

ЗАРУБЕЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОГО АНАЛИЗА ИННОВАЦИЙ¹

И.Н. Дубина

Представлен обзор современных исследований, посвященных применению методов теории игр для анализа различных аспектов инновационной деятельности. Охарактеризованы модели поведения инновационной фирмы в конкурентной среде, стратегии передачи прав на объекты интеллектуальной собственности, варианты организационно-экономических отношений участников инновационного консорциума и вопросы формирования инновационной политики.

Ключевые слова: теория игр, инновация, конкуренция, лицензирование, инновационный консорциум.

ВВЕДЕНИЕ

Принципы и методы теории игр нахождения оптимальных решений в ситуациях конкуренции, неопределенности и риска широко применяются сегодня в самых разных областях, в том числе для моделирования и анализа инновационной активности фирм. В данной статье представлен обзор работ, посвященных применению методов теории игр для анализа различных аспектов инновационной деятельности и опубликованных в зарубежных изданиях в течение последних 30 лет. Представленное исследование основано на использовании полнотекстовых баз данных, содержащих монографии, доклады, диссертации и статьи из нескольких тысяч академических журналов. В частности, использовались такие ресурсы, как EBSCO, Cambridge Scientific Abstract (CSA), Electronic Information Service, Web of Science (Science Citation Index and Social Sciences Citation Index), ScienceDirect, SpringerLink, Emerald Management Xtra, JSTOR (Journal Storage), LexisNexis Academic, NetLibrary, Oxford Scholarship Online, Web of Knowledge и др.

¹ Работа подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант № 10-06-98008-р_Сибирь_а.

Доступ к информационным ресурсам, использованным для проведения данного исследования, был предоставлен Центрально-Европейским университетом (г. Будапешт) по гранту CEU Special Program Office, Special and Extension Programs.

Обзоры статей, посвященных теоретико-игровому моделированию инновационной активности и опубликованных в 1970—1980-х гг., представлены в работах [1, 2], которые показывают, что за этот период было опубликовано всего около 30 статей, непосредственно посвященных анализу инноваций с использованием теоретико-игровых моделей. За последние 10 лет число публикаций по этой теме значительно увеличилось. В частности, в базе EBSCO, содержащей тексты статей из более, чем 10 тыс. периодических изданий и почти 11 тыс. монографий и диссертаций, зарегистрировано всего 6 работ, связанных с инновациями и теорией игр и опубликованных в 1960-х гг., 20 — в 1970-х, 10 — в 1980-х, 29 — в 1990-х и 105 — в 2000-х гг.

Однако обращает на себя внимание тот факт, что «область пересечения» теории игр и исследований в области инноваций остается очень узкой. Например, в базе EBSCO зарегистрировано всего 170 статей, в тексте которых встречаются слова, релевантные терминам «теория игр» (game theory) и «инновации» (innovation), и опубликованных в период с 1962 по 2009 г. Но в этой же базе зарегистрировано 25 056 статей со словами «теория игр» и 807 989 статей со словами, близкими к слову «инновации». Чтобы исключить статьи со «случайным» попаданием в текст популярного слова «инновация», отбирались работы, в которых слова «теория игр» и «инновации», а также близкие к ним по контексту (например, R&D), включены либо в заголовок статьи, либо в раздел ключевых



слов, либо в аннотацию. Таких статей в EBSCO зарегистрировано всего 55. В этой же базе зарегистрировано 21 850 статей, непосредственно относящихся к теории игр, 665 581 — к различным аспектам инновационной деятельности и 82 191 — к анализу НИОКР (R&D). Такой результат с определенной степенью условности может быть интерпретирован следующим образом: лишь в около 0,25 % статей по теории игр прямо рассматриваются возможности ее применения к инновационной деятельности и менее чем в 0,01 % статей, связанных с обсуждением инноваций, применяются методология и инструментарий теории игр. Сходные соотношения обнаруживаются и по другим исследовательским базам. Например, в Web of Knowledge зарегистрировано 1028 статей по теории игр, 9612 — по инновациям и всего 17 статей по тематике теории игр и инноваций. «Узость» пересечения двух исследовательских направлений представляется неожиданным результатом, принимая во внимание чрезвычайную популярность и широту исследований в области инноваций, а также тот факт, что теория игр уже давно рассматривается в качестве неотъемлемого методологического элемента серьезного экономического анализа.

Тем не менее, общее число англоязычных публикаций по рассматриваемой проблематике, зарегистрированных в ведущих исследовательских базах, составляет около 300. Эти работы представляют широкое разнообразие теоретико-игровых моделей разной сложности и прикладной направленности. На основе анализа этих публикаций в данной статье выделяются и иллюстрируются конкретными моделями основные направления приложений теории игр к анализу инноваций.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИННОВАЦИЙ

Направления теоретико-игрового анализа инноваций, представленные в зарубежной литературе, концентрируются преимущественно на двух уровнях анализа «инновационных игр»:

- межорганизационные игры, в которых основными игроками выступают фирма, ее конкуренты, партнеры (например, инвесторы, дистрибьюторы, поставщики, исследовательские центры), клиенты, владельцы прав на объекты интеллектуальной собственности;
- мета-организационные игры, в которых игроками выступают государственный институт, определяющий инновационную политику, и агрегированный инновационный предприниматель.

На основе моделирования инновационных игр на межорганизационном уровне разрабатываются

оптимальные стратегии конкуренции и сотрудничества на высокотехнологических рынках, определяется оптимальный размер инвестиций в исследования и разработки (R&D), выбираются эффективные механизмы распределения результатов, получаемых от инновационных проектов, рассчитывается время вывода нового продукта на рынок, согласовываются параметры контрактов по передаче прав на использование новых технологий, «ноу-хау» и др. На мета-организационном уровне анализа инноваций с помощью теории игр предлагаются модели регулирования прав на интеллектуальную собственность, стимулирования инновационной активности в странах и регионах, развития инновационных кластеров и т. д.

