 г. и TE_i^{2012} — за 2012 г. приведены в пятом, шестом и седьмом столбцах табл. 4 соответственно.

На рис. 2а каждая точка соответствует значениям эффективности инновационной деятельности в регио-

Рис. 2. Распределение значений эффективности использования регионами общего пространства инноваций

Рис. 2а

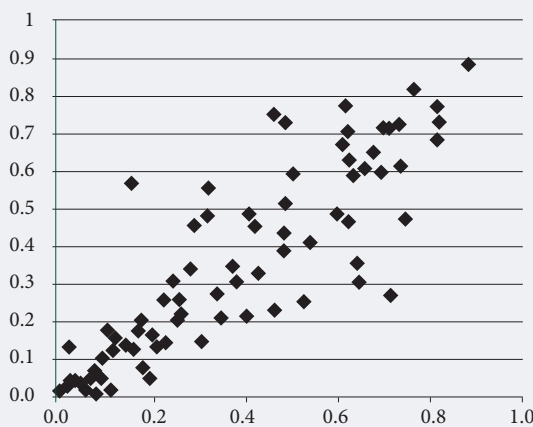
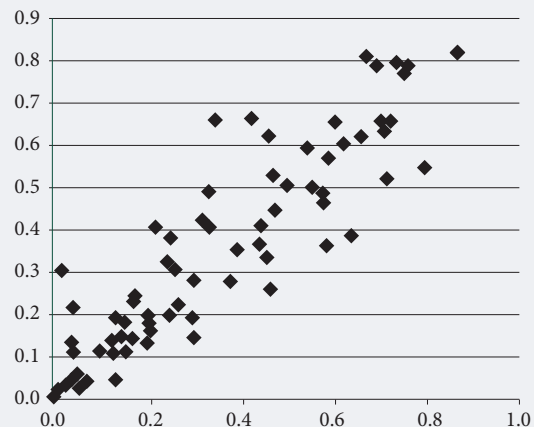


Рис. 2б



Источник: составлено авторами.

³ Положительная и статистически значимая оценка влияния δ в модели (3) может сопровождаться незначимым влиянием η вследствие возможного эффекта мультиколлинеарности. Для дополнительной проверки гипотезы $H_0^1: \eta^2 = 0$ против альтернативной гипотезы $H_1^1: \eta^2 > 0$ может быть использована статистика $Lr = 2(\ln L(H_1^1) - \ln L(H_0^1))$, где $L(H_1^1)$ — значение функции правдоподобия при альтернативной гипотезе, $L(H_0^1)$ — значение функции правдоподобия при нулевой гипотезе. В работе [Айвазян и др., 2012] показано, что если при заданном уровне значимости α значение тестовой статистики Lr окажется больше $\chi_{2\alpha}^2(1)$ квантиля уровня $\chi_{2\alpha}^2(1)$ распределения, то гипотезу H_0^1 следует отвергнуть.

не. По оси абсцисс — оценка региона TE_i^{2010} за 2010 г., по оси ординат — TE_i^{2011} за 2011 г. с коэффициентом корреляции 0.8876. Оценки эффективности двух последующих лет сильно зависимы. На рис. 2b по оси абсцисс — оценка TE_i^{2011} за 2011 г., по оси ординат — TE_i^{2012} за 2012 г. с коэффициентом корреляции 0.8959. Взаимозависимость оценок эффективности, обуславливающая устойчивость во времени ранговых позиций регионов, столь же высока. Оценки эффективности использования пространства инноваций являются важными характеристиками инновационной активности регионов, которые дополняют их технологическую эффективность, описанную в работе [Айвазян и др., 2016].

Оценки $\bar{V}_i = \bar{w}_i \bar{V}_i$ размера пространства инноваций, используемого 80-ю регионами РФ при создании новых технологий, по данным за 2012 г. приведены в столбцах 2–4 табл. 4. На рис. 3 показана зависимость числа созданных производственных технологий (по оси ординат) от оценки $\bar{V}_i = \bar{w}_i \bar{V}_i$ размера пространства инноваций, используемого регионами при их создании (по оси абсцисс). В правой верхней части рисунка — две точки, характеризующие Москву (правее) и Санкт-Петербург (левее). Точки в левой нижней части рисунка характеризуют остальные 78 регионов страны. Из них шесть визуально различимых принадлежат Московской, Свердловской, Нижегородской, Челябинской, Новосибирской и Калужской областям.

В табл. 5 перечислены 11 регионов, которые ранжированы по числу производственных технологий, создаваемых в среднем за год в течение 2010–2012 гг. На эти регионы приходится около 75% общего числа таких технологий. Здесь же представлена ранговая оценка эффективности использования общего пространства инноваций. Два региона — Санкт-Петербург и Москва — значительно опережают другие по числу создаваемых технологий (см. рис. 3), но наиболее эффективно из указанных 11 регионов общее пространство инноваций используют Калужская, Иркутская и Челябинская области.

В статье [Макаров и др., 2014] 80 регионов России разделены на группы с учетом структуры промышленного производства. С помощью метода главных компонент и представленных в этой работе критериев общности сформировано 5 групп регионов: базовая

Рис. 3. Зависимость числа созданных производственных технологий от оценки $\bar{V}_i = \bar{w}_i \bar{V}_i$ размера пространства инноваций, используемого при их создании, по данным за 2012 г.



