

УДК 332.14 + 330.42 + 330.43

JEL O31, O33, O38

DOI 10.25205/2542-0429-2017-17-4-5-21

М. А. Канева^{1,2}, Г. А. Унтура^{1,3}

¹ *Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН
пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия*

² *Институт экономической политики им. Е. Т. Гайдара
Газетный переулок, 3-5, Москва, 125993, Россия*

³ *Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет
ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия*

mkaneva@gmail.com, galina.untura@gmail.com

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕОРИЙ И ЭМПИРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ (ЧАСТЬ 1) *

Представлена первая часть аналитического обзора существующих теоретических моделей взаимосвязи экономического роста / ВРП и показателей развития науки и инновационной деятельности, а также эмпирических работ по проверке выдвигаемых теоретических положений. Целью работы является систематизация существующих подходов к моделированию экономического роста, стимулируемого наукой и инновациями. Новизной настоящего обзора является использование критерия взаимосвязанности теоретических и прикладных работ в авторской систематизации достаточного широкого круга публикаций, которая представлена авторами в итоговой таблице. В первой части работы показана эволюция теоретических подходов, а во второй части выявлен временной разрыв между теориями и их эмпирической проверкой, обусловленный степенью развития количественного инструментария, в первую очередь эконометрических методов. Результаты работы могут использоваться исследователями, аспирантами для ознакомления с существующими научными направлениями, в которых прослеживается движение от теории к эмпирической проверке взаимосвязи «экономический рост – инновации», для совершенствования разного типа моделей пространственной эконометрики. В целях прикладного использования моделей в практике управления представлен обзор может быть дополнен новыми критериями классификации производственных функций знаний и других теорий о влиянии науки и инноваций на экономический рост.

Ключевые слова: экономический рост, регион, инновационная деятельность, ВРП, перетоки знаний, экономическая теория.

Введение

Начиная с 1940-х гг. появляются первые исследования о влиянии инновационной деятельности на экономическое развитие стран и регионов. Настоящая статья, по мнению авто-

* Статья выполнена в рамках гранта РФФИ № 17-02-00060 «Оценка влияния факторов инновационного развития на экономический рост регионов России».

М. А. Канева – ORCID ID – <https://orcid.org/0000-0002-9540-2592>

Г. А. Унтура – ORCID ID – <https://orcid.org/0000-0002-0987-3137>

ров, призвана помочь исследователям расширить спектр имеющихся на данный момент публикаций и отдельных обзоров, представленных в основном зарубежными авторами, касающихся теорий и эмпирических оценок влияния науки и инноваций на региональный экономический рост.

Целью работы является систематизация существующих подходов к моделированию экономического роста, стимулируемого наукой и инновациями, и хронология сочетания теоретических и прикладных работ. В статье сначала будут представлены теоретические модели роста, а затем эмпирические работы, посвященные подтверждению теоретических концепций. Что касается теоретических моделей, то авторы постарались наиболее полно учесть все опубликованные подходы и концепции, а также имеющиеся обзоры по более узким темам [1–3]. Применительно к эмпирическим работам обзор не претендует на полноту и исключительность, наоборот, даются лишь некоторые примеры по тестированию взаимосвязи между региональным ростом и инновационной деятельностью. Новизной обзора является авторская систематизация широкого круга публикаций по критериям: взаимосвязанность теоретических и прикладных работ, которая представлена авторами в таблице, и хронология появления работ в той или иной тематической области, связанной с влиянием затрат на инновации, перетоков знаний – на экономический рост регионов (во 2-й части статьи).

Результаты обзора могут использоваться исследователями для ознакомления с теориями взаимосвязи экономического роста и инновационной активности с учетом предшествующего опыта применения эконометрических методов и проведения эмпирического анализа.

Теории взаимосвязи экономического роста, науки и инноваций

Экономический рост стран и отдельных регионов (или, наоборот, его отсутствие) являются индикатором степени развития территории. В данной работе под экономическим ростом мы понимаем увеличение объемов производства и национального (регионального) дохода, на который влияет как состояние национальной инновационной системы, так и межстрановой обмен знаниями и технологиями. На региональном уровне это влияние дополняется перетоками результатов НИОКР и технологических инноваций между административными регионами внутри страны [4]. В обзоре будут учтены эти особенности.

Впервые многофакторная модель экономического роста на национальном уровне была предложена Робертом Р. Солоу в 1957 г. [5]. *Модель Солоу* является неоклассической и основывается на критическом анализе кейнсианской модели Харрода – Домара [6–7], в которой экономический рост маловероятен, поскольку условием его выполнения является одновременный рост в одинаковом темпе трех экзогенных (внешних) переменных модели: население; инвестиции и отношение сбережений; коэффициент капитала. В модели Солоу задается производственная функция по типу функции Кобба – Дугласа:

$$Y = F(A, L, K),$$

где L – труд, K – капитал, а A – трудосберегающий технический прогресс.

Предположениями модели Солоу являются взаимозаменяемость ресурсов, постоянная отдача от масштаба, убывающая предельная производительность капитала, постоянная норма выбытия, отсутствие инвестиционных лагов [8]. Модель Солоу показывает, что состояние устойчивого равновесия экономики определяется как

$$sf(k') = (d + n + g)k',$$

где n – темп роста населения, g – темп трудосберегающего технологического прогресса, d – норма выбытия, а k' – количество капитала в расчете на единицу труда с постоянной эффективностью ($k' = K/(L \cdot E)$). При этом технологический прогресс является единственным условием непрерывного роста выпуска в расчете на одного занятого Y/L .

Поскольку экономический рост совместим с разными нормами сбережения, в модели возникает задача поиска оптимальной нормы сбережения. Это такая норма сбережения s , при которой потребление с максимизируется. Этот уровень сбережений соответствует «золотому правилу накопления» при котором норма сбережения обеспечивает экономический рост с максимальным уровнем потребления. При этом выполняется условие «предельный продукт

равен норме выбытия» ($MPK = d$), а с учетом роста населения (темп n) и технологического прогресса (темп g) выражение принимает вид

$$MPK = d + n + g.$$

В модели Солоу также постулируется, что если экономики однородны, имеют равные нормы сбережения и отличаются лишь исходным уровнем дохода, то их траектория равновесного роста будет одной и той же, а их индивидуальные траектории будут сходиться к общей равновесной траектории. При этом душевые доходы в бедных экономиках будут расти быстрее, чем в богатых. Такая динамика называется абсолютной β -конвергенцией. Если же экономики неоднородны, то каждая из них имеет собственную траекторию равновесного роста, к которой сходится ее траектория роста. Такая ситуация называется условной β -конвергенцией.

Единственный фактор, которым удастся объяснить как рост, так и различия в доходах в модели Солоу, – это технический прогресс A . Однако в модели технический прогресс задается извне, а модель не объясняет его, а рассматривает как данное. Таким образом, модель Солоу является экзогенной теорией экономического роста. Мерилом технического прогресса, долгосрочных технических изменений и технологической динамики является так называемый «остаток Солоу» – прирост выпуска, который при постоянной отдаче от масштаба не может быть объяснен приростом труда и капитала.

Все последующие модели экономического роста, созданные после модели Солоу, являлись эндогенными, поскольку предполагали, что экономический рост сам по себе создает предпосылки к техническому прогрессу. Таким образом, научно-технический прогресс больше не являлся заданным извне, а определялся во внутренней структуре созданных моделей.

