

УДК 330.42;001.895

JEL C22, O32

DOI: 10.17213/2312-6469-2023-2-270-283

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ИННОВАЦИЙ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКАХ С УЧЕТОМ ИНФОРМАЦИОННЫХ АСПЕКТОВ

© А.Ф. Рогачев, А.Б. Симонов 2023

*Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Россия*

Аннотация. Диффузия инноваций значительно влияет на экономические процессы на макро- и микроуровне. При этом нелинейность диффузии инноваций затрудняет ее прогнозирование и управление как инновационными, так и другими связанными экономическими процессами. В данной работе дан обзор некоторых моделей диффузии инноваций. Предложена авторская модель диффузии, учитывающая временные лаги между моментом возникновения спроса на инновацию и созданием инновационного продукта. Показано, каким образом эти лаги влияют на динамику инновационной деятельности. Полученные результаты схожи с положениями теории двойного рынка и цикл Хайпа, при этом позволяют оценить факторы, влияющие на особенности нелинейной динамики диффузии инноваций. Показано, как информационные потоки в региональном разрезе влияют на особенности диффузии инноваций в регионе, и сделаны предложения по оптимизации управления инновационной деятельностью с использованием полученной модели.

Ключевые слова: диффузия инноваций, региональная инновационная система, математическое моделирование, цикл Хайпа

MODELING THE DIFFUSION OF INNOVATIONS IN REGIONAL MARKETS T CONSIDERING INFORMATION ASPECTS

© A.F. Rogachev, A.B. Simonov, 2023

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Abstract. The diffusion of innovations significantly affects economic processes at the macro and micro levels. At the same time, the nonlinearity of the diffusion of innovations makes it difficult to predict and manage both innovative and other related economic processes. This issue provides an overview of some models of innovation diffusion. A new model of innovation diffusion has been created. It takes into account the time lags between the moment of demand for innovation occurrence and the creation of an innovative product. It is shown how these lags affect the dynamics of innovation activity. The results obtained are similar to the provisions of the dual market theory and the Hype cycle, while they allow us to assess the factors influencing the features of the nonlinear dynamics of the diffusion of innovations. It is shown how information flows in the regional context affect the features of the diffusion of innovations in the region. Proposals are made to optimize the management of innovation activities based on the resulting model.

Keywords: diffusion of innovations, regional innovation system, mathematical modeling, hype cycle

Введение

Изучение процесса внедрения и диффузии инновации является одной из важных задач современной экономической науки. В условиях усиления санкционного давления, ухода с российского рынка многих зарубежных производителей и инвесторов, а также продолжающегося влияния пандемии COVID-19, как никогда актуальны вопросы внедрения отечественных аналогов зарубежного продукта, которое можно рассматривать и как диффузию инноваций, и как инновационную деятельность по созданию аналогов с учетом потребностей конкретного рынка.

С другой стороны, усложняющиеся экономические условия диктуют фирмам выбор между одним из двух вариантов стратегического поведения. Первый вариант – выбор стратегии сокращения, попытаться «затянуть пояса» и переждать кризис. Однако этот вариант достаточно неэффективен в условиях затянувшегося кризиса, просто переждать который иногда не получается. Второй вариант – приспособиться к изменившимся условиям, изменяя технологические и бизнес-процессы с учетом последних достижений науки, ища возможности выхода на новые сегменты рынка, создавая новые продукты – то есть проводя инновационную деятельность. И в этих условиях как никогда необходимо понимание сложных нелинейных процессов, сопровождающих внедрение и диффузию инноваций, как на уровне отдельной организации, так и на региональном, а также национальном уровне. На наш взгляд, наиболее пострадавшими от нехватки знаний о соответствующих процессах могут стать именно региональные инновационные системы. С одной стороны, они обладают той гибкостью и возможностью «учиться на ошибках», которая характерна для отдельных организаций. С другой стороны, в отличие от национальных инновационных систем, они не обладают значительным запасом ресурсов, а также возможностью привлечения экспертов для принятия сложных решений, которые облегчают управление научной и внедренческой деятельностью.

Целью данной работы является рассмотрение некоторых моделей выхода на рынок инноваций в контексте изменений, происходящих в региональных инновационных системах; а также рассмотрение созданных авторами моделей и разработка предположений о путях оптимизации управления инновационной деятельностью на региональном уровне с учетом результатов моделирования.

Методика исследования

Рассмотрим наиболее известные модели внедрения на рынок и диффузии инноваций. В рамках данного исследования, кроме особо обговоренных случаев, мы будем считать, что эти процессы имеют очень близкую сущность. Действительно, согласно [1, с. 5] «диффузия – это процесс, посредством которого инновация передается через определенные каналы с течением времени в социальной системе». Такое определение может быть применимо как к продукту инноватора, который выходит на рынок и рас-

пространяется между сегментами рынка; так и к продукту имитатора, который имитируется на основном рынке, распространяется в разные регионы, переходит на новые рынки, при этом частично или значительно изменяясь. Однако, на наш взгляд, характеристики этих процессов не полностью совпадают в связи с особой ролью информации в инновационной деятельности.