(равномерно развитые регионы), обрабатывающие, добывающие, сельскохозяйственные, развивающиеся. В столбце 4 табл. 5 указана группа, к которой принадлежит каждый из 11 регионов. Все они относятся к одной из двух групп — базовой (с равномерно развитой структурой промышленности) или в группе «обрабатывающих» регионов.

Регионы, отмеченные в табл. 5 знаком «*», входят в число 10, а знаком «**» — 20 с наибольшими значениями индекса инновационного развития по рейтингу Ассоциации инновационных регионов России 2015 г. [АИРР, 2015]. Рейтинг опирается на 23 показателя, в том числе «внутренние затраты на ИиР в процентах к ВРП», «объем поступлений от экспорта технологий по отношению к ВРП», «коэффициент обновления основных фондов», «ВРП в расчете на одного занятого в экономике региона», «доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП».

Табл. 3. Оценки параметров моделей (2) и (4)

Оценки	Модель (2) для $teh10$	Модель (2) для $teh11$	Модель (2) для $teh12$	Модель (4) для 2010–2012 гг.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
δ	0.6832***	0.6465***	0.6170***	0.6816***
c	-5.2781***	-4.7775***	-4.1406***	-5.2571***
δ_0	—	—	—	-0.0355*
c_0	—	—	—	0.5618*
$H_0^2 : \sigma_u^2 = 0$	отвергается	отвергается	отвергается	отвергается
Log likely	-116.72	-125.16	-130.88	-375.62
c / δ	-7.7249	-7.3889	-6.7107	
$\bar{w} = e^{c/\delta}$	4.42E-04	6.18E-04	1.22E-03	
рост \bar{w} (%)		39.9	97.1	

Источник: составлено авторами.

Табл. 4. Оценки размера пространства технологических инноваций (столбцы 2–4) и эффективности использования его общего объема (столбцы 5–7) по регионам России

Регион	\check{V}_i^{2010}	\check{V}_i^{2011}	\check{V}_i^{2012}	TE_i^{2010}	TE_i^{2011}	TE_i^{2012}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Белгородская область	18.587	26.421	34.315	0.812	0.76	0.769
Брянская область	9.197	17.81	23.376	0.736	0.718	0.632
Владимирская область	14.898	6.62	19.06	0.53	0.249	0.314
Воронежская область	59.947	78.764	103.936	0.635	0.582	0.482
Ивановская область	1.212	6.724	20.214	0.162	0.559	0.495
Калужская область	30.483	43.397	99.066	0.879	0.873	0.814
Костромская область	2.044	1.181	3.955	0.641	0.353	0.655
Курская область	0.046	0.245	2.167	0.024	0.04	0.131
Липецкая область	0.046	0.671	1.358	0.028	0.131	0.133
Московская область	460.693	956.31	1583.051	0.409	0.48	0.445
Орловская область	5.809	5.159	4.958	0.618	0.46	0.329
Рязанская область	0.683	1.93	3.096	0.113	0.171	0.14
Смоленская область	5.584	2.635	2.108	0.647	0.302	0.19
Тамбовская область	0.681	0.04	0.039	0.12	0.017	0.011
Тверская область	5.778	4.534	6.528	0.352	0.209	0.173
Тульская область	8.757	10.112	34.847	0.375	0.34	0.484
Ярославская область	16.891	19.004	52.712	0.432	0.325	0.413
г. Москва	2304.145	3934.007	6415.534	0.12	0.121	0.118
Республика Карелия	0.253	0.242	5.179	0.079	0.05	0.212
Республика Коми	0.685	1.234	3.998	0.108	0.178	0.237
Архангельская область	22.089	22.884	41.637	0.734	0.607	0.652
Вологодская область	2.508	1.951	4.07	0.231	0.14	0.188
Калининградская область	4.534	5.913	7.257	0.679	0.644	0.381
Ленинградская область	11.66	16.601	26.15	0.611	0.663	0.615
Мурманская область	0.048	0.04	0.039	0.014	0.014	0.011
Новгородская область	3.431	5.23	10.273	0.622	0.697	0.781
Псковская область	3.061	2.578	2.047	0.486	0.383	0.272
г. Санкт-Петербург	1150.927	2743.222	6034.485	0.284	0.336	0.407
Республика Адыгея	0.043	0.037	0.035	0.076	0.055	0.048
Республика Калмыкия	0.041	0.035	0.032	0.267	0.212	0.16
Краснодарский край	24.805	42.081	78.579	0.249	0.304	0.275
Астраханская область	11.609	13.711	14.453	0.615	0.767	0.781
Волгоградская область	2.643	1.314	0.264	0.091	0.058	0.018
Ростовская область	34.521	49.317	67.456	0.232	0.255	0.197
Республика Дагестан	16.186	11.074	26.254	0.763	0.804	0.541
Республика Ингушетия	0.041	0.035	0.033	0.205	0.16	0.108
Кабардино-Балкарская Республика	2.316	4.606	5.662	0.508	0.586	0.456
Карачаево-Черкесская Республика	0.042	0.036	0.033	0.138	0.126	0.112
Республика Северная Осетия — Алания	0.045	0.038	0.036	0.036	0.036	0.031
Чеченская Республика	0.041	0.035	0.033	0.263	0.202	0.129

