

УДК 658.149

С.А. Баканова

**МЕХАНИЗМЫ ДИФФУЗИИ ИННОВАЦИЙ:
ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

S.A. Bakanova

**INNOVATION DIFFUSION MECHANISMS:
CHARACTERISTICS AND MODELING METHODS**

Рассматриваются механизмы диффузии инноваций, возможности и проблематика их модельного представления, дан обзор математических инструментов и моделей, применяемых для моделирования механизмов распространения новшеств. Предлагается рассматривать и моделировать механизмы распространения инновации с позиции этапа жизненного цикла новшества. При выборе математического инструментария предлагается учитывать влияние передаваемых совместно с инновацией знаний (информационный компонент инновации) как фактора, играющего определяющую роль в распространении инновации, в особенности, на первых этапах ее жизненного цикла.

ИННОВАЦИЯ. ДИФФУЗИЯ ИННОВАЦИЙ. ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ. СПИЛЛОВЕР. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИННОВАЦИИ.

The article discusses innovation diffusion mechanisms, problem and probabilities of its modeling, mathematical approaches currently used for modeling. It is suggested to regard and model innovation diffusion depending on its life cycle stage. For choosing mathematical instruments in purpose of modeling innovation diffusion it is suggested to regard the influence of knowledge expansion that conducts the diffusion of innovation (information component). It is seen as a key factor influencing the diffusion of innovation especially in the beginning of its life cycle.

INNOVATION. INNOVATION DIFFUSION. TECHNOLOGY TRANSFER. SPILLOVER. INNOVATION LIFE CYCLE.

Тот факт, что знание и его реализация в форме новых услуг, продуктов, средств и способов производства лежат в основе успешной деятельности отдельных экономических единиц и экономик любого уровня, эмпирически подтверждается историей экономических отношений с момента зарождения таковых. Одним из первых обратил внимание и описал это явление Й. Шумпетер, обозначив роль предпринимателя-инноватора как решающую в экономическом развитии. Сегодня среди ученых, исследующих экономику знаний, а также среди предпринимателей, оперирующих в реалиях экономики, основанной на знаниях, не осталось сомнения в том, что знание как таковое и его воплощение в виде инноваций — суть и движущая сила экономического развития в его особом проявлении — инновационном развитии.

В рамках концепции инновационного развития центральное место занимает феномен диффузии инноваций, которую связы-

вают с распространением широкого круга новшеств через систему информационных, социальных и экономических связей между всеми элементами системы общественного производства и потребления.

Исторически интерес к проблеме диффузии сформировался вместе с введением понятия «инновация» в экономический оборот. Однако в рамках проводимых исследований инновация понимается как традиционный продукт потребления, без учета стадии ее жизненного цикла и формы (идея, опытный образец и т. д.), а диффузия рассматривается, как правило, в отрыве от механизмов, которые ее обеспечивают.

Несмотря на то, что хозяйственная практика наработала достаточное число форм распространения инноваций (инжиниринговые услуги различной глубины, движение интеллектуального, человеческого, капитала, информационная диффузия, тиражирование новшества), их совокупность до настоящего

времени не систематизирована, а решения, касающиеся выбора той или иной формы, принимаются без должного обоснования, традиционно поставляемого логико-структурным анализом и математическим моделированием.

Несовершенство существующих подходов к исследованию процессов диффузии инноваций и средств аналитической поддержки управленческих решений актуализируют необходимость поиска новых методов их анализа и моделирования, чем и обусловлен выбор данной темы исследования.

Относительно распространения инноваций классической стала точка зрения Э. Роджерса, который определил диффузию как процесс, посредством которого инновация проходит по коммуникационным каналам во времени и пространстве среди участников социально-экономической системы. Все последующие определения по сути созвучны формулировке Э. Роджерса. В частности, Руководство Осло определяет диффузию, как «...способ, каким инновации распространяются по рыночным и нерыночным каналам от места их первой реализации различным потребителям — странам, регионам, отраслям, рынкам и предприятиям» [1, с. 39].