В то же время, в зарубежной литературе почти не представлены теоретико-игровые исследования инновационной деятельности на внутрифирменном уровне, где в качестве основных игроков выступает менеджер проектов или администратор ресурсов и сотрудники фирмы — инициаторы и исполнители инновационных проектов. Основная задача теоретико-игрового моделирования на этом уровне заключается в разработке и обосновании оптимальных вариантов организационного и экономического взаимодействия участников внутрифирменной инновационной активности для эффективного стимулирования и активизации новаторской деятельности сотрудников, распределения полномочий и ресурсов при выполнении проекта, эффективной командной работы и т. д. [3]. Отметим, что в русскоязычной литературе теоретико-игровые модели и методы развития инноваций на внутрифирменном уровне представлены более обстоятельно [4].

Для моделирования инновационной деятельности применяются как кооперативные, так и некооперативные игры, причем последние представлены в литературе в значительно большей степени. Модели кооперативных игр используются преимущественно для решения проблем оптимального распределения результатов инновационных проектов среди их участников. Некооперативные игры с их фундаментальным принципом равновесия Нэша применяются для анализа очень широкого спектра проблем, включая инвестирование инновационных проектов, приобретение лицензий, выбор инновационных стратегий и др.

Во многих исследованиях специфика инновационных процессов «прячется» в используемой модели. Так, часто предполагается, что результатом инноваций становится снижение производственных затрат, повышение качества продукции и т. д., что в конечном счете приводит к получению дополнительной прибыли. Таким образом,

исследователи уходят от латентных и неизмеряемых или сложно-измеряемых переменных (например, уровня творческой активности сотрудников или интенсивности новаторской деятельности) к неким агрегированным параметрам (например, затратам на исследования и разработки, которые, как считается, отражают интенсивность новаторской деятельности). Снижение затрат, повышение качества, введение новых производственных и организационных решений, приносящих дополнительные эффекты, формализуется в виде «дельта»-параметров, включаемых в платежные функции игроков. Характерные особенности инновационных процессов часто моделируются вполне традиционно. Например, принимается, что прибыль фирмы, осуществляющей новый проект, составит H в случае успешного проекта с вероятностью x и L , если проект не будет удачным; тогда ожидаемый результат, включаемый в модель, вполне естественно определяется как математическое ожидание $P = xH + (1 - x)L$ [5]. Довольно часто в модель вводятся случайные переменные (параметры-возмущения), характеризующие неопределенность спроса на новый продукт, непредвиденные изменения затрат на осуществление проекта и т. д.

Теоретико-игровой анализ инноваций в большинстве случаев основан на вполне традиционных моделях теории игр. Например, во многих теоретико-игровых моделях инноваций используется классическая игра Штакельберга, известная также как игра «лидер — последователь». Тем не менее, в ряд моделей их авторы включают параметры, характеризующие специфические особенности инновационной деятельности, например, «устаревание» знаний и технологий, накопление знаний, эффект влияния уровня новизны разрабатываемого продукта на затраты и спрос и др. В качестве примера приведем модель, в которой «уровень инновационности» δ разрабатываемого продукта определяет затраты на его разработку $c(\delta) = x\delta^2$, $0 < x < 1$, и предполагается, что новый продукт будет восприниматься потребителями как «лучший», что приведет к увеличению спроса на величину, пропорциональную δ (желание потребителей платить больше за «новизну» зависит от «уровня новизны») [6]. Другой пример иллюстрирует отражение фактора риска в разрабатываемых моделях. В работе [7] функция $F = 1 - e^{-ht}$ представляет вероятность того, что разработанный фирмой новый продукт сможет быть воспроизведен ее конкурентом через промежуток времени t . Если это произойдет, прибыль фирмы снизится с «монопольного уровня» P_m до уровня P_0 , получаемого в условиях олигополистической конкуренции, следовательно,

величина $[(1 - F)P_m + FP_0]$ может рассматриваться как ожидаемые денежные поступления фирмы-инноватора, а параметр $h \geq 0$ — как показатель риска имитации (соответственно, предполагается, что значение этого параметра снижается при ужесточении законов, защищающих права интеллектуальной собственности).

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ФИРМ В КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЕ

Большинство зарубежных публикаций, представляющих теоретико-игровые модели инновационной деятельности, ключевую роль отводят конкуренции. Классическая постановка проблемы инновационной конкуренции дана в работе [8]. Каждая из n конкурирующих фирм принимает решение об объеме ресурсов, инвестируемых в исследования и разработки (R&D), и направлении этих разработок. Инновационные стратегии могут различаться не только вероятностью их успеха в смысле коммерческой выгоды, но и тем, какую пользу можно извлечь из «провала» того или иного проекта. Выбор стратегии влияет не только на положение каждой фирмы на рынке, но и на технологическое развитие и производственную структуру рынка в целом. П. Дасгупта и Дж. Стиглиц [8, 9] предложили общую динамическую модель для анализа поставленной проблемы и взаимосвязи структуры рынка и технологических инноваций. Эта модель, несмотря на ее теоретичность и весьма абстрактный характер, послужила основой для последующей разработки широкого спектра моделей инновационной конкуренции.