Продолжение табл. 4

Регион	\tilde{V}_i^{2010}	\tilde{V}_i^{2011}	\tilde{V}_i^{2012}	TE_i^{2010}	TE_i^{2011}	TE_i^{2012}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ставропольский край	0.048	0.041	0.04	0.013	0.01	0.007
Республика Башкортостан	16.682	20.068	25.166	0.162	0.13	0.107
Республика Марий Эл	0.045	0.038	0.037	0.044	0.036	0.024
Республика Мордовия	6.54	11.903	19.157	0.817	0.725	0.65
Республика Татарстан	47.622	81.455	261.866	0.179	0.173	0.225
Удмуртская Республика	5.887	11.677	35.67	0.262	0.254	0.376
Чувашская Республика	16.388	17.393	22.625	0.69	0.592	0.356
Пермский край	59.635	105.258	150.129	0.295	0.448	0.363
Кировская область	0.694	0.041	0.04	0.086	0.011	0.008
Нижегородская область	356.293	409.947	569.755	0.657	0.596	0.567
Оренбургская область	8.879	3.642	5.336	0.309	0.148	0.141
Пензенская область	16.387	15.005	41.563	0.741	0.467	0.616
Самарская область	102.141	133.777	156.808	0.489	0.507	0.501
Саратовская область	47.392	49.843	94.334	0.712	0.709	0.628
Ульяновская область	6.533	18.636	35.529	0.461	0.741	0.785
Курганская область	0.253	0.04	3.906	0.078	0.018	0.302
Свердловская область	232.885	592.361	1062.763	0.32	0.477	0.522
Тюменская область	44.015	46.814	48.776	0.344	0.275	0.224
Челябинская область	126.056	241.501	432.767	0.701	0.709	0.644
Республика Алтай	0.044	0.039	0.037	0.066	0.024	0.022
Республика Бурятия	7.256	2.658	5.015	0.711	0.265	0.302
Республика Тыва	0.612	0.751	0.561	0.49	0.722	0.513
Республика Хакасия	0.043	0.037	0.035	0.081	0.071	0.045
Алтайский край	5.111	6.852	6.785	0.151	0.136	0.102
Забайкальский край	0.659	0.229	0.035	0.212	0.135	0.041
Красноярский край	33.851	94.745	184.217	0.323	0.55	0.587
Иркутская область	38.744	30.549	130.824	0.486	0.427	0.66
Кемеровская область	18.293	26.684	43.465	0.624	0.629	0.597
Новосибирская область	109.523	261.62	394.804	0.422	0.452	0.405
Омская область	25.345	20.193	33.751	0.54	0.402	0.351
Томская область	10.309	16.298	17.936	0.177	0.206	0.193
Республика Саха (Якутия)	1.825	0.244	1.378	0.199	0.046	0.109
Камчатский край	0.249	0.68	1.376	0.101	0.103	0.11
Приморский край	5.164	13.469	28.742	0.126	0.155	0.18
Хабаровский край	7.001	2.858	1.484	0.187	0.073	0.039
Амурская область	0.045	0.039	0.037	0.036	0.027	0.019
Магаданская область	4.955	9.253	8.047	0.812	0.678	0.801
Сахалинская область	1.119	0.651	2.765	0.467	0.223	0.4
Еврейская автономная область	0.039	0.034	0.032	0.385	0.305	0.14
Чукотский автономный округ	0.035	0.032	0.031	0.597	0.474	0.255

Источник: составлено авторами.

Табл. 5. Характеристики инновационной активности регионов России

№	Название региона	Ранговая оценка эффективности	Группа
1	Санкт-Петербург*	9	базовая
2	Москва*	11	базовая
3	Московская область*	8	базовая
4	Свердловская область*	6	обрабатывающие
5	Нижегородская область*	5	обрабатывающие
6	Челябинская область**	3	обрабатывающие
7	Новосибирская область**	10	базовая
8	Калужская область*	1	обрабатывающие
9	Красноярский край**	4	базовая
10	Иркутская область	2	базовая
11	Самарская область**	7	базовая

Источник: составлено авторами.

В работе [Айвазян, Афанасьев, 2015] предложена агент-ориентированная модель создания новых производственных технологий на основе взаимодействия бизнеса и науки, в которой наряду с другими характеристиками экономики регионов применены оценки эффективности пространства инноваций. Последние представлены в табл. 4 и затем использованы нами в следующем разделе при модификации вычислимой модели общего равновесия с инновационной составляющей.

Региональная CGE-модель с инновационной составляющей

Специалистам известно множество моделей, в которых учитываются факторы научно-технологического развития, в том числе накопление знаний. Они относятся к классу моделей экономического роста и восходят к теориям Адама Смита (Adam Smith), Давида Рикардо (David Ricardo) и Роберта Солоу (Robert Solow) (см., например: [Solow, 1956; Афанасьев, 1988]). С 1990-х гг. в экономической теории получили распространение модели эндогенного научно-технического прогресса (НТП), наиболее известными из которых стали предложенные Полом Ромером (Paul Romer) [Romer, 1990] и Чарльзом Джонсом (Charles Jones) [Jones, 1998]. В них учитываются такие показатели, как знания, полученные в результате реализации ИиР, человеческий капитал и технологии. В модели Ромера скорость НТП обусловлена числом исследователей и производительностью их труда, т. е. с увеличением этих двух показателей растет и скорость НТП, что, вообще говоря, не всегда подтверждается эмпирически. В развивающей концепцию Ромера модели Джонса дополнительно учитывается уровень технологического развития. Обе модели предполагают, что численность ученых и тех, кто производит знания, пропорциональна численности населения страны.

С подробным обзором зарубежных моделей производства знания можно ознакомиться в работах [Варшавский, 1984; 2003; Макаров, 2009].