Изначально распространение инновации рассматривалось исключительно в хозяйственной среде и главным показателем, определяющим степень ее распространения, выступало количество субъектов хозяйствования, принявших инновационный продукт или услугу (реципиентов). В рамках этой концепции хозяйствующие субъекты, принявшие инновацию, в каждый момент времени образуют некий фонд, от объема которого зависит динамика распространения новшества, а сама диффузия подчиняется логистическому закону. И на сегодняшний день доминирующими являются теории и модели, основанные на идеях Э. Роджерса.

В действительности диффузия инноваций проявляется в различных формах и обеспечивается различными механизмами. В одном из немногочисленных современных альтернативных исследований автор, развивая маркетинговый подход к определению инноваций, выделяет два основных механизма диффузии, за счет которых осуществляется их распространение и происходит пространственно-временной процесс глобализации ин-

новаций — это трансфер технологий и спилловер знаний [2].

Первое известное нам определение трансфера технологий (1962 г.) звучало предельно лаконично — это процесс, посредством которого одна организация адаптирует технологию, созданную другой [3]. Однако особенности текущего этапа развития инноватики как самостоятельной научной дисциплины и потребности практики побуждают наполнить это понятие дополнительным содержанием, что, в свою очередь, определяет потребность выделить наиболее существенные особенности современных технологий и процессов их передачи.

Под спилловером в научной литературе, посвященной инновациям, понимается спонтанное распространение научно-технического или иного полезного знания, которое может быть как безвозмездным (статьи, выступления на конференциях, частные беседы), так и возмездным (несанкционированная или скрытая оплачиваемая передача кодифицированных знаний, промышленный шпионаж, переманивание ключевых работников) [4].

Эти определения, будучи комплементарными, в определенной степени противоречат друг другу, а механизмы трансфера технологий и спилловера обычно рассматриваются изолированно, независимо один от другого.

Выдвигаемая научная идея состоит в том, что современный этап инновационного развития общества требует последовательно-параллельного соединения механизмов диффузии инноваций — трансфера и спилловера. Обоснованием этого положения является то обстоятельство, что на практике трансфер технологий с необходимостью сопровождается процессами передачи и распространения знаний.

Актуальная интерпретация технологии представляет ее состоящей из двух компонентов — физического (продукты, оборудование, инструменты, чертежи и схемы, производственные процессы) и информационного (ноу-хау в сфере производства, менеджмент, маркетинг, контроль качества, обученный персонал). Исходя из данного положения, под процессом диффузии инноваций понимают перемещение не только физического, но и информационного компонента; иными словами, передача материального

компонента технологий всегда сопровождается передачей знаний.

Существующие методы модельного описания процессов диффузии инновации не учитывают влияния информационного компонента на процесс распространения новшества, рассматривая его как традиционный объект экономических отношений хозяйствующих субъектов. В то же время на практике распространение и коммерческий успех инновации в значительной степени зависят от результатов передачи информационного компонента новшества, что актуализирует поиск новых форм модельного описания диффузии инноваций.

Анализ особенностей диффузии инноваций как логическая основа математического моделирования. Изучение любого объекта или явления предполагает проведение логических, структурных и аналитических исследований. При этом определяющее значение имеют логические исследования, которые базируются на анализе исторических и статистических данных, теоретически обобщают их и позволяют выделить особенности, уяснить логику рассматриваемого объекта или явления. Такие исследования носят предмодельный характер, служат принципиальной основой математического моделирования.

В приложении к исследованию механизмов диффузии инноваций в рамках разрабатываемой научной гипотезы на этапе содержательного логического анализа предлагается выделить и описать специфические свойства объекта и субъектов процессов распространения инновации, которые, на наш взгляд, оказывают существенное влияние на параметры и конфигурацию диффузии инноваций.

Как отмечалось выше, актуальным подходом к описанию структуры технологии является выделение двух ее компонентов — информационного и физического. Информационный компонент инновации, в отличие от физического, не поддается простому воспроизведению [3]. Работа с инновационными продуктами и технологиями сопряжена с целым комплексом сопутствующей информации — тем, что в философии науки принято называть неявным знанием (*tacit knowledge*).