Одну из первых содержательную модель диффузии инновации разработали Э. Рожерс и М. Эверет в 1962 году [1]. Согласно ей, принятие инноваций членами общества происходит нелинейно, и число принявших инновацию может быть отображено в виде кривой, близкой к нормальной. Так как число принявших инновацию определяет скорость внедрения инноваций, то сам процесс внедрения может быть описан S-образной кривой.

Рассмотрим типологию моделей (см. табл. 1), моделирующих распространение инноваций со временем, основанных на модели Роджерса, которую приводят Земцов и Барурин в статье [2, с. 19]. Также мы расширили эти модели, включив в типологию ряд моделей распространения инноваций, которые не имеют чисто S-образную форму (см. табл. 2). Большого внимания заслуживают и ряд других типов моделей диффузии инноваций, которые не будут обсуждаться в данном исследовании, в частности, теоретико-игровые модели, модели клеточных автоматов, эконофизические модели [3, 4].

Таблица 1

S-образные модели диффузии инноваций (источник – [2])

Модель (год)	Формула ($d\phi/dt =$)	Точка перегиба	Симметрия
Логистическая/Ферхюльста (1944)	$q\phi(1-\phi)$	0.5	+
Гомперца (1980)	$q\phi \ln(1/\phi)$	0.37	–
Басса (1969) [5]	$(p+q\phi)(1-\phi)$	0.0–0.5	+
Флойда (1962)	$q\phi(1-\phi)^2$	0.33	–
Шарифа - Кабира (Sharif, Kabir) (1976)	$q\phi(1-\phi)^2/(1-\phi(1-e))$	0.33–0.5	+/-
Джейланда (Jeuland) (1980)	$(p+q\phi)(1-\phi)^{(1+E)}$	0.0–0.5	+/-
Смешанного неунифицированного влияния (1983)	$(p+q\phi^2)(1-\phi)$	0.0–1.0	+/-
Несимметричная логистическая (NSRL) (1981)	$q\phi^2(1-\phi)$	0.0–1.0	+/-
Фон Берталанфи (1957)	$(q/(1-Q))(1-\phi^{(1-Q)})$	0.0–1.0	+/-

Наиболее известные S-образные модели диффузии инноваций отражены в табл. 1, где используются обозначения:

ϕ – доля рынка, занятая инновационным продуктом, от максимально возможного объема продаж инновационного продукта;

q – константа, показывающая эффективность распространения инноваций путем «сарафанного радио» между участниками рынка;

p – константа, показывающая эффективность распространения инноваций при помощи инфляции.

Также в конкретных моделях используются другие константы ($E \leq 0$, $0 \leq e \leq 1$, $0 \leq Q$).

Простейшей, но весьма эффективной моделью диффузии инноваций является логистическая модель (см. рис. 1). Данная модель является своеобразной базой для большинства других моделей диффузии инноваций, и ее параметры и поведение имеют глубокий экономический смысл. При малых значениях φ (например, небольшом объеме инновационного товара) модель показывает экспоненциальный рост с очень маленькой абсолютной скоростью, но с очень высоким ускорением. В этот период вложения в инновации дают наибольший экономический эффект, но они наиболее рискованны, а сами фирмы, производящие инновации, незаметны для рынка, инвесторов и регулятора, а значит, не получают достаточной поддержки, что существенно снижает скорость их внедрения.

