

УДК 338.9  
ББК 65.9 (2Р) 30-2  
Б 241

**Б 241 Баранов А.О., Музыка Е.И., Павлов В.Н.** Оценка эффективности инновационных проектов с использованием опционного и нечетко-множественного подходов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. – 336 с.

ISBN 978-5-89665-324-0

Монография посвящена развитию теории и методов оценки экономической эффективности инновационных проектов на основе концепции реальных опционов и нечетко-множественного анализа. В книге рассмотрены вопросы приложения метода реальных опционов в совокупности с методом нечетких множеств к оценке эффективности венчурного финансирования инновационных проектов. Дано методологическое обоснование целесообразности применения концепции реальных опционов, а также аппарата нечетких множеств для совершенствования инструментария анализа экономической эффективности инноваций. Представлена новая методика оценки экономической эффективности инновационных проектов с прямым или венчурным финансированием на основе метода реальных опционов с использованием модифицированной формулы Геске и включением нечетко-множественного анализа, а также разработан оригинальный алгоритм ее практической реализации. Проведена апробация предложенной методики на примере инновационных проектов в фармацевтической и нефтехимической промышленности России.

Работа выполнена в рамках плана НИР ИЭОПП СО РАН, проект XI.170.1.2. (0325-2017-0013) «Формирование основ теории инновационной экономики: операциональные определения, измерения, модели, научно-технологические прогнозы и программы».

Издание адресовано работникам науки, венчурных фондов, органов власти и управления, а также студентам, магистрантам, аспирантам и преподавателям вузов.

*Монография подготовлена авторским коллективом в составе:*

д-р экон. наук *А.О. Баранов* (Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН; Новосибирский государственный университет): предисловие; гл. 6: п. 6.1, п. 6.2, п. 6.4.1; гл. 7; гл. 8;

канд. экон. наук *Е.И. Музыка* (Новосибирский государственный технический университет; Новосибирский государственный университет): предисловие; введение; гл. 1; гл. 2; гл. 3; гл. 4; гл. 5; гл. 6; гл. 7; гл. 8;

д-р тех. наук *В.Н. Павлов* (Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН): гл. 5 п. 5.4; гл. 6 п. 6.3, п. 6.4; гл. 7, п. 7.4; гл. 8, п. 8.3.

*Рецензенты:*

д.э.н. А.П. Ермилов, д.э.н. Т.О. Тагаева, к.э.н. Е.А. Стукаленко

УДК 338.9  
ББК 65.9 (2Р) 30-2

ISBN 978-5-89665-324-0  
DOI: 10.15372/EPRF20180101

© ИЭОПП СО РАН, 2018 г.  
© Баранов А.О., Музыка Е.И.,  
Павлов В.Н., 2018 г.

## **Введение. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОЙ СФЕРЫ**

**Основные особенности организации инновационной деятельности на современном этапе развития экономики.** В настоящее время в большинстве развитых и во многих развивающихся странах большое внимание уделяется развитию новых, прорывных технологий, способных перевести экономику страны на новый технологический уклад. В развитие новых технологий инвестируется значительный объем финансовых ресурсов. Нанотехнологии, биотехнологии, энергосберегающие технологии, информационно-коммуникационные технологии находятся в центре внимания правительств и частных инвесторов многих стран.

За последние двадцать пять лет изменились основные приоритеты политики, набор инструментов и механизмов ее реализации, особенно в части инновационного развития. Главным направлением изменений можно считать постепенный переход от политики стимулирования предложения к политике стимулирования спроса на инновации, ориентированной на выявление новых потребностей и поддержку способности и желания потенциальных потребителей предъявлять спрос на инновации в большем объеме. Возникает понятие инновационной экономики.

*Инновационная экономика* представляет собой экономику, в которой господствует инновационный принцип построения всей цепочки производства и перераспределения, суть которого состоит в том, что главным источником различных нововведений начинают выступать наука и образование. Технический и научный прогресс, осуществлявшиеся долгое время параллельно, именно в инновационной экономике становятся единым направлением развития, ставя на повестку дня новые задачи как по повышению эффективности финансирования инноваций, так и по поиску новых источников финансирования этапа внедрения и коммерциализации новых знаний и технологий [Кравченко, 2014; Рогова, 2005; Сироткин, 2009].