Не углубляясь в математические тонкости рассмотренных и иных существующих моделей, отметим, что ни одна из них не позволяет оценить мультипликативный эффект изменений в инновационной сфере для остальной экономики. Предлагаемая нами модель, напротив, решает эту задачу, причем как в среднесрочном, так и в долгосрочном периоде. Другая ее отличительная особенность состоит в приложении к моделированию экономики знаний теории вычислимых моделей общего равновесия (*Computable General Equilibrium, CGE*). Насколько нам известно из литературы и общения с коллегами, это первая динамическая модель большой размерности, рассматривающая сектора экономики знаний, или новой экономики, в отдельности и учитывающая их взаимосвязь с экономической системой в целом. Воздействие на последнюю выражается в изменении следующих количественных показателей:

- 1) объема инвестиций, направляемых в организации науки и образования, инновационно активные и иные предприятия и организации;
- 2) ставки НДС, налога на прибыль предприятий и организаций, на имущество, на доходы физических лиц и единого социального налога;
- 3) заработной платы работников сектора науки и образования, инновационных и иных предприятий и организаций России;
- 4) ставок депозитов для предприятий и физических лиц;
- 5) объема социальных трансфертов домохозяйствам (пенсии, пособия и т. д.);
- 6) объема денежной массы в экономике.

Первая версия модели имела общероссийский фокус и не была адаптирована к отдельным регионам страны [Макаров и др., 2009]. Позднее в ней были учтены региональные особенности Республики Башкортостан благодаря усилиям местных ученых Н.З. Солодиловой и Д.Н. Беглова. В дальнейшем в производственные функции экономических агентов был включен рассчитанный для Башкирии показатель эффективности использования общего пространства инноваций при создании производственных технологий TE_i за 2010, 2011 и 2012 гг.

Краткое описание модели

В модель включены семь экономических агентов, первые три из которых являются производителями:

- 1) сектор науки и образования, оказывающий услуги по обучению студентов и производству знаний, — государственные и негосударственные учреждения высшего образования, а также научные организации;
- 2) инновационный сектор как совокупность инновационно активных предприятий и организаций Республики Башкортостан;
- 3) прочие отрасли экономики Республики Башкортостан;
- 4) совокупный потребитель, объединяющий домохозяйства Республики Башкортостан;

- 5) регулирующий орган;
- 6) банковский сектор;
- 7) внешний мир.

Производственные возможности первых трех агентов нашей модели могут быть рассчитаны с помощью модифицированной функции Кобба-Дугласа. Ее значение отражает добавленную стоимость, созданную соответствующим сектором и выраженную в конечном продукте.

$$Y_{i(t)} = A_i^r \cdot \left((K_{i(t-1)} + K_{i(t)}) / 2 \right)^{A_i^k} \times \left[\alpha_i \cdot \left(\frac{\sum_{\lambda=1}^{t-1} D_{i\lambda}^{p1}}{t-1} \right) + \beta_i \cdot \left(\frac{\sum_{\lambda=1}^{t-1} D_{i\lambda}^{p2}}{t-1} \right) + \gamma_i \cdot \left(\frac{\sum_{\lambda=1}^{t-1} D_{i\lambda}^{p3}}{t-1} \right) + \delta_i \cdot TE_i \right] \times \left(D_{i(t)}^{p1} + D_{i(t)}^{p3} \right)^{A_i^l} \cdot e^{-\dots} \quad (5)$$

где:

- $i = 1, 2, 3$ — номер экономического агента;
- A_i^r — коэффициент размерности;
- A_i^k — коэффициент при стоимости основных фондов;
- A_i^l — коэффициент при затратах труда;
- α_i — коэффициент затрат сектора на новые знания, в первую очередь результаты ИиР;
- β_i — коэффициент затрат сектора на образовательные услуги;
- γ_i — коэффициент затрат сектора на инновационные товары;
- δ_i — коэффициент эффективности использования сектором общего пространства инноваций.

Компонентами производственной функции являются: основные фонды (для функции берется среднее значение стоимости на начало ($K_{i(t-1)}$) и конец ($K_{i(t)}$) года); спрос на рабочую силу, оплачиваемую по государственной (P_{3i}) и рыночной (P_{1i}) ценам. Немного сложнее дело обстоит с последним множителем функции, учитывающим влияние затрат сектора на знания, обучение и инновационный продукт на добавленную стоимость. Как видно, формула (1) учитывает спрос на эти факторы производства в предыдущем периоде. Таким образом, если в предыдущий момент времени вложений в эти факторы производства не было, то мы имеем $e^0 = 1$, т. е. отсутствие влияния науки и инноваций на выпуск. Но поскольку вложения (пусть и небольшие) осуществляются ежегодно, производственная функция с этой возрастающей год от года интеллектуальной составляющей положительно влияет на производимый сектором конечный продукт.

Укажем на некоторые отличия функции, используемой в нашей модели, от других — учитывающих НТП. Наибольшее распространение в экономической науке получили функции с экзогенным НТП благодаря достаточно простой процедуре оценки параметров. Причем учет НТП может принимать три различные формы: параметра при труде, при капитале и влияющего на объем производства. В последнем случае, чаще всего встречающемся на практике, НТП представляет собой экспоненциально возрастающую функцию времени с постоянным темпом прироста. Иными словами, динамика параметров НТП здесь является внешней по

отношению к экономической системе, которую они описывают.