Самой простой моделью эндогенного роста является AK -модель и ее модификации. В AK -модели производственная функция линейно зависит от капитала и имеет вид

$$Y = AK.$$

Капитал в модели рассматривается как совокупность человеческого и физического капитала, поэтому в ней отсутствует переменная L . Модель AK связывают с работами С. Ребело [9].

В этой модели A описывает уровень технологии и является константой. Как видно из записи модели предельный продукт капитала (MPK) равен среднему продукту капитала (APK). В модели также предполагается отсутствие убывающей отдачи от капитала; n – по-прежнему означает темп роста населения.

Основное уравнение в модели AK записывается как

$$\dot{k}(t) = sf(k) - nk,$$

$k = (K/L)$, и дифференцирование данного уравнение позволяет определить темп прироста капиталовооруженности в устойчивом состоянии:

$$\dot{k} = sA - n.$$

В модели AK предполагается, что экономика всегда (в отличие от модели Солоу) находится на траектории сбалансированного развития, и рост в отсутствие убывающей отдачи от капитала может продолжаться бесконечно [9; 10]. Модель имеет множество модификаций, каждая из которых объясняет постоянную отдачу от капитала по-своему, – например, через общественные блага, обучение в процессе деятельности (learning by doing), НИОКР.

Основой теории эндогенного роста являются модели П. Ромера (1986) [11] и Р. Лукаса (1988) [12], которые содержали свои аргументы и причины неубывающей отдачи от капитала.

Модель Ромера (1986) развивает модель Эрроу (1962) [13], в которой была сформулирована производственная функция следующего вида:

$$Y_i = A(K)F(K_i, L_i),$$

где i – индекс фирмы.

В этой модели уровень технологического развития зависит от общего запаса капитала в экономике. Производственная функция в модели Ромера записана следующим образом:

$$Y_i = A(R)F(R_i, K_i, L_i),$$

где R_i – результаты НИОКР частной компании i [14].

Источниками роста в модели являются знания и обучение на собственном опыте, именно эти факторы лежат в основе неубывающей отдачи от капитала. Компания, увеличивая объемы собственного капитала, учится производить более эффективно. Обучение на собственном опыте происходит за счет инвестиций компании. В модели также предполагается, что знания каждой фирмы являются общественным благом, доступ к которому без каких-либо затрат может иметь каждая фирма.

Модель Лукаса (1988), или *модель Узавы – Лукаса* [12; 15], основана на вложениях в человеческий капитал. Производственная функция модели включает параметр H – общий уровень человеческого капитала в экономике:

$$Y_i = A(H)F(K_i, L_i).$$

Модель разделяет физический и человеческий капитал, каждый из них производится по собственной технологии. Производство человеческого капитала происходит в секторе образования. Особенность модели Узавы – Лукаса – это выделение двух путей влияния человеческого капитала на экономический рост: непосредственный рост эффективности производства как следствие повышения квалификации работников и экстерналии. Последние характеризуются неким средним значением человеческого капитала в экономике в целом.

Равновесный темп роста экономики определяется в модели следующими параметрами:

- производственная функция сектора образования;
- индивидуальная ставка дисконта;
- параметр функции полезности репрезентативного потребителя.

Модель Узавы – Лукаса была в 2013 г. модифицирована Д. Неустроевым в части включения в модель природных ресурсов как фактора, влияющего на рост ВВП [16].

Описанные выше модели представляют убедительное объяснение эндогенного роста на основе вложения в капитал в широком смысле. Однако, по мнению Д. Гроссмана и Э. Хелпмана, указывая на источники роста, они не могут объяснить механизм, которым являются инновации. *Модель Гроссмана и Хелпмана* [17] стала первой моделью эндогенного роста, связывающей технологический прогресс с инновационной деятельностью и инновациями¹.

Модель Гроссмана и Хелпмана восходит к труду Й. Шумпетера [18], в котором он ввел понятие «инновация», а также заложил основы теории созидательного разрушения (creative destruction), основанной на инновационной деятельности предпринимателей. Новые технологии создаются исследователями, но внедрением их в производство занимаются предприниматели. Инновация по Шумпетеру – это новая комбинация производственных факторов, мотивированная предпринимательским духом, или, переформулировав, это коммерциализированное новшество (новация). Инновации обеспечивают экономический рост. Главным стимулом к созданию инновации является монопольная прибыль, т. е. Шумпетер (как и впоследствии Гроссман и Хелпман) отходит от модели совершенной конкуренции. Создавая новую технологию, предприниматель отнимает монопольную власть и разрушает прибыльный бизнес предшественника. Таким образом, у Шумпетера технический прогресс – это процесс «созидательного разрушения».

Модель Гроссмана и Хелпмана [17] относится к моделям созидательного разрушения. В качестве производственной функции авторы, как и в предыдущих исследованиях по эндогенному росту, используют функцию Кобба – Дугласа. Однако вместо традиционных факторов L и K Гроссман и Хелпман предполагают, что в производстве продукта используются ресурсы в виде промежуточных продуктов, каждый из которых имеет градацию на «лестнице качества» (quality ladder). Таким образом, авторы предлагают трехсекторную модель эндогенного роста (сфера НИОКР, производство промежуточных и конечных товаров).

Технологические преимущества в модели представлены либо как улучшение качества существующих товаров (как промежуточных, так и конечных), либо как открытие новых типов продуктов. Это технологическое преимущество требует специальной исследовательской дея-

¹ В данной работе авторы пользуются классическим определением инноваций Фраскати, в котором «инновация определяется как конечный результат инновационной деятельности, получившей воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, либо в новом подходе к социальным услугам» [19].

тельности, вознаграждением за которую является монопольная рента от производственных инноваций через патентную защиту. Экономический рост в модели поддерживается, если не происходит убывающей отдачи, т. е. отдача от новых исследований не сокращается по отношению к затратам на новые исследования.

Еще одной моделью эндогенного роста, в которой экономический рост связывается с инновациями, является модель Ф. Агийона и П. Хоувитта 1992 г. [20]. Она является вариантом формализации теории созидательного разрушения. Так же, как модель Гроссмана и Хелпмана, эта модель предполагает трехсекторную экономику, производство промежуточных продуктов и осуществление технологических нововведений исследовательским сектором. При этом постулируется, что продолжительность периода между двумя исследовательскими нововведениями является случайной величиной ввиду стохастического характера инновационной деятельности. Процесс появления успешных инноваций является случайным и задается в модели с помощью распределения Пуассона. Основной мотивацией к исследовательской деятельности в модели Агийона и Хоувитта, согласно «созидательному разрушению», является монополистическая прибыль, получаемая успешным инноватором, которая сохраняется до тех пор, пока успешный конкурент не внедряет более совершенную разработку.

В модель вводится предположение относительно рабочей силы разной категории:

- 1) неквалифицированная рабочая сила (M), использование которой возможно только для производства товаров конечного потребления;
- 2) квалифицированная рабочая сила (N), которая может использоваться как в процессе проведения НИОКР, так и при производстве промежуточных товаров;
- 3) специалисты R , занятые только в сфере НИОКР.