Например, Р. Селлини и Л. Ламбертини [10] предложили динамическую модель для определения оптимальных стратегий по инвестированию инновационных разработок для увеличения степени дифференцированности выпускаемой продукции в условиях олигополистической конкуренции. Х. Смит и Л. Тригеоргис [11, 12] иллюстрируют конкурентные стратегии серией модельных примеров: от простых симметричных решений двух конкурентов по «запуску» новых проектов до кооперативных игр, моделирующих поведение участников инновационных альянсов. В работе [13] предложена теоретико-игровая модель с асимметричной информацией для анализа поведения двух конкурирующих фирм, разрабатывающих и стремящихся запатентовать новую технологию. Модель предполагает, что одна из фирм оценивает возможные преимущества получения патента выше, чем другая. Авторы показали, что вопреки «здравому смыслу», эта фирма будет инвестировать меньшие средства в развитие новой техноло-



гии и с меньшей вероятностью первой получит патент. Результаты моделирования проверялись в лабораторных экспериментах с различной мотивацией участников. Слабо мотивированные участники, действительно, «инвестировали» более активно и «выигрывали» чаще, подтверждая выводы авторов, полученные на основе моделирования. Другой пример моделирования инновационной конкуренции дан в статье [14]: фирмы из двух стран, производящие сходный продукт, принимают решение о режиме выхода на зарубежный рынок (прямые иностранные инвестиции, импорт, экспорт продукта и т. д.), размере инвестиций в собственные исследования и разработки, результатом которых станут технологии, сокращающие производственные затраты, и объеме продаж товара на каждом рынке (в каждой стране).

Игра n конкурирующих фирм, определяющих оптимальный уровень инновационной активности с учетом накопления знания, предложена в работе [15]. Если уровень инновационной активности i -й фирмы ($i = 1, \dots, n$) составляет x_i , то фирма i получает доход, прямо пропорциональный x_i и обратно пропорциональный уровню суммарной активности всех ее конкурентов. Тогда прибыль, получаемая фирмой i , составит

$$\pi_i = B \frac{a_i x_i}{\sum_{j=1}^n a_j x_j} - C_i(\cdot),$$

где B — параметр, характеризующий потенциал рынка, C_i — затраты фирмы i , связанные с уровнем ее инновационной активности x_i .

При рассмотрении игры в динамике предполагается, что каждая фирма в период времени t выбирает уровень x_i , чтобы максимизировать ожидаемую прибыль в следующий период времени:

$$\pi_i^e(t+1) = B \frac{a_i x_i(t+1)}{a_i x_i(t+1) + \sum_{j \neq i} a_j x_j^e(t+1)} - C_i^{t+1}(\cdot), \quad (1)$$

где $x_j^e(t+1)$ — уровень активности, ожидаемый фирмой i от конкурирующей фирмы j в период $(t+1)$.

Авторами принято, что затраты каждой компании линейно зависят от выбранного уровня инновационной активности $x_i(t+1)$ и обратно про-

порциональны знанию, накопленному за период t , $z_i(t)$:

$$C_i^{t+1}(x_i(t+1), z_i(t)) = \frac{x_i(t+1)}{1 + \lambda_i z_i(t)},$$

где параметры $\lambda_i \geq 0$ характеризуют эффективность использования накопленных знаний и соответствующих технологий, уменьшающих затраты на разработку последующих инноваций.

Знания, получаемые фирмой i за период t , определяются как

$$X_i(t) = x_i(t) + \sum_{j \neq i} \vartheta_{ij} x_j(t),$$

где параметры $\vartheta_{ij} \in [0, 1]$ отражают «утечку знаний» от фирмы j к фирме i . Если $\vartheta_{ij} = 1$, то знания, полученные фирмой j в результате ее инновационной активности, становятся полностью доступными фирме i . Другой предельный случай, $\vartheta_{ij} = 0$, соответствует невозможности переноса знаний и технологий от фирмы j к фирме i ($\vartheta_{ij} = 0$ для всех $i \neq j$ соответствует невозможности диффузии знаний).

Предполагается, что знания накапливаются с течением времени, т. е. предполагается, что фирма i извлекает пользу не только от знаний, полученных в период t , но и от знаний, полученных в прошлые периоды:

$$z_i(t) = x_i(t) + \sum_{j \neq i} \vartheta_{ij} x_j(t) + \rho z_i(t-1),$$

где параметр ρ характеризует скорость «устаревания» знаний. После идентификации всех параметров модели, для игры (1) может быть найдено численное решение.

Другая «классическая» проблема поведения инновационной фирмы в конкурентной среде заключается в выборе инновационной стратегии (например, осуществлять инновационную деятельность независимо или в сотрудничестве с другими фирмами, инвестировать средства в развитие новой технологии или осваивать технологию, представленной на рынке конкурентом и т. д.). Такой выбор зависит как от положения фирмы на рынке, так и от технологического развития рынка в целом [16]. Часто такая проблема рассматривается в варианте дилеммы «инновация или имитация». С одной стороны, фирма-имитатор следует за лидером-инноватором, поэтому не может получить краткосрочную монопольную прибыль, получаемую инноватором. С другой стороны, затраты имитатора на освоение новой технологии значительно меньше и составляют в среднем 65 % затрат

на разработку инновации [17]. Поэтому необходимо определить, какая стратегия (инновационная или имитационная) более предпочтительна для фирмы в конкретных условиях. Теоретико-игровой анализ такой задачи в контексте технологической конкуренции был предложен в работе [17]. В простейшем варианте рассматривались две фирмы, каждая из которых имеет две стратегии: «разрабатывать новую технологию сейчас» (N) или «разрабатывать позже» (L), а платежи фирм распределяются следующим образом:

	L	N
L	(8, 8)	(5, 10)
N	(10, 5)	(4, 4)

Это симметричная игра, в которой ни у одного из игроков нет преимуществ. В игре два равновесия Нэша в чистых стратегиях ((N, L) и (L, N) , причем для фирм они имеют разную ценность) и одно равновесие в смешанных стратегиях ($x^* = (1/3, 2/3)$, $y^* = (1/3, 2/3)$). Возможные варианты поведения, вытекающие из этого анализа: выход на кооперативное поведение с использованием механизмов компенсации или посредника, ожидание в ситуации (L, L) и отслеживание действий конкурента, переходя в случае необходимости к «стратегии наказания» (N), отсрочка старта инновационной активности на $1/3$ от первоначально рассматриваемого периода и т. д.