Из уравнения (5) видно, что в используемой нами производственной функции, в которой НТП также выступает экспоненциальным множителем, затраты на знания, обучение и инновационный продукт рассматриваются как эндогенные величины. Используемая нами функция относится, таким образом, к классу функций с эндогенным НТП, о которых сказано во введении. Ее принципиальное отличие от других функций, принадлежащих к тому же классу (например, от функции Ромера), состоит в учете капитала и всех затрат на производство знаний.

Существенной модификацией производственной функции по сравнению с ее предыдущей версией является включение в уравнение (5) показателя эффективности использования общего пространства инноваций TE_i для рассматриваемого субъекта. Этот показатель характеризует «тесноту взаимодействия науки и бизнеса» в регионе, т. е., по сути, поддерживаемые правительством институциональные условия развития региональной инновационной системы. Тем самым модель учитывает не только затраты секторов на инновации, образовательные услуги и новые знания, но и влияние сложившихся в экономике институтов.

На рис. 4 представлена концептуальная схема, отражающая работу модели в общем виде.

I. Сектор науки и образования (*экономический агент 1*) предоставляет услуги, потребителей которых можно объединить в три группы:

1) инновационный сектор (преимущественно выполнение ИиР) и другие сектора экономики, а также *экономический агент 5*. Согласно классификации Системы национальных счетов (СНС), речь идет об услугах нерыночной науки, потребителем которых выступает также сам сектор. Данному набору услуг в модели соответствует переменная S_{1z}^{p1} ;

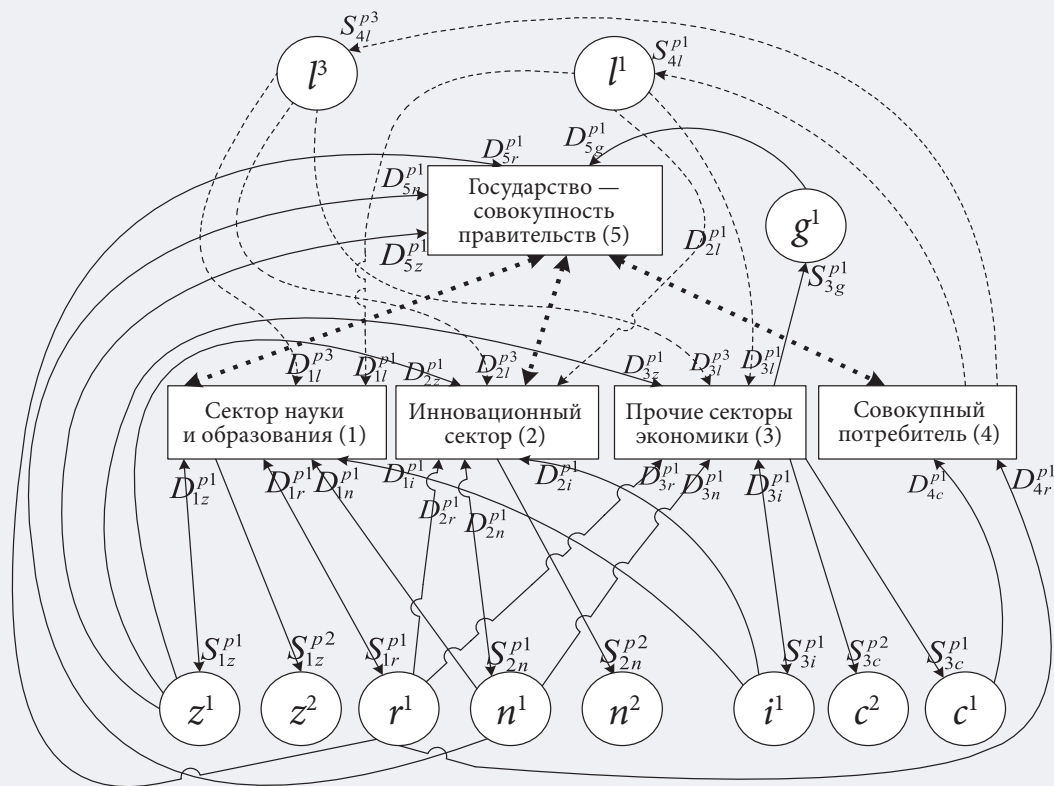
2) *экономический агент 5* (услуги бесплатного образования, по методологии СНС), платные образовательные услуги для инновационного сектора, других секторов экономики и домохозяйств. Частично их потребителем выступает сам сектор. В модели этому набору услуг соответствует переменная S_{1r}^{p1} ;

3) услуги для внешнего мира — выполнение работ по научным грантам: S_{1z}^{p2} .

II. Инновационный сектор (*экономический агент 2*) производит продукцию, реализуемую по двум основным направлениям:

1) внутренний рынок. Речь идет о конечной продукции, в которой использованы технологические и иные инновации. По методологии Росстата этот показатель рассчитывается на основе отгруженной инновационной продукции. Потребителями последней выступают все производящие сектора (в том числе сам инновационный) по линии затрат на ИиР и технологические инновации, а также *экономический агент 5* — по линии государственного финансирования инновационной деятельности. В модели этой группе товаров соответствует переменная S_{2n}^{p1} ;

Рис. 4. Концептуальная схема работы CGE-модели с инновационным сектором



Графические обозначения:

- — экономический агент;
- — рынок, на котором соответствующий товар распространяется между рассматриваемыми в модели экономическими агентами;
- ○ — агент, предлагающий товар на рынке;
- → — агент, приобретающий товар;
- ⋯→ — действия агентов, связанные со спросом и предложением рабочей силы;
- ⋯→ — налоговые платежи и субсидии.