В модели авторы рассчитывают AGR – средний темп роста экономики, VGR – дисперсию среднего темпа роста, n^* – долю квалифицированной рабочей силы, связанную с производством промежуточных товаров и заработной платой с учетом производительности ω . Увеличение потока инноваций, масштаба влияния инноваций на экономику и доли квалифицированной рабочей силы n^* , связанной с производством промежуточных товаров, ведет на равновесной траектории к увеличению среднего темпа роста экономики.

Новизна и оригинальность модели Агийона и Хоувитта заключается в *возможности включить случайный процесс в модель экономического роста* на основе инноваций. В модели также вводится предположение, которое получило широкое распространения в теориях инноваций, описанных ниже. Это предположение *о перетоке знаний* (knowledge spillover), т. е. о том, что результаты появления новой технологий доступны всем фирмам и исследователям, и любой может использовать эти результаты для создания более совершенной технологии.

Модели эндогенного и экзогенного роста относятся к макроэкономике и используют как макроэкономические, так и микроэкономические² тождества и закономерности. Однако существует ряд теорий о взаимосвязи между инновациями и экономическим ростом, которые были разработаны в смежных отраслях науки (например, экономическая география) или же относятся к экономической науке, но носят более описательный характер. Среди подобных моделей выделим три основных.

Линейная модель инноваций, также известная как «традиционная модель фазового затвора» (traditional phase-gate model) является наиболее ранней моделью, объясняющей стадии инновационного процесса от появления изобретения до распространения инноваций [21–22]. В модели постулируется, что инновационный процесс является линейным и разделенным на обособленные стадии. При этом приоритет отдается затратам на НИОКР, поскольку именно исследовательская деятельность запускает инновационный процесс. Различают две версии модели: модели технологического толчка или рывка (technology push) и модели стимулирования спроса (demand pull).

² В моделях роста широко используются микроэкономические закономерности (например, равенство заработной платы предельному продукту труда).

В 1950–1960-е гг. была распространена линейная теория инноваций технологического толчка. Р. Ротвелл называет этот период «инновационным процессом первого поколения» [23]. В этот период в Европе и США правительства в большом объеме финансировали НИОКР в университетах и государственных научных институтах. При этом процесс коммерциализации нововведений рассматривался как линейный процесс, состоящий из следующих этапов: *фундаментальные исследования – опытно-конструкторские разработки и дизайн – производство – маркетинг – продажи*.

В теории технологического толчка не уделялось особого внимания роли спроса и рынка и их влияния на инновационный процесс. Концепция линейных инноваций изменилась в 1960–1970-х гг., в течение «инновационного процесса второго поколения» [23], когда крупным компаниям-производителям, в том числе инновационным, пришлось бороться за долю рынка. Стадии модели стимулирования спроса были следующими: *потребности рынка – НИОКР – производство – продажи*.

К концу 1970-х гг. стало понятно, что линейная теория инноваций не вполне адекватно описывает инновационный процесс, поскольку не учитывает взаимодействие между участниками инновационной деятельности.

Системный подход к инновациям, или теория инновационных систем. Теория инновационных систем как часть институциональной экономики зародилась в середине 1980-х гг. и являлась альтернативной неоклассическому подходу экзогенного и эндогенного роста. По мнению основателей теории инновационных систем К. Фримена [24] и Б.-А. Лундвалла [25], неоклассическая экономика неадекватно трактовала технологический прогресс, не в полной мере учитывая влияние инноваций в экономике. Основой теории инновационных систем послужили работы Й. Шумпетера [18] о технологическом прогрессе и инновациях.

Согласно теории инновационных систем *эффективность внедрения новых технологий и скорость распространения инноваций зависят от комбинации институтов и участников инновационного процесса* (предприятий, университетов, НИИ), названной Б.-А. Лундваллом «инновационной системой» [25]. Уникальность комбинаций в различных странах позволяет говорить о «национальных инновационных системах» [24]. Участники инновационного процесса – научные институты, университеты, правительства, предприятия, потребители, при этом за каждым участником закреплена определенная роль (функция), а результат зависит от их взаимодействия. В настоящее время «концепция национальной инновационной системы (НИС) охватывает все основные составляющие инновационного процесса, включая организационные, социальные, политические и экономические факторы» [26. С. 35]. Полезность знаний в НИС состоит в том, чтобы обеспечить содействие инновационной деятельности, повышая ее эффективность [27]³.

В каждой национальной инновационной системе отчетливо прослеживаются территориальные различия в результативности инновационной деятельности. Эти различия характерны не только для государств с федеративным устройством, они также являются атрибутом стран с централизованной формой правления. Страны «с достаточно однородными темпами инновационной деятельности могут скрывать серьезные различия на местном или региональном уровне» [28. Р. 69]. Стремление исследователей изучить влияние различных факторов (производственного, кадрового и ресурсного потенциалов, экономической политики, институциональной среды) на инновационную деятельность и локализацию инновационных процессов внутри территорий привело в конце 1990-х – начале 2000-х гг. к созданию таких теоретических концепций, как «обучающийся регион» («learning region») [29–30], «инновационная среда» («innovative milieu») [31], «кластер» [32] и «региональная инновационная система» [33–34]. Тезис о существовании региональной инновационной системы также поддерживается российскими экономистами. Так, В. Иванов пишет, что в каждом регионе должны быть созданы национальные региональные инновационные системы, учитывающие особенности, исторические и культурные традиции, обеспечивающие необходимые темпы экономического развития [35].

³ Несмотря на фундаментальный характер теории (национальных) инновационных систем, существуют трудности, связанные с эмпирической проверкой теории (подробнее см. следующий раздел).

Теория диффузии инноваций и перетоков знаний включает в себя две составляющие: теорию диффузии инноваций (diffusion of innovations) и теорию перетоков знаний (knowledge spillovers).

Автором теории диффузии инноваций является социолог Э. Роджерс [36]. Теория объясняет скорость распространения различных продуктовых и процессных инноваций в обществе. При этом процесс диффузии подразделяется на пять этапов: 1) осведомленность; 2) убеждение; 3) решение; 4) реализация; 5) подтверждение. Все пользователи разделяются в соответствии с теорией Роджерса на 5 групп: инноваторы, первопроходцы, раннее большинство, позднее большинство, отстающие. Диффузия начинается с инноваторов и достигает 100 %, когда «отстающие» начинают использовать данное новшество. При этом увеличение рыночной доли, занимаемой товаром, описывается логистической функцией. Логистическая кривая, описывающая диффузию инноваций, была ранее предложена Ц. Грилихесом [37].

Теория перетоков знаний определяет переток как процесс, в рамках которого «знание, созданное одной компанией, может быть использовано другой без компенсации или с компенсацией меньшей, чем стоимость самого знания» [38]. Положительные экстерналии в виде перетоков знаний оказывают стимулирующее воздействие на инновационную деятельность компаний. Перетоки знаний разделяются на перетоки (эффекты) Маршалла – Эрроу – Ромера, или MAR [39], и Джейкобс-эффекты, или перетоки [40]. Перетоки MAR связаны с кластеризацией компаний одной сферы деятельности на территории, т. е. специализации территории в отдельной деятельности. Джейкобс-эффекты, наоборот, связаны с деятельностью разнообразных фирм на территории, а новые знания и их переток появляются вследствие диверсификации деятельности.