Три варианта инновационной стратегии (независимая инновационная деятельность, имитация или создание инновационного консорциума) рассмотрены в статье [16] на основе игры Штакельберга. Простые статические и повторяющиеся игры двух фирм-конкурентов представлены в статье [18] для иллюстрации проблемы о вступлении или невступлении в «инновационную войну». С. Мудамби [19] моделирует инновационную стратегию фирмы, конкурирующей с более сильной компанией, и рассматривает три базовых этапа инновационной деятельности: генерация и разработка идеи, техническая реализация проекта и вывод нового продукта на рынок. Предполагается, что чем раньше сильный конкурент «вмешивается» в этот процесс на любом этапе, тем сильнее ухудшаются результаты инновационного проекта для фирмы. Инновации фирмы могут быть эффективны, если конкурент сочтет слишком затратным или низкодоходным имитацию инновации. Инновационной фирме следует избегать конфронтации с доминирующим на рынке конкурентом, и оптимальная стратегия фирмы, как показывает анализ, заключается в том, чтобы воздерживаться от значительных инвестиций в инновации, которые могут быть имитированы другими компаниями или независимо получены более сильным конкурентом. В пос-

леднем случае для фирмы более выгодна «имитационная» стратегия.

Подобная проблема рассматривается в работе [20], в которой анализируются варианты выбора в условиях дуополии между «радикальной» инновацией (проект A , направленный на создание принципиально нового продукта) и инкрементальной инновацией (проект B , направленный на модификацию существующего продукта). Исследование показывает, как характеристики фирм-конкурентов, степень взаимосвязанности продуктов A и B и «право первого хода» влияет на принимаемые решения с учетом конъюнктурной неопределенности (спрос) и технической неопределенности (время выполнения проекта). С помощью численных экспериментов показано, что выбор стратегий определяется в основном эффективностью осуществления фирмами проектов разного типа (в том числе их накопленным опытом и знаниями), в то время как «право первого хода» в данной ситуации не оказывает решающего влияния на выбор проектов, хотя и усиливает относительные преимущества фирм.

Более сложный случай выбора стратегий инновационного развития рассмотрен в работе [21], где сравниваются следующие стратегии фирмы, разработавшей новую технологию: использование новой технологии для совершенствования выпускаемого продукта; полная или частичная передача прав на ее использование конкуренту; использование технологии для производства нового продукта и его предложение на рынке вместе с уже выпускаемым. На основе теоретико-игровой модели обсуждаются условия и факторы, влияющие на выбор одной из стратегий.

Ряд теоретико-игровых исследований посвящен вопросам коммерциализации новых разработок. В частности необходимо определить оптимальную стратегию вывода нового продукта, учитывая, прежде всего, существующий потенциал «старого» продукта, далее, необходимость вывода инновации раньше конкурентов, затем, возможные попытки конкурентов имитировать новый продукт и т. д. Подобные задачи решаются на основе конструирования двухэтапных игровых моделей [6, 22–24].

Например, Д. Пурохит [6] предложил модель, в которой на первом этапе фирма-инноватор продает «старый» продукт, а на втором рассматривает возможность вывода «нового» продукта. Конкурент может имитировать «старый» продукт на первом этапе и продавать его на втором. В этих условиях цель инноватора — максимизация прибыли посредством выбора объема продаж «старого» продукта и уровня инновационной активности по раз-



работке «нового» продукта на первом этапе и объема продаж «нового» и «старого» продуктов в условиях конкуренции фирмами-имитаторами на втором этапе. В свою очередь, фирмы-имитаторы на первом этапе принимают решение об имитации «старого» продукта, а на втором — об определении оптимальных объемов его продаж. Рассматриваются несколько стратегий вывода нового продукта (полная замена старого продукта новым, расширение ассортимента (продажа одновременно двух продуктов), постепенная замена старого продукта на новый) и условия их применения [6].

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ПЕРЕДАЧИ ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Для стимулирования фирм, предпринимателей и исследовательских центров вкладывать средства в инновационные проекты применяются различные механизмы защиты прав на объекты интеллектуальной собственности, получаемые в результате инновационной деятельности. Передача прав на использование таких объектов другой фирме (продажа патента или «ноу-хау») может оказаться для их владельца более привлекательным с коммерческой точки зрения, чем самостоятельное коммерческое освоение. Н. Галлини и Р. Винтер [25] на основе теоретико-игровой модели показали, что возможность лицензирования стимулирует инновационную активность, если первоначально применяемые фирмами технологии близки в смысле производственных затрат, но при достаточно сильно различающихся затратах лицензирование, напротив, сдерживает инновационную активность обеих фирм и может приводить к более высоким рыночным ценам на производимую продукцию. Проблема выбора оптимальных вариантов передачи прав на объекты интеллектуальной собственности (выдачи лицензии на их использование (лицензирование), англ. — *licensing*) является одной из центральных тем в работах, посвященных теоретико-игровому исследованию инноваций.

Большая часть исследователей решает эту проблему на основе динамической некооперативной игровой модели [26—29], хотя кооперативный подход также применяется [30, 31]. Но консенсус относительно оптимальных схем лицензирования отсутствует, поскольку выбираемые стратегии весьма чувствительны к ситуативному контексту и исходным предположениям, на основе которых разрабатываются предлагаемые модели. Например, было показано, что в условиях олигополии Курно лицензирование по схеме роялти обеспечивает худший результат для лицензиара, чем лицензи-

рование по схеме фиксированных (паушальных) платежей или при продаже лицензии на аукционе, независимо от объема производства и уровня инновации [26]. М. Камиен и Я. Тауман [32] предложили теоретико-игровую модель, в которой лицензиар выступает в роли лидера в игре Штакельберга, а n фирм-конкурентов принимают решение о приобретении лицензии. На основе этой модели также было показано, что паушальные платежи предпочтительнее роялти как для лицензиара, так и для потребителей на рынке.