Впервые о неявном (имплицитном, скрытом) знании как об особом виде знаний, передающемся стихийно, через непосредствен-

ный контакт и зачастую неочевидно для носителей и реципиентов, заговорил английский физик, химик и философ Майкл Полани. Концепция, разработанная М. Полани, трактует неявное знание как набор личностных, неcodифицированных знаний, вплетенных в искусство экспериментирования и теоретические навыки ученых, которые передаются исключительно неформальными способами и в непосредственных человеческих контактах [5]. Дальнейшее развитие концепция неявного знания в приложении к экономике получила в работах японских ученых И. Нонака и Г. Такеучи, которые определяют способность современных компаний генерировать, воспроизводить и применять знания как потенциал развития и достижения конкурентоспособности.

Физический компонент инновации (знание, выраженное в codифицированной форме) может существовать в отрыве от владельца. Codифицированные знания передаются в форме бумажных, электронных и иных носителей без потери, минуя непосредственный контакт с получателем, процесс их передачи регламентирован и может быть оформлен юридически.

Выражением влияния свойств информационного и физического компонентов технологии на ее распространение являются механизмы диффузии инновации. Так, передача физического компонента в хозяйственной практике реализуется посредством трансфера, а передача соответствующих знаний — через механизм спилловера.

В науке существует множество классификаций знаний, каждая из которых имеет практическую направленность. Для нужд содержательного описания и модельного представления процессов распространения инноваций в рамках выдвигаемой научной гипотезы предлагается использовать классификацию знаний по принадлежности, выдвинутую М. Полани, где знание по его принадлежности делится на личностное, коллективное и общественное.

Знание, сопровождающее распространение инновации, в каждый момент времени находится в определенной форме (явное или неявное, принадлежит одному человеку, группе ученых или доступно для всех без исключения) и может трансформироваться из одной формы в другую, что, на наш взгляд,



играет решающую роль в обеспечении процессов трансфера технологии.

В реалиях глобальной экономики диффузия инноваций является многосубъектным процессом; активными участниками этого процесса являются, как минимум, источник информации (автор идеи, изобретения, разработчик) и реципиент (приемник информации, реализатор технологии), в роли которых обычно выступают не отдельные индивидуумы, а творческие коллективы, организации (современные инновации – не индивидуальное, а коллективное дело), производственные предприятия и фирмы. Кроме того, в число участников зачастую входят третьи лица – посредники – без которых трансфер технологий зачастую просто неосуществим. Каждый из участников имеет собственные целевые функции (интересы), определяющие содержание и формы диффузных процессов.

Последнее замечание приводит к выводу о том, что распространение инновации в пространстве и времени является особенно сложным видом коммуникации, поскольку требует скоординированных действий двух и более субъектов, разделенных структурными, организационными, традиционными и культурными барьерами. Диффузия новшества должна рассматриваться не как простое перемещение информации и знаний, а как процесс взаимодействия и взаимовыгодного обмена между структурами и индивидами в течение определенного промежутка времени.

Возможности моделирования механизмов диффузии инноваций. Трансфер технологий и спилlover знаний выступают не только как механизмы диффузии, а перманентно присутствуют инновации, которая представляет собой достаточно продолжительный процесс, является сложной динамической системой, имеющей пространственные границы и обладающей временной структурой.

Под временной структурой (моделью временной структуры) процесса распространения отдельного нововведения мы понимаем его расчлененность на этапы, в совокупности формирующие жизненный цикл инновации. В таком процессе выделяется несколько последовательных временных этапов, каждый из которых имеет относительную самостоятельность, определенные закономерности, скорость и конфигурацию масштабов распространения, играет специфическую роль, приносит свои результаты.

Общие закономерности инновационных процессов, их пространственно-временная структура, а также выявленная аналитиками и обоснованная зависимость количественных пространственных характеристик инновации (величина эффекта, затраты на реализацию, степень неопределенности результатов и затрат) от этапов жизненного цикла [6] позволяют интерпретировать жизненный цикл инновации как ее принципиальную логическую модель.