Помимо экстерналий на экономическое развитие и инновационную деятельность отдельной территории влияет географическая близость и возможность как явных, так и неявных знаний преодолевать расстояния. Учет расстояний был реализован в эмпирических работах по теории диффузий и инноваций, речь о которых пойдет в части 2.

Производственная функция знаний. Подход производственной функции знаний (ПФЗ) явно не описывает взаимосвязь между индикатором роста (ВРП, ВРП на душу населения и т. п.) и инновационную активность. Этот подход описывает изменение и накопления запаса знаний в экономике (или регионе) и предполагает, что существует положительная взаимосвязь между ростом и запасом знания.

ПФЗ была впервые представлена в работе Ц. Грилихеса в 1979 г. [41], а позднее также обсуждалась в работе П. Ромера [42]. Схема моделирования ПФЗ представлена в [4] (см. рисунок), она представляет собой упрощенную диаграмму моделирования ПФЗ Ц. Грилихесом [43].

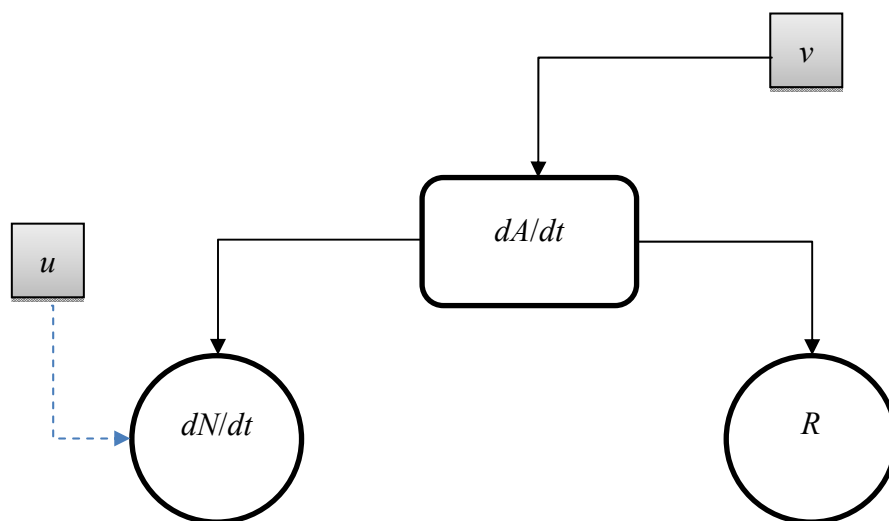


Схема моделирования производственной функции знаний Грилихеса

Источник: [4]

Схема, представленная на рисунке, показывает, как формулируется новое знание. Пусть A – ненаблюдаемая величина, а для ее производства используются ресурсы R . Рост запаса знания A приводит к изменению числа инноваций N в экономике. Переменные u и v – это характеристики ненаблюдаемых случайных факторов (в регрессии это ошибки наблюдения), они независимы. В качестве индикатора инновационных идей N в производственной функции знаний традиционно используются патенты, изобретенные и внедренные технологии, инновационная продукция.

Авторы статьи [43] дорабатывают схему моделирования ПФЗ на уровне не всей экономики или региона, а фирмы, а также записывают систему уравнений, позволяющую объяснить взаимосвязь между элементами схемы. В части 2 обзора будет приведена формальная запись модели.

Пространственная экономика и инновационное развитие регионов (или пространственная эконометрика инноваций). В настоящее время пространственная экономика получила признание как самостоятельная область экономической мысли. Предметом изучения пространственной экономики (ПЭ) являются регионы, региональные системы, а также пространственные формы народного хозяйства и расселения, включая пространственные сети. В основе ПЭ лежит гипотеза о том, что расположение в пространстве влияет на экономическую деятельность агентов. Таким образом, ПЭ отказывается от точечных подходов в макро- и мезоэкономике.

В отношении инновационного развития пространственный подход стал применяться в теории перетоков знаний, положив в 1988 г. с выходом учебника Л. Анселина «Пространственная эконометрика: методы и модели» [44] начало *пространственной эконометрике инноваций*. В пространственной эконометрике инноваций действует Первый закон географии У. Тоблера: «Всё влияет на всё, но то, что ближе, влияет сильнее» [45]⁴. В отношении перетоков знаний существует неочевидная зависимость между интенсивностью перетоков и обменов знаниями и расстояниями, поскольку возможность прямого общения и перетоков неявных знаний (таких, как создание единой научной школы, например) уменьшается с расстоянием. Пространственная эконометрика инноваций позволяет визуализировать и объяснить пространственную агломерацию, неравномерную концентрацию инновационной деятельности и наличие кластеров.

В пространственной эконометрике игнорирование возможных пространственных взаимодействий при проведении эмпирического оценивания на основе использования данных по различным регионам приводит к некорректным выводам в отношении величины и значимости влияния изучаемых факторов [3]. Вследствие эффекта пропущенных переменных (omitted variable bias) полученные эконометрические оценки будут смещенными и несостоятельными. Пространственные зависимости моделируются через пространственную автокорреляцию и матрицы весов.

Существует несколько вариантов матрицы весов, одни из которых используются более часто. Например, матрица соседства определяется следующим образом:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i = j \\ 1, & \text{если } i \text{ граничит с } j \\ 0, & \text{если } i \text{ не граничит с } j \end{cases}$$

В матрице расстояний значение 1 присваивается элементу матрицы только в том случае, если регионы имеют общую границу. Матрица расстояний имеет более сложную структуру:

⁴ В оригинале «Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things».

$$w_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если } i = j \\ \frac{1}{d_{ij}^\alpha}, & \text{если } d_{ij} \leq D(q), \\ 0, & \text{если } d_{ij} > D(q) \end{cases}$$

где d_{ij} – мера расстояния между объектами i и j , $D(q)$ – квартили расстояний ($q = 1, 2, 3, 4$), а $\alpha = 2$ [3].

Две теоретические модели, разработанные для учета пространственного аспекта, носят названия «модель с пространственным лагом» (SAR – spatial autoregressive model) и «модель с пространственными ошибками» (SEM – spatial error model).

Модель SAR имеет следующий вид:

$$y = \rho W y + x\alpha + \varepsilon,$$

где y – зависимая переменная, W – матрица пространственных весов, x – набор независимых переменных, ошибка $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$. Первый член в этом уравнении отражает пространственную зависимость независимой переменной. Данная модель используется для моделирования пространственного лага.

В случае моделирования экономического роста региона модель может быть записана следующим образом:

$$\ln \frac{y_{T,i}}{y_{0,i}} = \alpha + \beta W \ln y_{0,i} + \gamma X + \varepsilon_i,$$

где зависимая переменная $\ln \frac{y_{T,i}}{y_{0,i}}$ – темп роста региона i за T лет; $y_{0,i}$ – ВПП региона i в момент времени 0; $y_{T,i}$ – ВПП региона i в момент времени T , т. е. на конец периода; X – матрица специфических факторов развития региона [1]. Коэффициент β определяет условную конвергенцию региона (он должен быть меньше 0 для подтверждения гипотезы об условной конвергенции).

Модель SEM используется для моделирования пространственной неоднородности. Ниже представлена запись модели SEM для измерения регионального роста:

$$\ln \frac{y_{T,i}}{y_{0,i}} = \alpha + \beta y_{0,i} + \gamma X + u_i,$$

$$u_i = \lambda W \varepsilon_i$$

В данной модели пространственное взаимодействие учитывается в ошибках. Обе модели являются кросс-секционными. Модель SAR оценивается методом максимального правдоподобия, модель SEM – также методом максимального правдоподобия и обобщенным методом моментов [46].