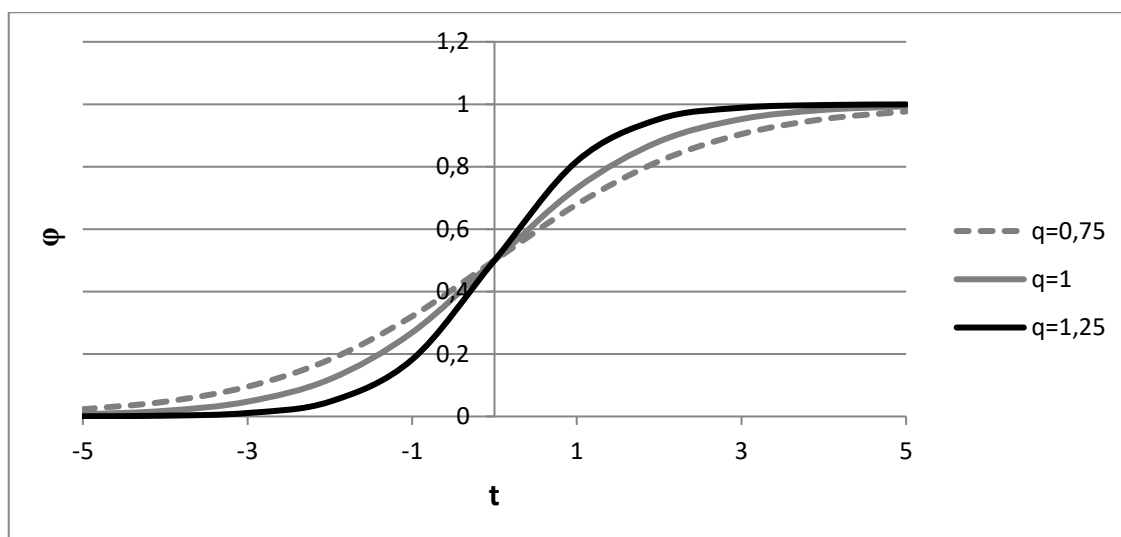


Рис. 1. Логистическая кривая при различных значениях q

При значениях φ , близких к 0,5, происходит рост, близкий к линейному. В этот период в инновации происходит достаточно большой объем инвестиций, что приводит к быстрому росту фирм-инноваторов или внедрению инноваций в крупных предприятиях. При больших значениях φ происходит замедление роста и «выход на плато». Более подробное описание данной модели и описание ее экономического смысла можно прочитать в посвященных изучению данной модели работах Р.М. Нижегородцева [6, 7].

Другие S-образные модели имеют поведение, схожее с поведением логистической функции. Особо надо отметить модель Басса [5], в которой учитывается влияние рекламы на внедрение инновационного продукта. На начальных стадиях внедрения это влияние высоко, что приводит к выводу о необходимости активного информационного сопровождения выходящего

на рынок продукта. Однако в дальнейшем эффективность рекламы падает, и основная часть последователей начинает привлекаться «сарафанным радио».

Рассмотренные S-образные модели могут быть модифицированы таким образом, чтобы учитывать пространственное распространение инноваций. Простейшим подходом является рассмотрение распространения в пространстве в зависимости от расстояния до центра инноваций (например, [2]). Такая модель (1), полученная на основе преобразования, например, модели Басса, может иметь вид:

$$(\partial F(x,t))/\partial t = (p(x)+b(x)F(x,t))[F_{\max}(x)-F(x,t)], \quad (1)$$

где F – число потребителей; x – расстояние до центра; t – время.

После интегрирования получаем

$$F(x,t) = \frac{\frac{\bar{F}(x)-p(x)(\bar{F}(x)-F_0(x))}{p(x)+b(x)F_0(x)} \cdot e^{-(p(x)+b(x)\bar{F}(x)) \cdot (t-t_0)}}{1 + \frac{b(x)(\bar{F}(x)-F_0(x))}{p(x)+b(x)F_0(x)} \cdot e^{-(p(x)+b(x)\bar{F}(x)) \cdot (t-t_0)}} \quad (2)$$

Однако подобные модели не соответствуют нескольким эмпирически выявленным особенностям диффузии инноваций. Поэтому во второй половине XX - начале XXI века был создан ряд более сложных моделей диффузии инноваций. Некоторые из этих моделей, наиболее, на наш взгляд, важные с точки зрения моделирования диффузии инноваций на уровне региона, отражены в табл. 2.

Таблица 2

Не S-образные модели диффузии инноваций

Название	Краткое описание
Модели, имеющие более сложный профиль	
Мура (1991) (теория двойного рынка)	Модель описывает «пропасть» между ранними последователями (визионерами) и ранним большинством (прагматиками), что приводит к кризису при внедрении продукта
Цикл Хайпа (Gartner, начиная с 1995)	Модель описывает завышенные ожидания и «пропасть разочарования» продуктом, что приводит к кризису перед выходом на плато
Модели территориального распространения инноваций	
Хегерстранда (1967)	Учитывает неравномерное распространение инноваций, сопровождающееся возникновением новых центров инноваций в удаленных регионах на ранних стадиях, с последующим восстановлением равномерности на этапе насыщения
Двухпространственная модель территориальной организации общества (2011)	Разделение в модели распространения нововведений «инновационного пространства», в котором диффузия описывается иерархической диффузией, и «факторного пространства», в котором инновации распространяются в зависимости от наличия условий для их распространения

Приведенные модели позволяют значительно уточнить представления о диффузии инноваций в горизонтальном разрезе по сравнению с простейшими моделями. Рассмотрим их подробнее.