Инновационная экономика характеризуется растущим влиянием знаний на экономическое развитие по сравнению с природными ресурсами, реальным капиталом и малоквалифицированной рабочей силой. Формирование инновационной экономики означает появление новых источников конкурентных преимуществ не только в высокотехнологичных, но и во всех секторах и отраслях экономики. Эти конкурентные преимущества опираются на эффективное использование нематериальных активов, таких как знания и умения, навыки и инновационные способности экономических агентов, что отражается и в экономических моделях, призванных объяснить столь значительные изменения в экономике и в мире в целом.

Экономический рост страны зависит от целого ряда факторов, подразумевающих под собой процессы и явления, способствующие увеличению реальных объемов производства, повышению уровня эффективности и технологического совершенства. Данные факторы можно подразделить на две группы в зависимости от способа их воздействия на экономический рост: прямые и косвенные.

*Прямые факторы*, влияют в большей степени на совокупное предложение и производство. Они включают в себя:

- изменения, связанные с трудовыми ресурсами;
- улучшение качественного состава капитала;
- увеличение количества и качества выделяемых ресурсов;
- модернизацию производства;
- развитие предпринимательской сферы.

*Косвенные факторы* отвечают за спрос и распределение в экономике. К ним относятся:

- контроль за монополизацией рынка;
- снижение стоимости основных производственных ресурсов;
- уменьшение налоговой нагрузки;
- расширение спектра возможностей для получения кредитных ресурсов, в первую очередь в виде «длинных» денег.

Для разных эпох и уровней экономического развития относительная значимость перечисленных факторов экономического роста менялась. Однако на сегодняшний день для все большего числа стран инновации становятся ведущим фактором. Инновациям отводится ведущая роль в трансформации общества и экономики страны, что соответствует теориям Шумпетера, Менша, Кондратьева, Кузнеця. В числе стран с возросшей и постоянно нарастающей ролью уровня инновационного развития находится и Россия.

На инновационное развитие отдельных стран большое влияние оказывает глобализация, которая является одной из закономерностей развития современного мира. Она предполагает взаимодействие между людьми, компаниями, государствами различных стран посредством мировой торговли и инвестиций, где в основе заложены информационные технологии. На сегодняшний день наблюдается увеличение масштабов и темпов перемещения капиталов, что создает единое пространство экономической деятельности, порождающее все более жесткую ценовую и неценовую конкуренцию, которая дает сильнейший толчок развитию инноваций в стране.

Можно выделить следующие основные аспекты влияния процесса глобализации на инновационное развитие:

- ускорение темпов развития новейших технологий;
- межфирменное сотрудничество и развитие сетевых организационных структур;
- функциональная интеграция и сотрудничество внутри предприятий;
- сотрудничество с центрами производства знаний;
- возрастание доли услуг и роли передачи знаний;
- высокий уровень значимости интеллектуального капитала;
- увеличение предпринимательской активности.

Базой современной экономики является информация, а следствием является тот факт, что все более важным становится способность, потенциал и скорость получения и эффективного внедрения новых знаний, технологий и навыков. Таким образом, происходит смещение источника установления стоимости, и вместо труда лидирующие позиции занимают знания и инновации.

В каждой стране, выбирающей инновационный путь развития, организация инновационной деятельности имеет различные проявления, что порождает множественность инновационных стратегий.

**Понятие «инновация». Классификации инноваций.** Основным понятием инновационной экономики является понятие «инновация», объединяющее родственную ему линию таких понятий, как «инновационный процесс», «инновационное предпринимательство», «инновационное решение», «инновационная деятельность».

Как известно, понятие *инновации как внедренного новшества, давшего заметный экономический эффект*, ввел в экономику Йозеф Шумпетер. Этот американский экономист австрийского происхождения заложил основы теории инновационной экономики в начале первого десятилетия прошлого века, развил их в 20–30-е годы и впервые концептуально разделил в рамках этих идей понятия *экономического роста и развития* [Формирование..., 2014].