В последнее время стали активно развиваться динамические пространственные модели или пространственно-временные модели на основе панельных данных [2]. Таким образом, возможности пространственной эконометрики инноваций были расширены с изучения одного года (кросс-секции) до изучения периодов (панель). Более подробно модели описаны в [2]. Авторы обзора показали, что пространственная эконометрика инноваций как направление экономической науки лежит на стыке теоретического и эмпирического моделирования, основным аппаратом является эконометрическое моделирование⁵.

⁵ В соответствии с этим утверждением в таблице данный подход занимает 1-ю и 2-ю колонки.

Завершая перечень основных теоретических подходов, предлагающие модели, описывающие связь экономического роста в странах, регионах с показателями затрат и / или результатов науки и инновационной деятельности отметим, что существующие на сегодняшний день направления теоретических исследований эволюционируют и проникают друг в друга. В некоторых моделях (например, в модели Ромера) делается упор на экономический рост, в других – на зарождение и распространении инноваций (теория диффузий инноваций Роджерса). При этом (за исключением теории региональных инновационных систем) региональный аспект моделей проявляется в попытке эмпирического тестирования теоретических предположений, уже установленных на уровне страны. В пространственной эконометрике можно увидеть симбиоз теоретических и эмпирических моделей.

В таблице обобщены представления авторов об основных теоретических подходах к моделированию взаимосвязи экономического роста и инновационной деятельности. Кроме того, здесь также упомянуты количественные методы, используемые для моделирования взаимосвязи «рост – инновации», и примеры работ, в которых представлен каждый из методов.

Теоретические и эмпирические подходы
к моделированию взаимосвязи экономического роста и инновационной деятельности

I. Теоретические модели	II. Эмпирические подходы
1. Макроэкономические модели 1.1. Модели экзогенного роста • модель Солоу [5] 1.2. Модели эндогенного роста • модель Ромера [11] • модель Узавы – Лукаса [11; 15] • модель Гроссмана и Хелпмана [17] • модель Агйюна и Хоувитта [20]	1. Эмпирическое тестирование неоклассических моделей • модель Барро и Сала-и-Мартина [48]
2. Модели инновационной деятельности 2.1. Линейная модель [21–22] 2.2. Системный подход: национальные и региональные инновационные системы [24–25] 2.3. Теория диффузии инноваций и перетоков знаний [36; 39–40] 2.4. Модели циклической динамики инноваций (Н. Кондратьев, А. Акаев и др.)	2. Эмпирические проверки моделей инновационной деятельности 2.2. Эмпирические проверки системного подхода: национальные и региональные системы инноваций (например, [49–50]) 2.3. Модели оценки перетоков знаний 2.3.1. Модель перетока знаний Джаффе [51] 2.3.2. Модель Аудреша и Фелдмана [52] 2.4. Динамические модели инноваций
3. Концепция производственной функции знаний (ПФЗ) [41; 43; 47]	4. Эконометрические модели ПФЗ (например, [53–55]) 5. Прочие авторские эмпирические подходы [56–57]
6. Пространственная эконометрика инноваций [*] 6.1. Модель с пространственными ошибками (SEM) [44; 58] 6.2. Модель с пространственным лагом (SAR) [44] 6.3. Динамические пространственные модели [2]	

Используемые методы^{}**

факторный анализ [59–60], регрессионный анализ [61–62], функциональный анализ [50], байесовский подход [63], кластерный анализ [64], пространственная эконометрика [65], методы экономической географии и матрица Морана [66], производственная функция знаний [4], модель производственного потенциала [56], нелинейное моделирование на основе синергетического подхода [57]

Источник: составлено авторами.

^{*} Данный подход лежит на стыке теории и практики.

^{**} В скобках указаны примеры работ, использующих указанные методы.

Заключение

Первая часть аналитического обзора представляет и анализирует следующие теоретические модели: модель Солоу, модели эндогенного роста – Ромера, Узавы – Лукаса, Гроссмана и Хелпмана, Агийона и Хоувитта; линейный подход, теорию инновационных систем, теорию диффузий инноваций и перетоков знаний; концепцию производственной функции знаний и, наконец, пространственную эконометрику инноваций, лежащую на стыки теории и практики.

Как представляется, описанные модели являются «ретро-элементами» базы знаний о множестве подходов, характеризующих с разных позиций взаимосвязи экономического (регионального) роста и инновационной деятельности. Подтверждаемость теоретических моделей последующими исследованиями на базе эмпирических моделей и количественным тестированием результатов – важный (обязательный) элемент достоверности знаний в любой науке. Сводная таблица дает представление о взаимосвязи теорий с исследованиями по их эмпирической верификации, речь о которых пойдет в части 2.

Список литературы

1. *Harris R.* Models of regional growth: past, present and future // *Journal of Economic Surveys*. 2011. Vol. 25 (5). P. 913–951.
2. *Autant-Bernard C.* Spatial econometrics of innovation: recent contributions and research perspective // *Spatial Economic Analysis*. 2012. Vol. 7 (4). P. 403–419.
3. *Зверев Д. В., Коломак Е. А.* Субфедеральная фискальная политика в России: межрегиональные различия и связи / Московский общественный научный фонд; Сибирский центр прикладных экономических исследований. М., 2010. 102 с. (Серия «Научные доклады: независимый экономический анализ», № 209)
4. *Штерцер Т. А.* Анализ взаимосвязи экономического роста и характеристик российской инновационной системы: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Новосибирск, 2007. 18 с.
5. *Solow R.* Contribution to the theory of economic growth // *Quarterly Journal of Economics*. 1957. Vol. 70 (1). P. 65–94.
6. *Harrod R. F.* An essay in dynamic theory // *Economic Journal*. 1939. Vol. 49. P. 14–33.
7. *Domar E.* Capital expansion, rate of growth and employment // *Econometrica*. 1946. Vol. 14 (2). P. 137–147.
8. Макроэкономика: Учебник для бакалавров / Под ред. С. Ф. Серegiной. 2-е изд. М.: Юрайт, 2013. 521 с.
9. *Rebelo S.* Long-run policy analysis and long-run economic growth // NBER working paper. 1990. Vol. 3325.
10. *Охлопкова Н. В., Харитонов М. И.* Экзогенный и эндогенный экономический рост – две разные парадигмы? // *Изв. Волгоград. техн. ун-та*. 2014. Т. 18, № 4 (131). С. 29–36.
11. *Romer P. M.* Increasing returns and long-run growth // *Journal of Political Economy*. 1986. Vol. 94 (5). P. 1002–1037.
12. *Lucas R.* On the mechanics of economic development // *Journal of Monetary Economics*. 1988. Vol. 22. P. 3–42.
13. *Arrow K.* Economic welfare and the allocation of resources for invention // Nelson R. (ed.). *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton Uni. Press, 1962. P. 609–625.
14. *Acs Z., Varga A.* Geography, endogenous growth, and innovation // *International Regional Science Review*. 2002. Vol. 25 (1). P. 132–148.
15. *Uzawa H.* Optimal technical change in an aggregate model of economic growth // *International Economic Review*. 1965. Vol. 6 (1). P. 18–31.
16. *Неустроев Д. О.* Оценка производственной функции модифицированной модели Узавы – Лукаса для развитых и развивающихся стран // *Вестн. НГУ. Серия: Социально-экономические науки*. 2013. Т. 13, № 4. С. 5–15.