Однако в реальной практике лицензирования паушальные платежи «в чистом виде» применяются сравнительно редко, в основном в случаях, когда передача прав на объект интеллектуальной собственности связана с дополнительными затратами лицензиара (например, по обучению персонала лицензиата) либо когда применение схемы роялти практически невозможно (например, невозможно отслеживать объем продаж). Большинство лицензионных контрактов предусматривают условие выплаты роялти либо «в чистом виде», либо в комбинации с фиксированными платежами [26].

Такой диссонанс между теоретическими выводами и практическими решениями объясняется асимметрией информации, имеющейся у лицензиара и лицензиата, различиями в видах и уровнях инноваций, степенью эксклюзивности передаваемых прав, дифференциацией товаров, переоценкой риска и стремлением его минимизировать, видом конкуренции и другими факторами [28, 33]. Показано, в частности, что если лицензиар и лицензиат конкурируют и их продукты достаточно сильно взаимозаменяемые, то оптимальная схема лицензирования роялти с продаж [34]. При увеличении дифференциации и соответственно, уменьшении конкуренции лицензиара и лицензиата в лицензионном контракте схема роялти будет комбинироваться с фиксированными платежами. В предельном случае, когда продукты полностью различаются, лицензиару следует предлагать лицензиату схему паушального платежа.

Сложности применения теоретических выводов на практике связаны в значительной степени с тем обстоятельством, что теоретико-игровые модели предлагают оптимальный вариант лицензирования с точки зрения лицензиара как игрока, «делающего первый ход» в динамической игре, но не потенциального лицензиата. Однако при заключении лицензионного контракта лицензиат стремится зафиксировать схему платежей, более выгодную для него, и такой схемой, во многих случаях, как раз и оказывается схема роялти. М. Кац и К. Шапиро [26] предложили несколько причин стремления лицензиата к расчету по схеме роялти. Эта схе-

ма является формой разделения риска и одним из вариантов решения проблемы асимметричной информации о ценности инновации, на использование которой передаются права. Если лицензиат по разным причинам не сможет успешно применить приобретаемый патент, передаваемую технологию, «ноу-хау» и др., его выплаты лицензиару будут сравнительно небольшими в случае роялти и, соответственно, затраты лицензиата на приобретение лицензии будут меньше, чем в случае паушального платежа. Подобная мотивация потенциального лицензиата во многих случаях не учитывается при разработке моделей лицензирования.

В качестве примера рассмотрим модель, предложенную в статье [35], включающую в себя несколько вариантов схем оплаты с учетом неопределенности спроса и затрат. Предполагается, что цена на новый продукт $p(q, w)$, зависит от объема предложения q и случайных факторов («состояния природы») w . Удельные затраты также рассматриваются как случайная переменная $c(w)$. Лицензионный контракт определяет: фиксированный платеж (A); роялти с продаж продукции (r); роялти с дохода (t), $A > 0$, $r > 0$, $t > 0$. Конструируемая игра разыгрывается в следующей последовательности:

1) лицензиар предлагает контракт с параметрами (t, r, A) ;

2) потенциальный лицензиат принимает либо отклоняет предложение лицензиара (в последнем случае игра завершается);

3) лицензиат наблюдает «состояние природы» и принимает решение об объеме выпускаемой продукции.

Игру задают платежные функции игроков, т. е. прибыль лицензиата

$$\pi = (1 - t)p(q, w)q - [c(w) + r]q - A$$

и доход лицензиара от продажи лицензии

$$T(t, r, A; w) = tp[q(t, r; w), w]q(t, r; w) + rq(t, r; w) + A.$$

С помощью этой модели показано, что источник неопределенности оказывает существенное влияние на выбор механизмов оплаты. В частности, при значительной неопределенности спроса выбирается комбинация фиксированных платежей и роялти с дохода. При неопределенности затрат лицензионный контракт должен включать в себя комбинацию фиксированных платежей с одним из вариантов роялти. Включение двух видов роялти в контракт не является оптимальным решением для лицензиата [35].

Д. Сен [28] построил модель, показывающую, как число конкурирующих фирм в условиях олигополии Курно влияет на выбор схемы лицензи-

рования. Согласно этой модели, роялти будет доминировать паушальные платежи и аукционную продажу лицензии при достижении некоторого порогового уровня конкуренции. Оптимальная комбинация фиксированных платежей и роялти рассмотрена в статье [36] с точки зрения «внешнего» инноватора, не участвующего в олигополистической конкуренции на рынке, и «внутреннего» инноватора, который сам конкурирует с другими фирмами на этом рынке. Показано, что «внешний» инноватор будет продавать лицензию всем фирмам-конкурентам, обеспечивая полную диффузию инноваций, и это будет выгодно покупателям, так как будет способствовать росту общего благосостояния, но менее выгодно фирмам-конкурентам. «Внешний» инноватор будет больше инвестировать в развитие технологических инноваций, чем «внутренний» и назначать меньший размер роялти. У обоих инноваторов больше стимулов к инвестированию инновационных разработок в условиях совершенной конкуренции, чем в условиях монополии или дуополии.

М. Кац и К. Шапиро [26] сравнили оптимальные стратегии лицензирования для независимого инноватора (например, университетского исследовательского центра) и инноватора, связанного определенными соглашениями с одной или несколькими фирмами, действующими на рынке и конкурирующими с другими фирмами — потенциальными лицензиатами (случай консорциума). По сравнению с независимым инноватором, консорциум может стремиться ограничить разработку и распространение инноваций. Чем больше фирм участвуют в консорциуме, тем жестче могут быть эти ограничения.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ИННОВАЦИОННОГО КОНСОРЦИУМА

Заметная часть работ по теоретико-игровому анализу инноваций связана с рассмотрением вопросов создания и функционирования консорциумов для совместного осуществления инновационных проектов. Основное место в этих публикациях уделяется анализу проблем стабильности партнерских отношений при совместной инновационной деятельности [37—42].