Теория двойного рынка [8] подразумевает наличие разрыва между новаторами и ранними последователями (ранним большинством). С одной стороны, для раннего большинства новаторы не являются достаточно эффективным источником информации о предлагаемых инновационных продуктах, поэтому решения о приобретении и использовании инноваций представителями раннего большинства принимаются по истечении некоторого времени, необходимого для изучения инновации. С другой стороны, новаторы обычно способны изменить новый продукт для своих нужд или изменить структуру своих процессов так, чтобы использовать новый продукт. Представители же раннего большинства хотят получить «коробочное решение», которое можно использовать, обладая минимумом специальных знаний. В результате, динамика инновационных продаж после пика не выходит на плато, а начинается спад, который длится достаточно продолжительное время (2-5 лет), и лишь потом начинается новый рост объемов инновационной деятельности, формируется второй пик и происходит выход на плато.

Создатель теории двойного рынка Мур описал такие кризисные процессы, назвав их «пропастями» и разработал рыночные инструменты по их преодолению. В дальнейшем, именно подобная динамика была эмпирически обнаружена, в частности, в исследованиях Якоба Голденберга, Барака Либайя и Итана Мюллера [9]. Считается, что «кризис доткомов», произошедший в 1998-2000 годах, имеет причины, связанные именно с падением объемов создания инновационного продукта (интернет-сайтов) в подобную «пропасть» (после чего произошло восстановление популярности сайтов и еще более активное распространение интернета).

Для моделирования диффузии инноваций согласно теории двойного рынка естественно использовать сочетание нескольких логистических моделей; либо модели, схожей с нормальной для моделирования «раннего» рынка, и логистической модели для моделирования «основного» рынка. Также можно описывать параметры такой модели через набор показателей. Например, применение этих подходов для теоретических и эмпирических моделей достаточно подробно описано в [9] или [10].

Другой моделью, схожей с моделью Мура, по предсказываемой динамике инновационной деятельности, но отличающейся от нее по обоснованию этой динамики, является цикл Хайпа. Это эмпирическая модель, которая также описывает наличие пика создания инновационного продукта (и инвестиций в них) с последующим падением в «пропасть разочарования», новым ростом и выходом на «плато продуктивности». Как и в случае теории двойного рынка, цикл Хайпа предполагает наличие кризиса с последующим ростом в ходе диффузии инноваций, однако связывает его, в

первую очередь, с изменением ожиданий участников рынка, а не со сложностью распространения информации от одной группы покупателей к другой. Данная модель разработана компанией Гартнер [11], которая отслеживает различные инновационные технологии и отмечает, на каком этапе цикла они находятся.

Математическое моделирование цикла Хайпа может производиться через аппроксимацию суммой логистических функций, как например, в работе [12]; или экспоненциальными и полиномиальными функциями, как это реализовано, например, в [13]. Однако, на наш взгляд, эти модели скорее соответствуют логике модели Мура о том, что рынок инновационного товара состоит из нескольких частей, или идеи композиции жизненного цикла инноваций из жизненного цикла технологий, которая высказывалась, в частности, С.Ю. Глазьевым.

Идея о неверной информационной оценке, «хайпе», на наш взгляд, требует других подходов к моделированию, основанной на моделировании не только создания и потребления инноваций, но и на моделировании информационных потоков между участниками инновационного процесса при диффузии инноваций. Такие модели могут потребовать развития иного инструментария моделирования.

Эта логика, сочетающая моделирование распространения инноваций и распространения информации о них, на наш взгляд, особо актуальна при изучении пространственной диффузией инноваций. Она достаточно хорошо согласуется с логикой некоторых моделей в этой области. Так модель Хегерстранда подразумевает, что пространственное распространение инноваций проходит четыре этапа. На первом этапе происходит экспоненциальный рост в центре инновационной деятельности, сопровождающийся резким контрастом между этим центром и периферией, что хорошо описывается моделью (1). На втором этапе происходит расширение географии инновационной деятельности и возникновение новых центров инновационной деятельности, что можно связать скорее с информационными потоками, соответствующими иерархичности экономической и социальной среды, и соответствует каскадной диффузии в [14] или [15]. На третьем этапе географической диффузии происходит накопление и расширение инновационной деятельности на всем пространстве, что может быть описано множеством логистических кривых. И, наконец, на четвертом этапе происходит насыщение и постепенное выравнивание числа пользователей в центре и на периферии.

Данная модель дополнена моделью диффузии инноваций Бабурина [14], в которой выделяются только два типа пространства (регионов) – «инновационного пространства» и «факторного пространства», однако более подробно отражены различия в процессах диффузии инноваций в этих пространствах. Интеграция этих двух пространств позволяет получить единое инновационно-факторное пространство, в рамках которого осу-

ществляется кругооборот инноваций. Как показано в [14], такая модель достаточно эффективно может моделировать диффузию реальных инновационных процессов. Однако остаются вопросы о причинах разделения пространств на два типа, источники которого, на наш взгляд, необходимо искать в особенностях информационного поля с учетом иерархической декомпозиции в пространственных (в том числе, региональных) системах.