17. *Grossman G. M., Helpman E.* Innovation and Growth in the Global Economy. Cambridge: MIT Press, 1991. 384 p.
18. *Schumpeter J. A.* Capitalism, socialism, and democracy. London: Routledge, 1942. 460 p.
19. Frascati Manual. The Measurement of Scientific and Economic Activities. Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development. Paris: OECD, 1993. 256 p.
20. *Aghion P., Howitt P.* A model of growth through creative destruction // *Econometrica*. 1992. Vol. 60 (2). P. 323–351.
21. *Bush V.* Science The Endless Frontier. Washington: The US Government Printing Office, 1945. 220 p.
22. *McLaurin W. R.* The sequence from invention to innovation and its relation to economic growth // *Quarterly Journal of Economics*. 1953. Vol. 67. P. 97–111.
23. *Rothwell R.* Towards the fifth generation innovation process // *International Marketing Review*. 1994. Vol. 11 (1). P. 7–31.
24. *Freeman C.* Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. London: Pinter, 1987. 155 p.
25. *Lundvall B.-Å.* Product innovation and user-producer interaction. Industrial development. Research Series 31. Aalborg: Aalborg Uni. Press, 1985. 39 p.
26. *Голиченко О. Г.* Национальная инновационная система: от концепции к методологии исследования // *Вопросы экономики*. 2014. № 7. С. 35–50.
27. *Nelson R.* National Innovation Systems: A Comparative Analysis. N. Y.: Oxford Uni. Press, 1993. 541 p.
28. *Howells J.* Regional systems of innovation? // *Innovation policy in a global economy*. Ed. D. Archibugi, J. Howells, J. Michie. Cambridge: Cambridge Uni. Press, 1999. P. 67–93.
29. *Florida R.* Toward the learning region // *Futures*. 1995. Vol. 27 (5). P. 527–536.
30. *Morgan K.* The learning region: institutions, innovation and regional renewal // *Regional Studies*. 1997. Vol. 31. P. 491–503.
31. *Maillat D.* From the industrial district to the innovative milieu: contribution to an analysis of territorialized production organizations // *Louvain Economic Review*. 1998. Vol. 64 (1). P. 111–29.
32. *Porter M. E.* The competitive advantage of nations. London: Macmillan, 1990. 875 p.
33. *Cooke P., Gomez Uranga M., Etzebarria G.* Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions // *Research Policy*. 1997. Vol. 26 (4–5). P. 475–491.
34. *Asheim B., Isaksen A.* Regional innovation systems: the integration of local «sticky» and global «ubiquitous» knowledge // *Journal of Technology Transfer*. 2002. Vol. 27 (1). P. 77–86.
35. *Иванов В. В.* Национальные инновационные системы: опыт формирования и перспективы развития // *Инновации*. 2002. № 5. С. 19–23.
36. *Rogers E. M.* Diffusion of innovations. New York: Free Press of Glencoe, 1962. 367 p.
37. *Griliches Z.* Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change // *Econometrica*. 1957. Vol. 25 (4). P. 501–522.
38. Синергия пространства: региональные инновационные системы, кластеры и перетоки знания / Отв. ред. А. Н. Пилясов. Смоленск: Ойкумена, 2012. 760 с.
39. *Glaeser E. L., Kallal H. D., Scheinkman J. A., Shleifer A. A.* Growth in cities // *Journal of Political Economy*. 1992. Vol. 100 (6). P. 1126–1152.
40. *Jacobs J.* The economy of cities. New York: Random House, 1969. 288 p.
41. *Griliches Z.* Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth // *The Bell Journal of Economics*. 1979. Vol. 10 (1). P. 92–116.
42. *Romer D.* Endogenous technological change // *Journal of Political Economy*. 1990. Vol. 98 (5). P. S71–S102.
43. *Pakes A., Griliches Z.* Patents and R&D at the firm level: A first look // *R&D, Patents, and Productivity*. Chicago: Uni. of Chicago Press, 1984. P. 55–72.
44. *Anselin L.* Spatial Econometrics: Methods and Models. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. 284 p.
45. *Tobler W.* A computer movie simulating urban growth in Detroit region // *Economic Geography*. 1970. Vol. 46. P. 234–240.

46. Вакуленко Е. С. Введение в пространственную эконометрику. Лекции по эконометрике – 2 / Нац. ун-т Высшая школа экономики. М., 2013.
47. Griliches Z. R&D, patents, and productivity. Chicago: Uni. of Chicago, 1984. 593 p.
48. Barro R. J., Sala-i-Martin X. Economic Growth. New York: McGraw-Hill, 1995. 539 p.
49. Fagerberg J., Schrolec M. National innovation systems, capabilities and economic development // Research Policy. 2008. Vol. 37. P. 1417–1435.
50. Golichenko O. The methodology of national innovation system analysis, In Quality Innovation: knowledge, theory and practices. Ed. C. Jin, L. Al-Hakim. Hershey, PA: IGI Publ., 2013. P. 94–123.
51. Jaffe A. B. Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profit and market share // American Economic Review. 1986. Vol. 76. P. 984–1001.
52. Audretsch D. B., Feldman M. P. R&D spillovers and the geography of innovation and production // American Economic Review. 1996. Vol. 86 (4). P. 253–273.
53. Anselin L., Varga A., Acs Z. Local spillovers between university research and high technology innovations // Journal of Urban Economics. 1997. Vol. 42. P. 422–448.
54. Marrocu E., Paci R., Usai S. Proximity, networking and knowledge production in Europe: what lessons for innovation policy? // Technological Forecasting and Social Change. 2013. Vol. 80. P. 1484–1498.
55. Charlot S., Crescenzi R., Musolesi A. Econometric modelling of the regional knowledge production function in Europe // Journal of Economic Geography. 2015. Vol. 15 (6). P. 1227–1259.
56. Айязян С. А., Афанасьев М. Ю., Руденко В. А. Оценка эффективности регионов РФ на основе модели производственного потенциала с характеристиками готовности к инновациям // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50, № 4. С. 34–70.
57. Романова О. А., Гребенкин А. В., Акбердина В. В. Влияние инновационной динамики на развитие региональной экономической системы // Регион: экономика и социология. 2011. № 1. С. 15–32.
58. Лободина О. Н., Шмидт Ю. Д. Оценка влияния пространственных факторов на интенсивность инновационных процессов // Вестн. ТГЭУ. 2013. № 3. С. 20–30.
59. Evangelista R., Immarrino S., Mastrostefano V., Silvani A. Looking for regional systems of innovation: evidence from the Italian innovation survey // Regional Studies. 2002. Vol. 36 (2). P. 173–186.
60. Matinez-Pellitero M., Buesa M., Heijs J., Baumert T. A novel way of measuring regional systems of innovation: Factor analysis as a methodological approach // Instituto de Analisis y Financiero, Universidad of Madrid, 2008. URL <http://eprints.ucm.es/7979/1/60-08.pdf> (дата обращения 30.03.2017).
61. Gumbau-Albert M., Maudos J. Technological activity and productivity in Spanish regions // Annals of Regional Science. 2006. Vol. 40. P. 55–80.
62. Kaneva M., Untura G. Innovation indicators and regional growth // Economic Change and Restructuring. 2017. Vol. 50 (2). P. 133–159.
63. Frenkel A. Can regional policy affect firms' innovation potential in lagging regions? // Annals of Regional Science. 2000. Vol. 34. P. 315–341.
64. Hall J. L. Adding meaning to measurement evaluating trends and differences in innovation capacity among the states // Economic Development Quarterly. 2009. Vol. 23 (1). P. 3–12.
65. Коломак Е. А. Модели региональной политики: конвергенция или дивергенция // Вестн. НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2009. Т. 9, № 1. С. 113–120.
66. Torres Preciado V. H., Polanco-Gaytan M., Tinoco-Zimeno M. A. Technological innovation and regional growth in Mexico // Annals of Regional Science. 2014. Vol. 52. P. 183–200.