Многие авторы приходят к выводу, что взаимодействие партнеров строится по принципу прототипной игры «Дилемма узников». Например, в работе [43] проанализированы барьеры для инновационной деятельности в режиме аутсорсинга. Фирма A , вступая во взаимодействие с фирмой B , надеется на уменьшение расходов, но в то же время старается передать как можно меньше своих



разработок, знаний и технологий фирме *B*, которая, в свою очередь, стремится к увеличению своей прибыли благодаря взаимодействию с фирмой *A* и старается получить и освоить как можно больше переданных разработок, чтобы увеличить собственную конкурентоспособность в будущем. На примере простой игры авторы показывают, что такой альянс оказывается неустойчивым, и для поддержания его стабильности необходимо привлечь дополнительные механизмы (передача прав на объекты интеллектуальной собственности, создание совместного предприятия и др.). Модель динамического взаимодействия участников подобных альянсов представлена в статье [44] на основе повторяющейся игры «Дилемма узников». Показано, что механизм «жесткой» стратегии наказания «зуб за зуб» недостаточен для эффективного функционирования альянса, и его участники должны выходить на обязывающие и контролируемые партнерские соглашения.

Важный аспект обеспечения стабильности и эффективной работы инновационного консорциума заключается в выборе оптимальных механизмов распределения результатов совместно осуществляемых проектов. Этот вопрос обычно решается на основе распределения суммарного дохода, полученного от проекта, между участниками с учетом их реального вклада. Предложено и используется на практике довольно много вариантов такого распределения: от простых схем распределения пропорционально затратам каждого участника до более сложных моделей, разработанных на основе теории кооперативных игр с трансферабельной полезностью [45–47].

5. АНАЛИЗ ИННОВАЦИЙ В СОЦИОЭКОНОМИЧЕСКОМ КОНТЕКСТЕ

Еще одно четко выделяемое направление теоретико-игрового исследования инноваций связано с аспектами деятельности инновационной фирмы в социоэкономическом контексте и государственного регулирования этой деятельности (разработка эффективной инновационной политики, технологическая конкуренция, диффузия инноваций и социальное благосостояние, взаимодействие инновационных фирм и социальных институтов и др.).

Отношения между фирмой-инноватором и покупателями, принимающими и потребляющими инновацию, часто анализируются на основе игры Штакельберга [48]. Игры «инноватор — покупатель» с совершенной информацией и несовершенной информацией рассмотрены в статье [49]. Для анализа поведения потребителей, выбирающих один из нескольких конкурирующих продуктов

или технологий (например, IBM PC и «Macintosh», VHS и «Betamax») и распространения этой технологии разработана игровая модель [50]. В модели, предложенной в работе [51], государство, рассматриваемое как лидер в игре Штакельберга, стремится стимулировать распространение инноваций на рынке, предлагая дотации непосредственно покупателям, приобретающим инновационные продукты, а фирма-инноватор (второй игрок) определяет в этих условиях свои производственные, рекламные и ценовые стратегии. В статье [52] предложено несколько простых игровых моделей для анализа взаимодействия между государственным или негосударственным фондом, финансирующим и «приобретающим» инновационные разработки, и инноватором (индивидуальным исследователем или фирмой), реагирующим на предложение фонда изменением уровня инновационной активности.

Взаимодействие инноватора и государственно-го института, ответственного за разработку инновационной политики, рассматривается в основном в контексте вопросов о защите прав на интеллектуальную собственность. В статье [53] рассмотрено функционирование рынка новых идей и технологий при государственном контроле и без него. На основе теоретико-игровой модели авторы пришли к выводу, что полный отказ от патентов и других форм защиты интеллектуальной собственности способствовал бы повышению общего социального благосостояния. С этих позиций более эффективными стимулами инновационной активности по сравнению с государственной защитой монополии на инновационный продукт оказываются такие экономически проверенные механизмы, как государственные субсидии, премии и гранты, а также антимонопольное регулирование рынка новых идей, подобно тому, как оно осуществляется на рынках товаров и услуг. С другой стороны, как обосновывается с помощью теоретико-игровой модели, представленной в работе [54], фирмы-инноваторы всегда предпочитают режим полной защиты прав интеллектуальной собственности; и ослабление этого режима (например, предоставление возможности свободного некоммерческого использования запатентованной технологии для проведения исследований) не будет стимулировать дорогостоящие инновационные разработки.

С помощью динамической игры *n*-лиц Ф. Шмидт [55] анализирует взаимодействие производителей инновационных продуктов в экономическом контексте, определяемом государственным институтом, организующим «конкурс инноваций», победитель в котором (самый активный инноватор) получит от государства временную эксклюзивную лицензию на работу на данном рынке. Фирмы

принимают решение об инвестировании инноваций и участии в конкурсе. Стратегическими переменными фирм выступают уровень инновационной активности (объем инвестиций в инновации) и объем производства инновационного продукта, определяющий «монопольную ренту», а стратегической переменной государства — временной период, в течение которого предоставляется монопольное право на работу на рынке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что в литературе представлено большое число теоретико-игровых моделей для анализа многих важных аспектов инновационной деятельности и, судя по тенденции роста числа публикаций по этой тематике, в следующем десятилетии можно ожидать существенного повышения исследовательской активности в этой области. Однако доля исследований по теме инноваций, проводимых с помощью методов теории игр, на сегодня ничтожно мала по сравнению с общим объемом публикаций по теме инновационной деятельности. В общем объеме работ по теории игр число исследований, связанных с инновациями, также пока весьма мало. Кроме того, многие из предлагаемых моделей оказываются либо слишком простыми, что не позволяет их использовать для принятия реальных решений, либо слишком абстрактными и формальными, что также затрудняет их практическое применение. Однако в публикациях двух последних десятилетий наблюдается четкая тенденция уточнения и конкретизации базовых формальных теоретико-игровых моделей и стремление обеспечить практическую применимость разрабатываемых моделей. Также обращает на себя внимание заметно увеличившееся за последние 10–15 лет число попыток верификации и обоснования предложенных моделей с помощью машинных экспериментов и лабораторных опытов. Заслуживает внимания также тот факт, что работы по рассматриваемой теме в последние годы публикуются не только в специальных академических журналах по теории игр («International Game Theory Review», «Games and Economic Behavior», «International Journal of Game Theory» и др.) и математически ориентированных экономических журналах, но и во многих прикладных экономико-управленческих и бизнес-изданиях. С учетом выделенных тенденций развития теоретико-игровых исследований инновационной деятельности, широкого спектра моделируемых проблем и мощного логико-математического инструментария, теоретико-игровое направление представляется весьма перспективным для исследова-