Обратимся к трудам Й. Шумпетера. В своей книге «Теория экономического развития» он утверждает, что всю экономику возможно разделить на две части, а именно рутинную, где происходит постоянное возобновление и использование уже существующей базы, и развивающуюся, иначе говоря, инновационную. Если отходить от рутины, то истинное усовершенствование, а не механическое расширение, происходит за счет появления отдельного предпринимателя, использующего рутинные ресурсы, но применяющего к ним новые технологии, новые способы производства, что и подводит нас к понятию инноваций. Другими словами, под инновациями подразумеваются изменения с целью внедрения и использования новых производственных и транспортных средств, новых видов продукции и услуг, производственных форм на предприятии и рынков [Шумпетер, 2000].

Так, по Шумпетеру возможно выделение пяти основных видов инноваций, т.е. возможных форм их проявления:

- 1) создание нового товара или услуги;
- 2) производственные инновации;
- 3) открытие нового рынка сбыта;
- 4) применение нового источника или вида сырья;
- 5) введение новых принципов организации деятельности фирмы или предприятия.

Б. Санто дает следующее определение понятию «инновация»: «Инновация – это такой общественный, технический, экономический процесс, который через практическое использование идей и изобретений приводит к созданию лучших по своим свойствам изделий, технологий» [Санто, 1990, с. 24]. Б. Твисс использовал более короткое определение: инновация – это процесс, в котором изобретение или идея приобретает экономическое содержание [Агарков и др., 2011]. Ф. Никсон выделил в определении инновации производственную часть. Инновация по Никсону – это совокупность технических, производственных и коммерческих мероприятий, приводящих к появлению на рынке новых и улучшенных промышленных процессов и оборудования [Там же].

Важными понятиями для инновационной экономики являются инновационный менеджмент и инновационная деятельность. По мнению П. Друкера, инновационная деятельность – это особый инструмент, позволяющий предпринимателю использовать перемены и превращать их в новые возможности, например для открытия нового бизнеса или оказания новой услуги. Все это можно представить, как отдельную отрасль знаний, этому можно научиться, а затем использовать в своей практической деятельности [Друкер, 2007]. Из этого можно вывести определение инновации по Друкеру: *инновация – это перемена, которую можно превратить в новую возможность заработка денег, через открытие нового бизнеса или оказание новой услуги*. Инновационный менеджмент – это совокупность принципов, методов и форм управления инновационными процессами, инновационной деятельностью, занятыми этой деятельностью организационными структурами и их персоналом [Коноплев, 2007].

Среди зарубежных ученых, внесших весомый вклад в становление инновационной экономики, можно назвать следующие имена: С. Кузнец, Р. Соллоу, Э. Тоффлер, Ф. Фукуяма, Д. Белл, Дж. Нейсбит, П. Друкер, Г. Менш и др. [Друкер, 2007; Миндели, Пития, 2007].

Не следует забывать и вклад наших соотечественников. По-видимому, впервые в мировой науке идеи инновационного обновления (но в других терминах) как причины экономических циклов высказаны в самом начале прошлого века М.И. Туган-Барановским. Одним из основоположников инновационной теории считается Н.Д. Кондратьев с его «длинными волнами», порождаемыми обновлением технологического базиса

экономики. Питирим Сорокин, выдворенный в 1922 г. из Советской России, стал основоположником теории социальных инноваций в США. Схожую судьбу имел С. Кузнец, он эмигрировал из Украины в США тоже в 1922 г., но самостоятельно.

Наши современники, академики РАН С.Ю. Глазьев и Д.С. Львов в середине 80-х годов XX века ввели в научный оборот понятие *технологического уклада*, которое конкретизирует и развивает идеи «длинных волн» Н.Д. Кондратьева. Работы Ю.В. Яковца (в последние годы в соавторстве с академиком РАН Б.Н. Кузником) внесли заметный вклад в теорию экономических и цивилизационных циклов, объясняемых инновационными ритмами разной частоты и амплитуды. Следует отметить работы академика РАН В.М. Полтеровича, в которых вводится понятие *институциональной ловушки*, объясняющее во многом неудачи России на инновационном пути; инновационной паузы (вслед за технологическим патом Г. Менша) как причины глобальных кризисов; модернизации как альтернативы инновации; промежуточных институтов как необходимых этапов на пути догоняющего развития. Огромную роль для становления в России исследований в области экономики знаний, моделирования инновационных процессов, анализа и оценки тенденций инновационного развития сыграли работы академиков РАН В.Л. Макарова, В.В. Ивантера, Н.И. Ивановой.