Результаты

В большинстве моделей диффузии инноваций, основанных на модели Роджерса, изучаются в первую очередь пользователи инновационного продукта: их предпочтения, географическое положение (как в модели Хегерстранда), потоки информации между пользователями (как в модели Басса или модели Мура). Однако, на наш взгляд, для объяснения процессов, учитываемых, например, в модели Хайпа, необходимо учитывать и других участников инновационного процесса, в первую очередь, производителей и инвесторов.

Предположим, что массовое производство инновационного продукта осуществляется исходя из информации об объеме спроса, который описывается моделью Басса. Однако между принятием решения о расширении объема производства и началом собственно производства возникает инвестиционный лаг $T_{инв}$, в результате чего в ходе диффузии инновации объем производства будет существенно ниже спроса (за счет запаздывания процесса производства и отсутствия верного прогноза). Если предположить, что спрос создается за счет эффекта общения без покупки инноваций, модель (исходя из вычислений, описанных в [5]) имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dF}{dt} = (p + qF(t)) \times (1 - F(t)) \\ Q(t) = F(t - T_{инв}) \end{cases} \quad (3)$$

где F – объем спроса, а Q – объем предложения. Если считать, что покупатели делают свой выбор только после общения с реальными покупателями товара, то в первом уравнении необходимо заменить F на Q . Выбор между этими вариациями модели надо в каждом конкретном случае делать исходя из особенностей конкретной инновации.

Общий объем недопроизведенного продукта из-за неточности прогнозной информации за все время диффузии инноваций можно описать формулой:

$$\begin{aligned} F(t) - Q(t) &= F(t) - F(t - T_{инв}) = \\ &= \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t}} - \frac{1 - e^{-(p+q)(t-T_{инв})}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)(t-T_{инв})}}. \end{aligned} \quad (4)$$

С точки зрения регулятора наиболее важна именно потеря объема производства, однако достаточно легко модифицировать приведенные формулы для учета недополученной прибыли производителями.

Для иллюстрации результатов применения модели (2) нами в рамках образовательного процесса была создана имитационная модель в среде AnyLogic, и были проведены имитационные эксперименты, результаты которых (для конкретного набора числовых данных) отражены ниже.

На рис. 2 слева отражены полученные в результате моделирования величина спроса и объем производства, а также разрыв между ними (параметры модели $p = 0,011$; $q = 0,15$; $T_{инв} = 2$). Справа на рисунке отражен объем недопроизведенного продукта в каждый момент времени и суммарный объем недопроизведенного продукта. Очевидным образом объемы спроса и предложения описываются S-образной кривой, а объем потерянного спроса имеет вид нормального закона распределения. При этом размеры потерянного спроса пропорциональны инвестиционному лагу.

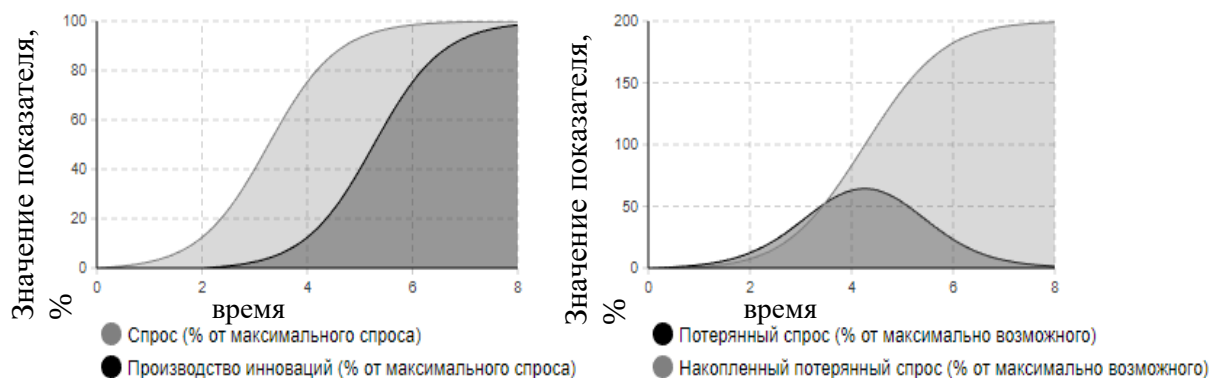


Рис. 2. Отличие между спросом и объемом инновационного продукта для модели с инвестиционным лагом

Моделируемый недостаток объемов производства инновационного продукта приводит к тому, что, потребители будут недополучать потребительскую полезность, замещая инновационный продукт менее эффективными аналогами, а государство будет недополучать налоги. Производители, в свою очередь, за счет увеличения объемов продаж могут увеличить прибыль, поэтому они будут стараться предсказать динамику спроса и заблаговременно увеличить объем инвестиций, опираясь на имеющуюся рыночную информацию (принося пользу и себе, и обществу).