вания и анализа проблем, связанных с инновационным развитием как отдельных фирм, так и целых регионов и государств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Beath J., Katsoulacos Y., Ulph D.* The game-theoretic analysis of innovation: a survey // *Bulletin of Economic Research*. — 1989. — Vol. 41, N 3. — P. 163–184.
2. *Reinganum J.F.* Practical implications of game theoretic models of R&D // *The American Economic Review*. — 1984. — Vol. 74, N 2. — P. 61–66.
3. *Yang H.-L., Wu T.C.T.* Knowledge sharing in an organization // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2008. — Vol. 75. — P. 1128–1156.
4. *Новиков Д.А., Иващенко А.А.* Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. — М.: КомКнига, 2006. — 332 с.
5. *Plambeck E.L., Taylor T.A.* Sell the plant? The impact of contract manufacturing on innovation, capacity, and profitability // *Management Science*. — 2005. — Vol. 51, N 1. — P. 133–150.
6. *Purohit D.* What should you do when your competitors send in the clones? // *Marketing Science*. — 1994. — Vol. 13, N 4. — P. 392–411.
7. *Park W.G.* A note on innovation and patent protection: intertemporal imitation-risk smoothing // *Economics Letters*. — 1997. — Vol. 54. — P. 185–189.
8. *Dasgupta P., Stiglitz J.E.* Industrial structure and the nature of innovative activity // *The Economic Journal*. — 1980. — Vol. 90, N 358. — P. 266–293.
9. *Dasgupta P., Stiglitz J.E.* Uncertainty, industrial structure and the speed of R&D // *Bell Journal of Economics*. — 1980. — Vol. 11, N 1. — P. 1–28.
10. *Cellini R., Lambertini L.* Private and social incentives towards investment in product differentiation // *International Game Theory Review*. — 2004. — Vol. 6, N 4. — P. 493–508.
11. *Smit H.T.J., Trigeorgis L.* Real options and games: competition, alliances and other applications of valuation and strategy // *Review of Financial Economics*. — 2006. — Vol. 15. — P. 95–112.
12. *Smit H.T.J., Trigeorgis L.* Strategic options and games in analysing dynamic technology investments // *Long Range Planning*. — 2007. — Vol. 40. — P. 84–114.
13. *Amaldoss W., Sanjay J.* David vs. Goliath: an analysis of asymmetric mixed-strategy games and experimental evidence // *Management Science*. — 2002. — Vol. 48, N 8. — P. 972–991.
14. *Petit M.-L., Sanna-Randaccio F., Tolwinski B.* Innovation and foreign investment in a dynamic oligopoly // *International Game Theory Review*. — 2000. — Vol. 2, N 1. — P. 1–28.
15. *Bischi G.-I., Lamantia F.A.* Competition game with knowledge accumulation and spillovers // *International Game Theory Review*. — 2004. — Vol. 6, N 3. — P. 323–341.
16. *Chen S., Cheng B., Shao Y.* Studies on the choice of enterprise's innovation strategies under two market circumstances // *International Management Review*. — 2007. — Vol. 3, N 4. — P. 63–68.
17. *Dasgupta P.* The theory of technological competition // *Economic Organizations as Games*. — Oxford: Basil Blackwell, 1989. — P. 139–164.
18. *Zhang R.* Game analysis on enterprise technological innovation // *China-USA Business Review*. — 2007. — Vol. 6, N 3. — P. 63–66.
19. *Mudambi S.M.* The games retailers play // *Journal of Marketing Management*. — 1996. — Vol. 12. — P. 695–706.