Построенная на основе содержательного анализа логическая модель инновации позволяет проводить дальнейшее ее изучение на базе определенной гипотезы об ее структурных особенностях и количественных характеристиках.

Универсальность этой модели проявляется и в том, что она, на наш взгляд, вполне адекватна механизмам трансфера технологий: изучать пространственно-временное распространение инноваций следует с учетом связи этапов жизненного цикла инновации с механизмом ее распространения. Такой подход позволяет с необходимой степенью детализации описывать диффузные процессы и определять инструментальные методы их моделирования.

В обоснование выдвигаемого положения можно привести следующие аргументы. На отдельных этапах жизненного цикла инновации характер знаний (соотношение явного и неявного знаний), перемещение которых опосредует процессы трансфера технологий, а также состав участников этого процесса меняются. На каждом этапе получают специфические результаты – продукты экономики знаний или традиционные продукты.

Ключевым моментом в аналитическом исследовании любого экономического явления, в частности, процесса диффузии инноваций, является выбор средств его модельного представления. Существующие модели распространения новшеств ограничиваются описанием тиражирования инновационных продуктов среди конечных потребителей как формы трансфера технологии. Математически тиражирование новшеств описывается дифференциальными уравнениями, и главным параметром, определяющим диффузию, выступает количество реципиентов инновации. Также предпринимаются попытки исследовать массовое распространение новшеств на основе сетевых моделей и индексов влияния [7].

Математические инструменты и модели механизмов диффузии инноваций [6, 7, 8]

Механизм диффузии	Математические инструменты	Существующие математические модели
Спилловер	Теория вероятностей Теория игр Математическая экономика	Модели равновесия в экономике с общественными благами
Трансфер технологий	Теория вероятностей Теория игр Теория нечетких множеств Теория графов	Модели рынков Теория клубов Модели равновесия в экономике с клубными благами
Тиражирование	Дифференциальные уравнения Теория вероятностей Теория графов	Уравнения логистической динамики Модели влияния и индексы влияния Модели на основе социальных сетей

Несмотря на разнообразие подходов к инструментальному описанию диффузных процессов, сегодня не существует моделей, описывающих информационный компонент технологии и его распространение. В то же время известны математические инструменты, позволяющие отразить специфику знаний (явных, неявных, частных, коллективных и общественных) в моделировании диффузии.

В приведенной здесь таблице дан обзор математических инструментов и некоторых моделей, адекватных описанию механизмов диффузии инноваций. Указанными моделями описываются условия функционирования конкретного механизма, интересы и действия сторон.

Итак, в рамках выдвигаемой и прорабатываемой научной гипотезы мы предлагаем:

- рассматривать трансфер технологий и спилловер знаний как основные механизмы распространения инновации в пространстве и времени, на практике проявляющиеся совместно, дополняя и опосредуя друг друга;
- для нужд модельного описания механизмов диффузии инновации рассматривать ин-

новацию как объект, состоящий из двух компонентов – информационного (опыт, имплицитные знания людей, навыки и т. д.) и физического (документация, чертежи, схемы и т. д.). Сопоставить выделенным компонентам инновации механизмы распространения: физический компонент – технологический трансфер, информационный компонент – спилловер знаний;

– в качестве логической модели процесса диффузии и основы математического моделирования ее механизмов принять концепцию жизненного цикла новшества. При рассмотрении каждого этапа учитывать соотношение физического и информационного компонентов инновации (на более ранних этапах превалирует неявное знание в составе инновации);

– при выборе инструментов модельного представления механизмов диффузии инноваций учитывать специфику информационного компонента инновации (свойства неявных знаний об инновации, которые опосредуют процесс и результат передачи новшества);