Для построения достаточно подробной модели об объеме инвестиций в увеличение объемов производства инновации можно было бы оценить рост цен из-за дефицита инновационного продукта и предположить, что инвестиции будут пропорциональны норме сверхприбыли, получаемой инноваторами. Однако такая модель включала бы в себя слишком большое количество показателей, характеризующих рынок, а не собственно инновационный процесс. Поэтому нами была построена упрощенная модель, учитывающая принятие решения инноватора об увеличении объемов про-

изводства на основе величины разрыва между текущим объемом производства и спросом.

В модели мы предполагаем, что инвесторы учитывают не только информацию о текущем объеме спроса, но и величину не удовлетворенного на данный момент спроса, предполагая, что он будет сохраняться и в будущем. Это предположение весьма логично и согласуется с нашими представлениями о рынке, так как неудовлетворенный спрос приводит к повышению цены и возникновению сверхприбыли, что естественным образом привлекает инвесторов. Таким образом, объем производства инновационного продукта в период T можно принять равным:

$$Q(t) = F(t - T_{\text{инв}}) + K_R \cdot [F(t - T_{\text{инв}}) - Q(t - T_{\text{инв}})], \quad (5)$$

где K_R – коэффициент отклика на нехватку инновационного товара.

Результаты моделирования, отраженные на рис. 3 (при $K_R = 0,5$), во многом напоминают цикл Хайпа. Производство инноваций на этапе линейного роста спроса и последующего его замедления гораздо лучше соответствует спросу, чем в модели без предсказания, однако в какой-то момент возникает переизбыток инновационного товара, «пик завышенных ожиданий», после чего возникает кризис. Если значение $K_R < 1$, то после небольших колебаний производство инноваций эффективно выходит на плато (иначе возникают незатухающие колебания).

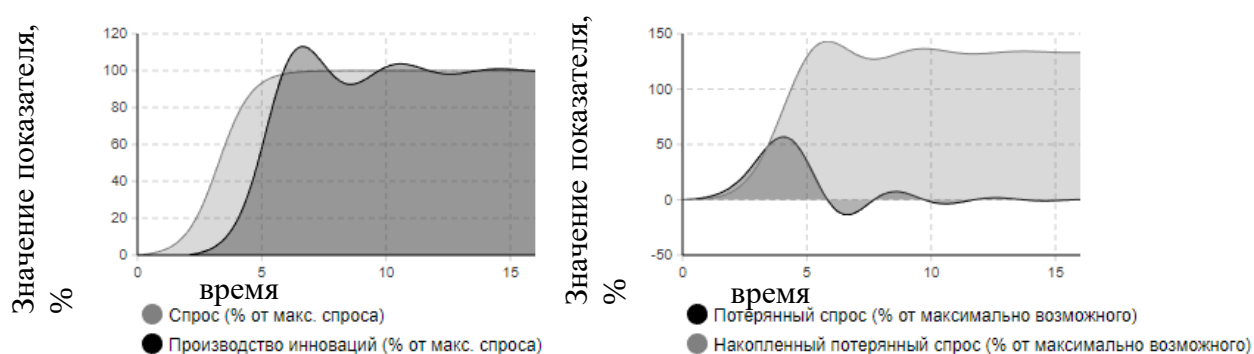


Рис. 3. Динамика производства инноваций при реакции производителя на информацию о высоком спросе

Как видим из рисунка (рис. 3), объем недопроизведенного товара в данной модели к инвестированию гораздо меньше, чем при модели с инвестициями исходя из текущего состояния рынка. Однако в данной модели появляется кризис перепроизводства, в котором часть произведенного продукта может теряться. Этот кризис будет менее острым, если есть возможность складирования инновационного продукта и переноса его потребления во времени, когда спрос на продукт будет превышать его производство (в «пропасти разочарования»), и/или возможность передачи товара в другие регионы (или на другие рынки). Однако для инноваций постиндустриальной эпохи потребление сильно сегментировано и даже индивидуализировано, что усложняет передачу инноваций. Более того, часто отло-

женное потребление (например, ИТ-сервисами) невозможно, что усиливает описываемые тенденции, делая более ярко выраженными «пик завышенных ожиданий» и последующую «пропасть разочарования». На наш взгляд, именно это привело к тому, что данный феномен (теория двойного рынка, цикл Хайпа) стал активно изучаться только в конце XX века.

На величину кризиса «разочарования», согласно нашей модели, в первую очередь влияет коэффициент K_R . При этом при больших значениях K_R растет эффективность предсказания в смысле снижения общих потерь от недопроизводства (при учете перераспределения товара), но растет и глубина кризиса после пика (на величину самого пика K_R влияет незначительно), а близкие к 1 значения коэффициента могут привести к незатухающим колебаниям. Величина лага между инвестициями и началом производства $T_{инв}$ также ухудшает все показатели, связанные с кризисом – увеличиваются суммарное перепроизводство, усиливается падение в «пропасть разочарования», а сам кризис длится дольше.