M. A. Kaneva^{1,2}, G. A. Untura^{1,3}

¹ *Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS
17 Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

² *Gaidar Institute for Economic Policy
3-5 Gazetny Pereulok, Moscow, 125993, Russian Federation*

³ *Novosibirsk National Research State University
1 Pirogov St., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

mkaneva@gmail.com, galina.untura@gmail.com

EVOLUTION OF THEORIES AND EMPIRICAL MODELS OF A RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC GROWTH, SCIENCE AND INNOVATIONS (PART I)

This article is a first chapter of an analytical review of existing theoretical models of a relationship between economic growth / GRP and indicators of scientific development and innovation activities, as well as empirical approaches to testing this relationship. Aim of the paper is a systematization of existing approaches to modeling of economic growth geared by science and innovations. The novelty of the current review lies in the authors' criteria of interconnectedness of theoretical and empirical studies in the systematization of a wide range of publications presented in a final table-scheme. In the first part of the article the authors discuss evolution of theoretical approaches, while the second chapter presents a time gap between theories and their empirical verification caused by the level of development of quantitative instruments such as econometric models. The results of this study can be used by researchers and graduate students for familiarization with current scientific approaches that manifest progress from theory to empirical verification of a relationship «economic growth-innovations» for improvement of different types of models in spatial econometrics. To apply these models to management practices the presented review could be supplemented with new criteria for classification of knowledge production functions and other theories about effect of science on economic growth.

Keywords: economic growth, region, innovation activities, GRP, knowledge spillovers, economic theory.

References

1. Harris R. Models of regional growth: past, present and future. *Journal of Economic Surveys*. 2011, vol. 25 (5), p. 913–951.
2. Autant-Bernard C. Spatial econometrics of innovation: recent contributions and research perspective. *Spatial Economic Analysis*, 2012, vol. 7 (4), p. 403–419.
3. Zverev D. V., Kolomak E. A. Subfederal'naya fiskal'naya politika v Rossii: mezhregional'nye razlichiya i svyazi. [Subfederal Policy in Russia: Inter-Regional Differences and Link]. Seriya «Nauchnye dok lady: nezavisimyj ehkonomicheskij analiz», № 209. [Series Scientific Reports: Independent Economic Analysis, 209]. Moscow: Moscow Public Scientific Fund; Siberian Center for Applied Economic Research, 2010, 102 P. (In Russ.)
4. SHtertser T. A. Analiz vzaimosvyazi ehkonomicheskogo rosta i kharakteristik rossijskoj innovatsionnoj sistemy. Abstract of PhD Dissertation. Novosibirsk, 2007, 18 p. (in Russ.)
5. Solow R. Contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 1957, vol. 70 (1), p. 65–94.
6. Harrod R. F. An essay in dynamic theory. *Economic Journal*, 1939, vol. 49, p. 14–33.
7. Domar E. Capital expansion, rate of growth and employment. *Econometrica*, 1946, vol. 14 (2), p. 137–147.
8. Makroehkonomika: uchebnik dlya bakalavrov [Macroeconomics: Textbook for Undergraduate Students]. Ed. S. F. Seregina. Second Edition. Moscow: Yurajt, 2013, 521 p. (in Russ.)

9. Rebelo S. Long-run policy analysis and long-run economic growth. NBER working paper, 1990, vol. 3325.
10. Okhlopkova N. V., Kharitonova M. I. EHkzogennyj i ehndogennyj ehkonomicheskij rost – dve raznye paradigmy? [Exogenous and Endogeneous Growth – Two Different Paradigms?]. *Izvestiya Volgogradskogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Volgograd Technical University], 2014, vol. 18, no. 4 (131), p. 29–36. (In Russ.)
11. Romer P. M. Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 1986, vol. 94 (5), p. 1002–1037.
12. Lucas R. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 1988, vol. 22, p. 3–42.
13. Arrow K. Economic welfare and the allocation of resources for invention, in: Nelson, R. (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press, 1962, pp. 609–625.
14. Acs Z., Varga A. Geography, endogenous growth, and innovation. *International Regional Science Review*, 2002, vol. 25 (1), p. 132–148.
15. Uzawa H. Optimal technical change in an aggregate model of economic growth. *International Economic Review*, 1965, vol. 6 (1), p. 18–31.
16. Neustroev D. O. Otsenka proizvodstvennoj funktsii modifitsirovannoj modeli Uzavy – Lukasa dlya razvitykh i razvivayushhikhsya stran [Evaluation of a Production Function of Modified Uzawa-Lucas Model for Developed and Developing Countries]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik NSU. Series: Socio-Economic Sciences], 2013, vol. 13, no. 4, p. 5–15. (In Russ.)
17. Grossman G.M., Helpman E. *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: MIT Press, 1991, 384 p.
18. Schumpeter J. A. *Capitalism, socialism, and democracy*. Routledge, London, 1942, 460 p.
19. Frascati Manual: the Measurement of Scientific and Economic Activities. Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development. Paris: OECD, 1993, 256 p.
20. Aghion P., Howitt P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 1992, vol. 60 (2), p. 323–351.
21. Bush V. *Science The Endless Frontier*. Washington: The US Government Printing Office, 1945. 220 p.
22. McLaurin W. R. The sequence from invention to innovation and its relation to economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 1953, vol. 67, p. 97–111.
23. Rothwell R. Towards the fifth generation innovation process. *International Marketing Review*, 1994, vol. 11 (1), p. 7–31.
24. Freeman C. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London: Pinter, 1987, 155 p.
25. Lündvall B.-Å. *Product innovation and user-producer interaction. Industrial development. Research Series 31*. Aalborg: Aalborg University Press, 1985, 39 p.
26. Golichenko O. G. Natsional'naya innovatsionnaya sistema: ot kontseptsii k metodologii issledovaniya [National Innovation System: From Concept to Methodological Research]. *Voprosy ehkonomiki* [Economic Issues], 2014, vol. 7, p. 35–50. (In Russ.)
27. Nelson R. *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. N. Y.: Oxford University Press, 1993, 541 p.
28. Howells J. Regional systems of innovation? In *Innovation policy in a global economy*, ed. D. Archibugi, J. Howells, and J. Michie. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, p. 67–93.
29. Florida R. Toward the learning region. *Futures*, 1995, vol. 27 (5), p. 527–536.
30. Morgan K. The learning region: institutions, innovation and regional renewal. *Regional Studies*, 1997, vol. 31, p. 491–503.
31. Maillat D. From the industrial district to the innovative milieu: contribution to an analysis of territorialized production organizations. *Louvain Economic Review*, 1998, vol. 64 (1), p. 111–29.
32. Porter M.E. *The competitive advantage of nations*. London: Macmillan, 1990, 875 P.
33. Cooke P., Gomez Uranga M., Etxebarria G. Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions. *Research Policy*, 1997, vol. 26 (4–5), p. 475–491.
34. Asheim B., Isaksen A. Regional innovation systems: the integration of local «sticky» and global «ubiquitous» knowledge. *Journal of Technology Transfer*, 2002, vol. 27 (1), p. 77–86.
35. Ivanov V. V. Natsional'nye innovatsionnye sistemy: opyt formirovaniya i perspektivy razvitiya [National Innovation Systems: Experience in Establishing and Prospects of Development]. *Innovatsii* [Innovations], 2002, Vol. 5, p. 19–23. (In Russ.)