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям [Текст] / ОСЭР и Евростат: пер. с англ. 3-е изд. М.: ЦИСН, 2010. 192 с.
2. Черенков, В.И. Маркетинговый подход к категории каналов глобальной диффузии инноваций [Текст] / В.И. Черенков // Проблемы современной экономики. 2012. № 2. С. 211–215.
3. Медовников, Д. Неявное знание строителей пирамиды [Текст] : спец. доклад / Д. Медовников, Т. Оганесян // Эксперт. 2012. № 12 (795). С. 18–26.
4. Дулепин, Ю.А. Стратегии трансфера инноваций в инновационных системах / Ю.А. Дулепин, Н.В. Казакова // Инновационный вестник Регион. 2010. № 4. С. 54–59.
5. Майданский, А.Д. Лекция в структуре «неявного знания» [Текст] / А.Д. Майданский // Alma Mater. 2009. № 5. С. 16–19.
6. Силкина, Г.Ю. Пространственно-временная структура инновационных процессов и ее модельное представление [Текст] / Г.Ю. Силкина // Научно-технические ведомости Санкт-Петербур-



бургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 1 (139). С. 309–315.

7. **Губанов, Д.А.** Модели влияния в социальных сетях [Текст] / Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили // Управление большими системами. 2009. № 27. С. 205–281.

8. **Силкина, Г.Ю.** Модели обмена знаниями / Г.Ю. Силкина, С.Ю. Шевченко // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университе-

та. Экономические науки. 2012. № 2–1 (144). С. 125–131.

9. Измерение научно-технической деятельности. Предлагаемая стандарт. практика для обследований исследований и экспериментальных разработок. Руководство Фраскати, 1993 [Текст] / пер. и науч. ред. Л.М. Гохберга. М.: ЦИСН, 1995. С. 94.

10. Инновационное развитие промышленного кластера / А.Б. Анисифоров, [и др.]; под ред. И.В. Ильина, Г.Ю. Силкиной. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 344 с.

REFERENCES

1. Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. 3rd edition. A Joint Publication of OECD and Eurostat. OECD/EC, 2005. 192 p. (rus)

2. **Cherenkov V.I.** Marketingovy podkhod k kategorii kanalov global'noi diffuzii innovatsii. *Problemy sovremennoi ekonomiki*. 2012. Vol. 2. S. 211–215. [Marketing approach to diffusion of innovation channels]. (rus)

3. **Medovnikov D., Ogenesian T.** Neiaavnoe znanie stroitelei piramidy. Spetsial'nyi doklad. *Ekspert*. 2012. № 12 (795). S. 18–26. [Tacit knowledge of the pyramid builders]. (rus)

4. **Dulepin Iu.A., Kazakova N.V.** Strategii transfera innovatsii v innovatsionnykh sistemakh. *Innovatsionnyi vestnik Region*. 2010. № 4. S. 54–59. [Strategies of innovation transfer in innovation systems]. (rus)

5. **Maidanskii A.D.** Lektsiia v strukture «neiaavnogo znaniiia». *Alma Mater*. 2009. № 5. S. 16–19. [Lecture about structure of tacit knowledge]. (rus)

6. **Silkina G.U.** The spatio-temporal structure of innovation processes and it's model presentation. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2012, no. 1 (139), pp. 309–315 (rus)

7. **Gubanov D.A., Novikov D.A., Chkhartishvili A.G.** Modeli vliianiia v sotsial'nykh setiakh. *Upravlenie bol'shimi sistemami*. 2009. №. 27. S. 205–281. [Influence models in social networks]. (rus)

8. **Silkina G.Yu., Shevchenko S.Yu.** Models of knowledge exchange. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2012, no. 2–1(144), pp. 125–132. (rus)

9. Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development – Frascati Manual, fifth edition, OECD, 1993. (rus)

10. **Anisiforov A.B., П'ин I.V., Silkina G.Ju.** Innovatsionnoe razvitie promyshlennogo klastera. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2012. 344 p. [Innovation development of industrial clusters] (rus)

БАКАНОВА Светлана Александровна – аспирант Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: s.bakanova@mail.ru

BAKANOVA Svetlana A. – St. Petersburg State Polytechnical University.

195251. Politekhnicheskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: s.bakanova@mail.ru