Построенная модель достаточно хорошо согласуется с положениями «цикла Хайпа», она позволяет смоделировать и предсказать диффузию инноваций исходя из ожидаемого инвестиционного лага и степени отклика на нехватку инновационного товара. Также важной особенностью модели является то, что она предсказывает возможность облегчения кризиса при снижении скорости роста спроса и роста потребления. Государство может повлиять на эффективность принятия решения на этом этапе, снижая помощь инновационным организациям (или даже вводя дополнительные резервные требования, усиливая регулирование, даже вводя налоги) в момент приближения «пика завышенных ожиданий» на основании данной модели либо на основании экспертных оценок. Это контрастирует с поведением государства на ранних стадиях роста (близкого к экспоненциальному), где государство должно оказывать максимальную помощь инноватору для выхода на высокие объемы производства (что будет многократно ускорять инновационный процесс в целом).

Интересно, что данная модель, в целом, согласуется с положениями моделей территориальной диффузии инноваций. В регионах «инновационного пространства» (как и в фирмах этих регионов) объемы создаваемой инновации будут в наиболее полной мере описываться второй из рассмотренных моделей. Здесь будет наблюдаться долгий экспоненциальный рост при небольших объемах производства на этапе возникновения инноваций; затем быстрый, почти линейный рост, «пик завышенных ожиданий», падение и выход на плато. Фирмы-инноваторы вначале будут стремиться к централизованному размещению в инновационных кластерах, чтобы получить выгоду от обмена информацией между подобными же фирмами, а также между ними и научно-исследовательскими учреждениями; при этом размеры таких кластеров и расстояние, на которые они будут продавать продукты, будут постепенно расширяться. Избыток инновационного про-

дукта будет продаваться в близлежащие регионы, ускоряя там потребление инноваций, но создавая в них конкуренцию местным инноваторам.

Примерно такая же картина будет наблюдаться в регионах – ранних последователях, однако в них сам рост до кризиса будет короче, и общая эффективность инновационной деятельности, скорее всего, будет незначительно ниже. При этом сами такие регионы будут возникать, с одной стороны, достаточно близко от «инновационного ядра» и друг от друга, чтобы получать выгоду от обмена информацией и сетевого эффекта, но, с другой стороны, достаточно далеко, чтобы не терять от прямой конкуренции с другими инновационными регионами.

В регионах – поздних последователях начало роста инновации может совпасть либо с пиком завышенных ожиданий, либо с кризисом. В первом случае инноваторы в таких регионах будут испытывать сильнейшую конкуренцию со стороны производителей инновации из регионов «инновационного пространства», во втором – страдать от последствий кризиса. Поэтому потребление инновационного продукта в таких регионах вначале будет осуществляться за счет инноваций, импортируемых из других регионов с огромным дисконтом во время «пика завышенных ожиданий», когда производство в «инновационных регионах» будет заметно превышать потребление в них. Реальное производство в регионах – поздних последователях начнется только после прохождения кризиса в «инновационных территориях». Это связано с тем, что производство в «инновационных территориях», сократившееся после кризиса, будет настроено на сами эти регионы, а инвесторы будут искать регионы, в которых производство инновации еще не велико, а значит там возникает сверхприбыль на этапе линейного роста логистической кривой.

Отметим, что с информационной точки зрения создание инноваций в таких регионах будет отличаться от регионов – инновационных территорий. Во-первых, исходя из опыта прохождения другими регионами «пика завышенных ожиданий», инвесторы в регионах – поздних последователях могут более точно оценивать ожидаемое максимальное количество пользователей, в результате чего не будет возникать перепроизводства и избыточного падения. В итоге, на поздних этапах диффузия инноваций будет описываться логистической кривой (или даже будет почти линейной). С другой стороны, и на ранних этапах производители инноваций будут иметь дело уже с достаточно сформированным спросом (за счет контактов потенциальных покупателей с пользователями инновационного продукта из других регионов). А значит, они смогут меньше зависеть от рекламы, быстрее выводить товар на рынок и, в целом, иметь дело с предсказуемым и почти линейным ростом объемов инновационного продукта. Все эти рассуждения в достаточной степени согласуются с рассуждениями Бабурина о «ресурсных территориях», где ожидается именно такая, достаточно предсказуемая динамика. За эту предсказуемость и низкие риски «ресурсным

территориям» приходится платить отставанием в развитии, отсутствием сверхприбылей на ранних этапах диффузии инноваций, а также зависимостью от инноваций из других регионов до этапа насыщения.