36. Rogers E. M. Diffusion of innovations. New York: Free Press of Glencoe, 1992, 367 p.
37. Griliches Z. Hyprid corn: an exploration in the economics of technological change. *Econometrica*, 1957, vol. 25 (4), p. 501–522.
38. Pilyasov A. N. (ed.) Sinergiya prostranstva: regional'nye innovatsionnye sistemy, klasteri i peretoki znaniya [Sinergy of Space: Regional Innovation Systems, Clusters and Knowledge Spillovers], Smolensk: Ojkumena, 2012, 760 p. (In Russ.)
39. Glaeser, E. L., H. D. Kallal, J. A. Scheinkman, and A. Shleifer A. Growth in cities. *Journal of Political Economy*, 1992, vol. 100 (6), p. 1126–1152.
40. Jacobs J. The economy of cities. New York: Random House, 1969. 288 p.
41. Griliches Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics*, 1979, vol. 10 (1), p. 92–116.
42. Romer D. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 1990, vol. 98 (5), p. S71–S102.
43. Pakes A., Griliches Z. Patents and R&D at the firm level: A first look. R&D, Patents, and Productivity. Chicago: University of Chicago Press, 1984, p. 55–72.
44. Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988, 284 p.
45. Tobler W. A computer movie simulating urban growth in Detroit region. *Economic Geography*, 1970, vol. 46, p. 234–240.
46. Vakulenko E.S. Vvedenie v prostranstvennyuyu ehkonometriku. Lektsii po ehkonometrike-2 [Introduction to Spatial Econometrics. Lectures on Econometrics- 2]. Moscow: Higher School of Economics, 2013.
47. Griliches Z. R&D, patents, and productivity. Chicago: University of Chicago, 1984, 593 p.
48. Barro R.J., Sala-i-Martin X. Economic Growth. New York: McGraw-Hill, 1995, 539 p.
49. Fagerberg J., Schrolec M. National innovation systems, capabilities and economic development. *Research Policy*, 2008, vol. 37, p. 1417–1435.
50. Golichenko O. The methodology of national innovation system analysis, In Quality Innovation: knowledge, theory and practices. ed. Jin C. and L. Al-Hakim. Hershey, PA: IGI Publishing. 2013, p. 94–123.
51. Jaffe A. B. Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profit and market share. *American Economic Review*, 1986, vol. 76. p. 984–1001.
52. Audretsch D. B., Feldman M. P. R&D spillovers and the geography of innovation and production. *American Economic Review*, 1996, vol. 86 (4), p. 253–273.
53. Anselin L., Varga A., Acs Z. Local spillovers between university research and high technology innovations. *Journal of Urban Economics*, 1997, vol. 42, p. 422–448.
54. Marrocu E., Paci R., Usai S. Proximity, networking and knowledge production in Europe: what lessons for innovation policy? *Technological Forecasting and Social Change*, 2013, vol. 80, p. 1484–1498.
55. Charlot S., Crescenzi R., Musolesi A. Econometric modelling of the regional knowledge production function in Europe. *Journal of Economic Geography*, 2015, vol. 15 (6), p. 1227–1259.
56. Ajvazyan S. A., Afanas'ev M. Yu., Rudenko V. A. Otsenka ehffektivnosti regionov RF na osnove modeli proizvodstvennogo potentsiala s kharakteristikami gotovnosti k innovatsiyam [Estimation of Efficiency of the Russian Regions Based on a Model of Production Potential with Characteristics of Readiness to Innovations]. *EHkonomika i matematicheskie metody [Economy and Mathematical Methods]*, 2014, vol. 50, no. 4, p. 34–70. (In Russ.)
57. Romanova O. A., Grebenkin A. V., Akberdina V. V. Vliyanie innovatsionnoj dinamiki na razvitie regional'noj ehkonomicheskoy sistemy [Influence of Innovation Dynamics on Regional Economic System Development]. *Region: ehkonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology]*, 2011, vol. 1, p. 15–32. (In Russ.)
58. Lobodina O. N., Shmidt Yu. D. Otsenka vliyaniya prostranstvennykh faktorov na intensivnost' innovatsionnykh protsessov [Estimation of the Effect of Spatial Factors on Intensity of Innovation Processes]. *Vestnik TGEHU [Bulletin of TGU]*, 2013, vol. 3, p. 20–30. (In Russ.)
59. Evangelista R., Immarrino S., Mastrostefano V., Silvani A. Looking for regional systems of innovation: evidence from the Italian innovation survey. *Regional Studies*, 2002, vol. 36 (2), p. 173–186.

60. Matinez-Pellitero M., Buesa M., Heijs J., Baumert T. A novel way of measuring regional systems of innovation: Factor analysis as a methodological approach. Instituto de Analisis y Financiero, Universidad of Madrid, 2008. URL <http://eprints.ucm.es/7979/1/60-08.pdf> (date of access 30 March 2017).
61. Gumbau-Albert M., Maudos J. Technological activity and productivity in Spanish regions. *Annals of Regional Science*, 2006, vol. 40, p. 55–80.
62. Kaneva M., Untura G. Innovation indicators and regional growth. *Economic Change and Restructuring*, 2017, vol. 50 (2), p. 133–159.
63. Frenkel A. Can regional policy affect firms' innovation potential in lagging regions? *Annals of Regional Science*, 2000, vol. 34, p. 315–341.
64. Hall J. L. Adding meaning to measurement evaluating trends and differences in innovation capacity among the states. *Economic Development Quarterly*. 2009, vol. 23 (1), p. 3–12.
65. Kolomak E. A. Modeli regional'noj politiki: konvergenziya ili divergenziya [Models of Regional Policy: Convergence and Divergence]. *Vestnik NGU. Seriya sotsial'no-ehkonomicheskie nauk* [*Vestnik NSU. Series: Social Economic Sciences*], 2009, Vol. 9, no. 1, p. 113–120. (In Russ.)
66. Torres Preciado V. H., Polanco-Gaytan M., Tinoco-Zimeno M. A. Technological innovation and regional growth in Mexico. *Annals of Regional Science*, 2014, vol. 52, p. 183–200.

For citation:

Kaneva M. A., Untura G. A. Evolution of Theories and Empirical Models of a Relationship between Economic Growth, Science and Innovations (Part 1). *World of Economics and Management*, 2017, vol. 17, no. 4, p. 5–21. (In Russ.)