Обозначения параметров:

- c^1 — рынок конечных товаров для домохозяйств;
- c^2 — рынок конечных товаров, распространяемых за пределами региона;
- g^1 — рынок конечных товаров для экономического агента 5;
- l^1 — рынок рабочей силы, оплачиваемой предприятиями частной формы собственности;
- l^3 — рынок рабочей силы, оплачиваемой из государственного бюджета;
- n^1 — рынок инновационных товаров;
- n^2 — рынок инновационных товаров, распространяемых за пределами региона;
- z^1 — рынок знаний;
- z^2 — рынок знаний, распространяемых за пределами региона;
- r^1 — рынок образовательных услуг.

Источник: составлено авторами.

2) внешний мир: S_{2n}^{p2} .

III. Прочие отрасли экономики (*экономический агент 3*) производят продукты следующих типов, рас-
пределяемых по трем направлениям:

1) конечные продукты для домохозяйств (S_{3c}^{p1}) — товары текущего потребления (продукты питания и т. д.), товары длительного пользования (бытовая техника, автомобили и т. д.), а также услуги;

2) конечные продукты для *экономического агента 5* (S_{3g}^{p1}), включая:

а) конечные продукты для государственных учреждений (по методологии СНС — расходы государственных учреждений на приобретение конечной продукции), в том числе:

- бесплатные услуги для населения, оказываемые организациями здравоохранения, культуры (не образования, поскольку их предоставляет *экономический агент 1*);
- услуги, удовлетворяющие потребности общества в целом, т. е. госуправление, правопорядок, национальная оборона, фундаментальная наука, жилищно-коммунальное хозяйство и т. д.;

б) конечные продукты для некоммерческих организаций, обслуживающих домохозяйства, — бесплатные социальные услуги;

3) инвестиционные товары — по линии затрат на улучшение произведенных и произведенных материальных активов, т. е. на основной капитал (S_{3i}^{p1}). В соответствии с методологией СНС этот вид товара определяется как сумма валового накопления основного капитала и изменения запасов материальных оборотных средств «минус» стоимость приобретенных новых и существующих основных фондов (за вычетом выбытия).

Для производства товаров и услуг *агенты-производители 1–3* приобретают факторы производства:

1) рабочую силу (по государственным и рыночным ценам): D_{1l}^{p3} , D_{1l}^{p1} , D_{2l}^{p3} , D_{2l}^{p1} , D_{3l}^{p3} и D_{3l}^{p1} ;

2) инвестиционные товары: D_{1i}^{p1} , D_{2i}^{p1} и D_{3i}^{p1} ;

3) инновационные товары: D_{1n}^{p1} , D_{2n}^{p1} и D_{3n}^{p1} ;

4) услуги по предоставлению знаний (например, ИиР): D_{1z}^{p1} , D_{2z}^{p1} и D_{3z}^{p1} ;

5) образовательные услуги (обучение на коммерческой основе): D_{1r}^{p1} , D_{2r}^{p1} и D_{3r}^{p1} .

IV. Совокупный потребитель (*экономический агент 4*) приобретает конечные товары, производимые прочими отраслями экономики: D_{4c}^{p1} . Домохозяйства также пользуются платными образовательными услугами (D_{4r}^{p1}), а сектор формирует предложение рабочей силы для частных (S_{4l}^{p1}) и государственных предприятий (S_{4i}^{p3}).

V. *Экономический агент 5* устанавливает налоговые ставки, определяет объем бюджетного субсидирования производителей и социальных трансфертов, а также приобретает конечные товары (D_{5g}^{p1}), произведенные прочими отраслями экономики. Помимо этого, как от-

мечалось выше, *экономический агент 5* предъявляет спрос на инновационные товары (D_{5n}^{p1}), услуги нерыночной науки (D_{5z}^{p1}) и бесплатного образования (D_{5r}^{p1}).

VI. Банковский сектор устанавливает процентные ставки по депозитам.

При итеративном пересчете модели совокупный спрос и предложение на рынке каждого товара и услуги уравниваются в силу двух различных механизмов, изменяемых в зависимости от способа ценообразования. Следует отметить, что в большинстве случаев ориентирами при установлении цен служат их индексы относительно базового периода. В случае государственной цены на товар или услугу равновесие достигается за счет изменения доли бюджета, а в случае легального либо теневого рынка — изменения самой цены.

Подсчитаем количество рынков в нашей модели: конечные товары для домохозяйств, конечные товары для *экономического агента 5*, инвестиционные и инновационные товары, услуги в области образования и предоставления знаний представлены на шести внутренних рынках. Помимо этого, в модели рассматриваются три внешних рынка: инновационных товаров (n^2), знаний (z^2) и иных экспортных товаров (c^2). Таким образом, мы имеем девять товарных рынков и два рынка рабочей силы.

Результаты расчетов

В рамках исследования мы рассмотрели четыре варианта изменения финансирования инновационной деятельности, а также сферы науки и образования:

1. Увеличение финансирования инновационной деятельности, науки и образования на 30% по сравнению с имеющимся уровнем за счет пропорционального снижения расходов на другие сектора экономики.

2. Снижение финансирования инновационной деятельности, науки и образования на 30% по сравнению с имеющимся уровнем и пропорциональное увеличение расходов на другие сектора экономики.