Международные стандарты [Руководство..., 2010] законодательства разных стран, в том числе России [Федеральный закон..., 2011], определяя виды инновации, в той или иной степени повторяют «пять типичных изменений» Шумпетера [Винокуров, 2005]: внедрение нового технологического процесса, нового продукта или услуги, использование нового сырья, нового способа организации производства, освоение новых рынков сбыта. Акцент обычно делается на первых двух нововведениях: процессных и продуктовых инновациях.

Имеется много вариаций на тему «классификации инноваций по глубине вызываемых преобразований». Ставший уже классическим список Г. Менша таков: базисные, улучшающие, псевдоинновации. С. Кузнец предложил из базисных инноваций выделить эпохальные, Ю.В. Яковец из улучшающих – микроинновации, а из псевдоинноваций – антиинновации. Некоторые авторы предлагают еще из эпохальных инноваций выделить цивилизационные и на этом остановиться, хотя в этой области существует множество вполне разумных других предложений, более полно учитывающих классификационные признаки, более развернутых и научно обоснованных, но менее важных с концептуальных позиций [Формирование..., 2014, с. 16–17].

Понятие «*инновационная деятельность*» представляет собой особый вид деятельности, который связан с трансформацией идей (обычно полученных в результате научных исследований, различных разработок и пр.) в новейшие или же усовершенствованные технологии и продукты, существующие на рынке; в новые или усовершенствованные технологические способы или процессы производства услуг, которые используются в практической сфере. Инновационная деятельность предполагает целый комплекс технологических, финансовых, научных, организационных, коммерческих, маркетинговых мероприятий, которые в своей совокупности способны привести к инновациям [Harvard... (эл. ист. инф.); Масленников, 2009, с. 11].

Рассмотрим классификацию инноваций по глубине преобразований, предложенную В.И. Суловым [Сулов, 2015]:

1. *Цивилизационные* – инновации, выводящие человечество на качественно новый этап развития, как то: промышленная революция или выход в космос, инновации колоссальных масштабов, которые обеспечивают комплексный скачок развития человечества и совершенно необязательно относятся только к материально-технологической сфере: процессные и продуктовые занимают добрую половину такого ряда.

2. *Эпохальные* – инновации, открывающие новый технологический уклад, как то: паровой двигатель и электричество. Подобные инновации революционизируют какое-либо направление деятельности.

3. *Базисные* – инновации, раскрывающие эпохальные инновации. Примеры: паровой двигатель – паровоз, пароход; электричество – электродвигатель, нагревательные и осветительные устройства.

4. *Улучшающие* – инновации, приводящие к новым поколениям техники в рамках базисных инноваций. Пример: истребители 4, 4+, 5-го поколения.

5. *Микроинновации* – инновации, улучшающие отдельные параметры и характеристики техники внутри одного поколения.