20. *Ali A., Kalwani M., Kovenock D.* Product development projects: pioneering versus incremental innovation strategies // *Management Science*. — 1993. Vol. 39, N 3. — P. 255–274.
21. *Costa L.A., Dierckx I.* The strategic deployment of quality-improving innovations // *Journal of Business*. — 2005. — Vol. 78, N 3. — P. 1049–1072.
22. *Sankaranarayanan R.* Innovation and the durable goods monopolist: the optimality of frequent new-version releases // *Marketing Science*. — 2007. — Vol. 26, N 6. — P. 774–791.
23. *Erat S., Kavadias S.* Introduction of new technologies to competing industrial customers // *Management Science*. — 2006. — Vol. 52, N 11. — P. 1675–1688.
24. *Wakeman S.* A dynamic theory of technology commercialization strategy // *Academy of Management Proceedings*. — 2008. — P. 1–6.
25. *Gallini N.T., Winter R.A.* Licensing in the theory of innovation // *The RAND Journal of Economics*. — 1985. — Vol. 16, N 2. — P. 237–252.
26. *Katz M.L., Shapiro C.* How to license intangible property // *Quarterly Journal of Economics*. — 1986. — Vol. 101. — P. 567–589.
27. *Haller H., Pavlopoulos A.* Technological failure, economic success // *International Game Theory Review*. — 2002. — Vol. 4, N 4. — P. 415–434.
28. *Sen D.* Fee versus royalty reconsidered // *Games and Economic Behavior*. — 2005. — Vol. 53. — P. 141–147.
29. *Erutco C., Richelle Y.* Optimal licensing contracts and the value of a patent // *Journal of Economics and Management Strategy*. — 2007. — Vol. 16. — P. 407–436.
30. *Tauman Y., Watanabe N.* The Shapley value of a patent licensing game: the asymptotic equivalence to non-cooperative results // *Economic Theory*. — 2007. — Vol. 30. — P. 135–149.
31. *Jelšov A., Tauman Y.* The private value of a patent: a cooperative approach // *Mathematical Social Sciences*. — 2009. — Vol. 58. — P. 84–97.
32. *Kamien M.I., Tauman Y.* Fees versus royalties and the private value of a patent // *Quarterly Journal of Economics*. — 1986. — Vol. 101, N 3. — P. 471–491.
33. *Gallini N.T., Wright B.D.* Technology transfer under asymmetric information // *The RAND Journal of Economics*. — 1990. — Vol. 21, N 1. — P. 147–160.
34. *Mukherjee A., Balasubramanian N.* Technology transfer in a horizontally differentiated product market // *Research in Economics*. — 2001. — Vol. 55. — P. 257–274.
35. *Bousquet A., Cremer H., Ivaldi M., Wolkowicz M.* Risk sharing in licensing // *International Journal of Industrial Organization*. — 1998. — Vol. 16. — P. 535–554.
36. *Sen D., Tauman Y.* General licensing schemes for a cost-reducing innovation // *Games and Economic Behavior*. — 2007. — Vol. 59. — P. 163–186.
37. *Chen F., Fan L.* Analysis on stability of strategic alliance: a game theory perspective // *Science: A Journal of Zhejiang University*. — 2006. — Vol. 7, N 12. — P. 1995–2001.
38. *Binenbaum E.* Incentive issues in R&D consortia: insights from applied game theory // *Contemporary Economic Policy*. — 2008. — Vol. 26, N 4. — P. 636–650.
39. *Wolters H., Schuller F.* Explaining supplier-buyer partnerships: a dynamic game theory approach, *European Journal of Purchasing and Supply Management*. — 1997. — Vol. 3, N 3. — P. 155–164.
40. *Cousins P.* A conceptual model for managing long-term inter-organisational relationships // *European Journal of Purchasing and Supply Management*. — 2002. — Vol. 8. — P. 71–82.
41. *Brocas I.* Vertical integration and incentives to innovate // *International Journal of Industrial Organization*. — 2003. — Vol. 21. — P. 457–488.
42. *Duvallet J., Garapin A., Llerena D., Robin S.* A game theoretical approach of price negotiation and coordination in an innovative firm-supplier context: an experimental analysis // *International Negotiation*. — 2004. — Vol. 9. — P. 245–269.
43. *Bergfeld M.M., Doepfer B.* Innovation in outsourcing alliances: managing the Prisoner's Dilemma of cooperative competence building // *Proceedings of the XX International Society for Professional Innovation Management Conference — The Future of Innovation*. — Vienna: ISPIM, 2009.
44. *Arend R.J., Seale D.A.* Modeling alliance activity: an iterated Prisoners' Dilemma with exit option // *Strategic Management Journal*. — 2005. — Vol. 26. — P. 1057–1074.
45. *Jarimo T., Pulkkinen U., Salo A.* Encouraging suppliers to process innovations: a game theory approach // *International Journal of Technology Intelligence and Planning*. — 2005. — Vol. 1, N 4. — P. 403–423.
46. *Watanabe N., Muto S.* Stable profit sharing in bargaining outcomes // *International Journal of Game Theory*. — 2008. — Vol. 37. — P. 505–523.
47. *Zakharov V., Gan'kova A., Dementieva M., Neittaanmaki P.* Comparing solutions in joint implementation projects // *International Game Theory Review*. — 2008. — Vol. 10, N 1. — P. 119–128.
48. *Wu D., Erkoç M., Karabuk S.* Managing capacity in the high-tech industry: a review of literature // *The Engineering Economist*. — 2005. — Vol. 50. — P. 125–158.
49. *Grimaldi G.* Creating a “market for inventions”: a referee model // *Journal of Technol. Manag. Innovation*. — 2008. — Vol. 3, N 3. — P. 33–44.
50. *Tomochi M., Murata H., Kono M.* A consumer-based model of competitive diffusion: the multiplicative effects of global and local network externalities // *Journal of Evolutionary Economics*. — 2005. — Vol. 15. — P. 273–295.
51. *De Cesare L., Di Liddo A.* A Stackelberg game of innovation diffusion: pricing, advertising and subsidy strategies // *International Game Theory Review*. — 2001. — Vol. 3, N 4. — P. 325–339.
52. *Devine S., Webb C.* Competitive funding: a game theory analysis of how research organisations adapt their behaviour in the New Zealand competitively funded science system // *Science and Public Policy*. — 2004. Vol. 31, N 5. — P. 407–414.
53. *Boldrin M., Levine D.K.* The economics of ideas and intellectual property // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2005. — Vol. 102, N 4. — P. 1252–1256.
54. *Moschini G., Yerokhin O.* Patents, research exemption, and the incentive for sequential innovation // *Journal of Economics and Management Strategy*. — 2008. — Vol. 17, N 2. — P. 379–412.
55. *Schmidt F.* Innovation contests with temporary and endogenous monopoly rents // *Rev. Econ. Design*. — 2008. — Vol. 12. — P. 189–208.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Р.М. Нижнегородцевым.

Дубина Игорь Николаевич — канд. филос. наук, докторант кафедры теоретической кибернетики и прикладной математики, Алтайский государственный университет, ☎ (385-2) 24-65-58, ✉ din@asu.ru.