3. Снижение совокупного налогообложения инновационно активных предприятий, а также организаций науки и образования на 30% по сравнению с имеющимся уровнем, т. е. сокращение суммы собираемых налогов на 30% и сохранение этих средств на счетах предприятий.

4. Одновременное увеличение финансирования инновационной деятельности, науки и образования на 30% от имеющегося уровня и снижение совокупного налогообложения инновационно активных предприятий, организаций науки и образования на те же 30%.

Расчеты с использованием модели показали, что в долгосрочном периоде вложения в инновационную сферу дают дополнительный рост в сравнении с аналогичным объемом инвестиций в иные сектора экономики. То же справедливо и для налоговых преференций наукоемким предприятиям. В табл. 6 приведены результаты расчетов для четырех вариантов⁴.

⁴ Более подробно результаты описаны в отчете о научно-исследовательской работе по ГНТП РБ по теме «Разработка долгосрочного прогноза научно-технического развития Республики Башкортостан».

Табл. 6. Изменение среднегодовых темпов роста валового регионального продукта до 2030 г. (в п.п. к базовому сценарию)

Вариант 1	+0.684
Вариант 2	-0.124
Вариант 3	+0.316
Вариант 4	+1.112
<i>Источник: составлено авторами.</i>	

Предложенную в исследовании методологию построения CGE-моделей, в рамках которых рассматривается инновационная составляющая экономической системы, по нашему мнению, можно распространить и на другие субъекты РФ.

Выводы

Используемый в работе подход к изучению условий формирования экономики знаний в регионах России фокусируется на важном ресурсе производства инноваций — совокупности потенциальных связей между организациями, выполняющими ИиР, и инновационно активными предприятиями. Высокая потенциальная значимость этого ресурса обусловлена тем, что его эффективная реализация прямо отражается на росте инновационной активности регионов и развитии экономики на макро- и мезоуровнях.

Число созданных регионами новых производственных технологий пропорционально размеру общего пространства инноваций, который определяется количеством потенциальных связей между организациями, выполняющими ИиР, и инновационно активными предприятиями региона. Результаты исследования не противоречат нашей гипотезе.

В период с 2010 по 2012 г. доля пространства инноваций, используемая инновационно активными регионами при создании новых технологий, увеличивалась. Для каждого года этого периода получены оценки размера общего пространства инноваций, используемого регионами РФ при создании новых производственных технологий.

Важную роль в стимулировании взаимодействия государства, бизнеса и научно-образовательного сообщества и развитии РИС играют региональные органы

власти. Их влияние может выражаться как в расширении общего пространства инноваций региона, так и в повышении эффективности его использования при создании инноваций конкретного типа.

Разработана CGE-модель, в рамках которой рассматривается инновационная составляющая экономики региона (на примере Республики Башкортостан), позволяющая количественно оценить последствия различных сценариев повышения эффективности социально-экономической системы. Методологию построения CGE-моделей с учетом НТП, по нашему мнению, можно распространить и на другие субъекты РФ.

В долгосрочном периоде вложения в инновационную сферу порождают дополнительный рост в сравнении с аналогичным объемом инвестиций в иные сектора экономики. Тот же эффект дают налоговые преференции для наукоемких предприятий. На первый взгляд, возврат на инвестиции в инновационный сектор не столь велик, как можно ожидать. Вместе с тем, поддержка высокотехнологичных секторов, пусть и не обеспечивающая быстрой отдачи, позволяет сохранить имеющийся научно-технический потенциал, который впоследствии может послужить основой для диверсификации экономики региона. Отметим, что созданная модель позволила оценить лишь общий эффект от описанных сценариев для всей экономической системы, тогда как анализ отдельных секторов помог бы получить более качественные данные. Однако дезагрегирование модели по секторам требует данных межотраслевого баланса, в настоящий момент недоступных. Тем не менее еще раз подчеркнем, что поддержка науки и образования, а также инновационной сферы должна быть одним из приоритетов развития регионов, как это и доказывают наши расчеты.

В производственную функцию агентов CGE-модели включен показатель эффективности использования общего пространства инноваций для рассматриваемого субъекта РФ. Это позволило придать модели большую реалистичность за счет отображения институциональной среды функционирования рассматриваемых агентов.

Положенные в основу статьи данные были получены в ходе исследования, выполненного в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации.

Библиография

- АИРР (2015) Рейтинг инновационных регионов. М.: Ассоциация инновационных регионов России.
- Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю. (2015) Моделирование производственного потенциала на основе концепции стохастической границы. Методология, результаты эмпирического анализа. М.: Красанд.
- Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А. (2016) Модели производственного потенциала и оценки технологической эффективности регионов РФ с учетом структуры производства // Экономика и математические методы. № 1. С. 28–44.
- Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Руденко В.А. (2012) Некоторые вопросы спецификации трехфакторных моделей производственного потенциала компании, учитывающих интеллектуальный капитал // Прикладная эконометрика. № 3 (27). С. 36–69.
- Аналитический центр (2014) Ежегодный мониторинг средств, выделенных из федерального бюджета на финансирование НИОКР. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации.
- Афанасьев В.С. (1988) Глава 2. Давид Рикардо // Всемирная история экономической мысли (в 6 томах) / Гл. ред. В.Н. Черковец. Т. II. От Смита и Рикардо до Маркса и Энгельса. М.: Мысль.