Выводы

Построенные модели, основанные на учете инвестиционного лага и нехватке информации о будущем состоянии рынка, оказались в достаточной степени соответствующими теоретическим представлениям о диффузии инноваций. Изменяя параметры модели для различных регионов, можно эффективно предсказывать диффузию инноваций в зависимости от типов регионов, а также выделять информационные, технологические, рыночные и иные факторы, влияющие на динамику инноваций, и управлять ими. В частности, хотя модель не может предсказать точное время наступления «пики завышенных ожиданий» и последующего кризиса, она позволяет выработать порядок действий для снижения глубины кризиса.

Построенная модель может развиваться как в сторону усложнения логики, которая может учитываться в имитационной модели, так и в сторону построения более простых, но и более формальных математических моделей, которые позволят провести подробный математический анализ различных факторов. Использование данных моделей в ходе управления на уровне региона, как представляется, позволит повысить качество прогнозирования динамики инновационной деятельности и улучшить условия для нее в регионе.

Список источников

1. Rogers, Everett M. Diffusion of innovations / Rev. ed. of: Communication of innovations. 2nd ed. – New York: A Division of Macmillan Publishing Co, Inc., 1971. - 453p. Режим доступа: <https://teddykw2.files.wordpress.com/2012/07/everett-m-rogers-diffusion-of-innovations.pdf> (дата обращения: 01.02.2023).
2. Земцов, С.П. Моделирование диффузии инноваций и типология регионов России на примере сотовой связи / С.П. Земцов, В.Л. Бабурин // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 4. С. 17-30.
3. Цветкова, Н.А. Модели и метод управления процессом распространения инноваций с учетом их взаимного влияния в социально-экономических системах: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 защищена 26.09.2018 / Н.А. Цветкова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург, 2018. 156 с.
4. Рогачев, А.Ф. Генезис математических моделей экономифизики как путь к продовольственной безопасности / А.Ф. Рогачев, А.В. Шохнех // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 1. С. 410-413.
5. Norton, John A.; Frank M. Bass. A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products// Management Science. 1987. 33 (9): 1069–1086.
6. Нижегородцев, Р.М. Логистическое моделирование экономической динамики. Ч. I / Р.М. Нижегородцев // Проблемы управления. 2004. № 1. С. 46-53.
7. Нижегородцев, Р.М. Логистическое моделирование экономической динамики. Ч. II / Р.М. Нижегородцев // Проблемы управления. 2004. № 2. С. 52-58.
8. Moore Geoffrey A. Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers – Harper Business Essentials, 1991. 227 p.

9. Riding the saddle: How cross-market communications can create a major slump in sales / Goldenberg Jacob, Barak Libai, Eitan Muller // Marketing. – No. 66 (2). С. 1-16. Режим доступа: <https://www.mir-nayka.com/jour/article/view/603/606> (дата обращения: 01.02.2023).
10. Управление жизненными циклами промышленных технологий / В.Н. Кононов, Е.С. Замбрыцкая, Р.Р. Дема, М.В. Харченко // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2018. № 1 (61). С. 76-87.
11. Сайт компании Gartner [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gartner.com> (дата обращения: 01.02.2023).
12. Минаков, В.Ф. Моделирование ажиотажного цикла Гартнера / В.Ф. Минаков // Цифровая конвергенция в экономике и управлении: Сборник научных трудов / Под ред. В.В. Трофимова, В.Ф. Минакова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. С. 13-19.
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613130 Российская Федерация. Программный модуль структурно-параметрической идентификации аппроксимирующих кривых Гартнера функций. № 2020666713: заявл. 16.12.2020; опубл. 02.03.2021 / М.В. Артеменко, Е.Г. Каменский, О.А. Гримов [и др.].
14. Бабурин, В.Л. Двухпространственная модель территориальной организации общества / В.Л. Бабурин // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2011. № 1. С. 3-8.
15. Блануца, В.И. Пространственная диффузия нововведений: сфера неопределенности и сетевая модель / В.И. Блануца // Региональные исследования. 2015. № 3 (49). С. 4-12.

Поступила в редакцию

20.01.2023

Рогачев Алексей Фруминович – доктор технических наук, профессор, член-корр. РАЕ, академик МАНОИИ, профессор кафедры «Информационные системы в экономике», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»; профессор кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия.

Rogachev Alexey F. – Doctor of Engineering Science, professor, professor at the Department of Information Systems in Economics of the Volgograd State Technical University; professor at the Department of Mathematical Modeling and Computer Science, Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia.

Симонов Алексей Борисович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы в экономике», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия.

Simonov Alexey B. – Candidate of Economic Science, associate professor, associate professor at the Department of Information Systems in Economics of the Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.

Россия, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26

26, University ave., Volgograd, 400002, Russia

Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28

28, Lenin ave., Volgograd, 400005, Russia

e-mail: absimonov@gmail.com

e-mail: rafr@mail.ru