- Гибсон Д., Батлер Д. (2013) Исследовательские университеты в структуре региональной инновационной системы: опыт Остина, штат Техас // Форсайт. Т. 7. № 2. С. 42–57.
- Варшавский А.Е. (1984) Научно-технический прогресс в моделях экономического развития. М.: Финансы и статистика.
- Варшавский А.Е. (2003) Развитие экономики знаний и необходимость обеспечения преемственности в экономической науке России // Прогнозирование темпов и факторов экономического роста / Сост. А.В. Суворов. М.: МАКС Пресс. С. 222–285.
- Варшавский А.Е. (2016) О Национальном докладе об инновациях в России 2015 // Инновации. № 2. С. 8–14.
- Голиченко О.Г., Балычева Ю.Е. (2012) Типичные модели инновационного поведения предприятий // Инновации. № 2. С. 19–28.
- Ефимова И.Н. (2012) Научно-инновационный кластер как основа модернизации региональной системы образования, политики, экономики и бизнеса // Alma mater. № 6. С. 15–18.
- Иванов Д.С., Кузык М.Г., Симачев Ю.В. (2012) Стимулирование инновационной деятельности российских производственных компаний: возможности и ограничения // Форсайт. Т. 6. № 2. С. 18–42.
- Клейнер Г.Б., Мишуков С.С. (ред.) (2011) Инновационное развитие региона: потенциал, институты, механизмы. Иваново: Ивановский государственный университет.
- Лапаев С.П. (2012) Методологические основы инновационного развития региона. Оренбург: ООО НПК «Университет».
- Макаров В.Л. (2009) Обзор математических моделей экономики с инновациями // Экономика и математические методы. № 1. С. 3–14.
- Макаров В.Л. (ред.) (2010) Горизонты инновационной экономики в России. Право, институты, модели. М.: ЛЕНАД.
- Макаров В.Л., Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Бахтизин А.Р., Нанавян А.М. (2014) Оценка эффективности регионов РФ с учетом интеллектуального капитала, характеристик готовности к инновациям, уровня благосостояния и качества жизни населения // Экономика региона. № 4. С. 9–30.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. (2009) Вычислимая модель экономики знаний // Экономика и математические методы. № 1. С. 70–83.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. (2007) Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт.
- Маковеева В.В. (2012) Сетевое взаимодействие — ключевой фактор развития интеграции образования, науки и бизнеса // Вестник Томского государственного университета, № 354. С. 163–166.
- Михеева Н.Н. (2014) Сравнительный анализ инновационных систем российских регионов // Пространственная экономика. № 4. С. 61–81.
- МЭР, РВК (2015) Национальный доклад об инновациях в России. М.: Министерство экономического развития, Российская венчурная компания.
- Полтерович В.М. (2010) Стратегия модернизации российской экономики. М.: Алетей.
- РВК (2013) Открытый экспертно-аналитический отчет о ходе реализации «Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года». М.: Российская венчурная компания.
- Романенко К.Р., Козлов Д.В., Лешуков О.В., Лисюткин М.А., Платонова Д.П., Семенов Д.С. (2015) Уроки международного опыта слияний университетов // Серия «Современная аналитика образования». Вып. 2. М.: НИУ ВШЭ. С. 1–24.
- Росстат (2013а) Инновационная активность организаций: Регионы России. Социально-экономические показатели. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-15.htm, дата обращения 24.01.2015.
- Росстат (2013б) Организации, выполняющие научные исследования. Регионы России. Социально-экономические показатели. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-15.htm, дата обращения: 08.06.2015.
- Росстат (2013с) Разработанные новые технологии. Регионы России. Социально-экономические показатели. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/21-13, дата обращения 08.06.2015.
- Росстат (2013д) Число предприятий региона. Регионы России. Социально-экономические показатели. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_14p/IssWWW.exe/Stg/d02/12-01.htm, дата обращения 08.06.2015.
- Росстат (2015) Внутренние затраты на исследования и разработки // Россия в цифрах. М.: Федеральная служба статистики. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1135075100641, дата обращения 24.02.2016.
- Румянцев А.А. (2013) Основные свойства и проблемные поля научно-инновационного пространства региона // Пространственная экономика. № 2. С. 103–118.
- Симачев Ю.В. (2012) Партнерство бизнеса и науки в инновационной сфере // Атомная стратегия XXI века. № 6. С. 8–10.
- Щепина И.Н. (2011) Устойчивость инновационного поведения российских регионов // Инновации. № 6 (152). С. 78–84.
- Эксперт-РА (2012) Инновационная активность крупного бизнеса. Режим доступа: <http://www.raexpert.ru/researches/expert-inno/part/>, дата обращения 18.03.2015.
- Battese C. (1988) Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data // Journal of Econometrics. Vol. 38. P. 387–399.
- Etzkowitz G. (2008) Triple Helix. University–Industry–Government. Innovation in Action. New York, London: Routledge.
- Freeman C. (2011) Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. London: Pinter.
- Jones C. (1998) Introduction to Economic Growth. New York: W.W. Norton & Company.
- Kumbhakar S., Lovell K. (2004) Stochastic Frontier Analysis. Cambridge: Cambridge University Publishers.
- OECD (2010) Science Technology and Industry Outlook. Paris: OECD.
- OECD (2014) Education at a glance. Country note: The Russian Federation. Paris: OECD.
- Romer P. (1990) Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. Vol. 985. № 2. P. 71–102.
- Solow R.M. (1956) A Contribution to the Theory of Economic Growth // Quarterly Journal of Economics. № 70. P. 65–94.
- World Bank (2013) High-technology exports (% of manufactured exports). Режим доступа: <http://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.MF.ZS>, дата обращения 08.06.2015.