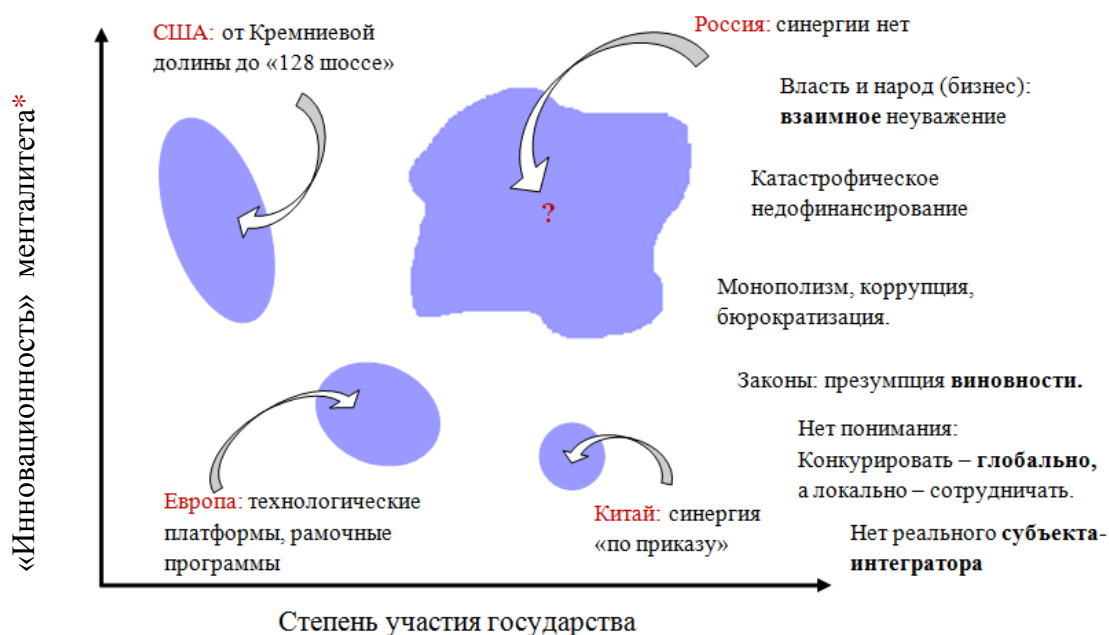
6. *Псевдоинновации* – инновации, не приводящие к реальным улучшениям, выражаемым в каких-либо экономических эффектах.

7. *Антиинновации* – инновации, приводящие к снижению экономических эффектов и отбрасывающие или откладываяющие начало нового роста эффективности.

По мнению В.И. Сулова, инновация и модернизация – это две стороны одной медали и того же процесса: «Инновация суть внедрение нового, модернизация – замена старого» [Сулов, 2015].

**Типы инновационных систем.** *Инновационная система* – это совокупность организаций, участвующих в инновационной деятельности, взаимодействующих друг с другом в процессе генерации и диффузии инноваций [Сулов, 2015].

Готовым продуктом подобной экономической системы являются инновации, а сырьем – знания. Данная система обладает синергией: ее эффект выше суммы эффектов, которые можно получить от ее элементов по отдельности. Пути достижения синергии в различных инновационных системах разнятся: к примеру, в работе В.И. Сулова выделяется четыре типа инновационных систем (американский, западноевропейский, китайский и российский) по двум классификационным признакам – «инновационности» менталитета населения и степени участия государства (рис. 1) [Сулов, 2015].



\*Предпримчивость, склонность к риску, спокойное отношение к неудаче, нацеленность на победу

Рис. 1. Типы инновационных систем

Дадим краткую характеристику каждому типу инновационных систем [Суслов, 2015].

➤ *Американский тип инновационных систем*

Менталитет: предпринимательский дух, граничащий с авантюризмом, концепция «лузерского капитализма» (толерантное отношение к неудаче, умению падать/вставать). Степень участия государства: минимальная роль государства (поддержка фундаментальной науки, образования и малого бизнеса). «Долина смерти» преодолевается с помощью венчурного капитала и положительных аспектов менталитета.

➤ *Европейский тип инновационных систем*

Менталитет: схож с американским, важнейший элемент – технологические платформы – объединения представителей всех сфер общества: государства, бизнеса, науки, образования для выработки общего видения научно-технического развития и подхода к разработке новых технологий. Инициатива «снизу». Степень участия государства: государство – ключевой участник платформы.

➤ *Китайский тип инновационных систем*

Менталитет: максимальное уважение к старшим: по возрасту, по должности; уважение к власти, приказу, чиновничеству в позитивном смысле. Степень участия государства: строгий контроль возникновения китайских инновационных систем, масштабное государственное финансирование.

➤ *Российский тип инновационных систем*

Менталитет: инициативный и креативный, стойкость к неудачам, возможны негативные последствия самодержавного и советского прошлого в виде помехи к повсеместному зарождению инноваций «снизу». Степень участия государства: построение предпосылок для синергии, целевое финансирование.

**Инновационные затраты и результаты.** Для иллюстрации инновационного цикла используют логистическую кривую (рис. 2). Данную иллюстрацию следует относить к эпохальным инновациям и, соответственно, к технологическому укладу в целом.

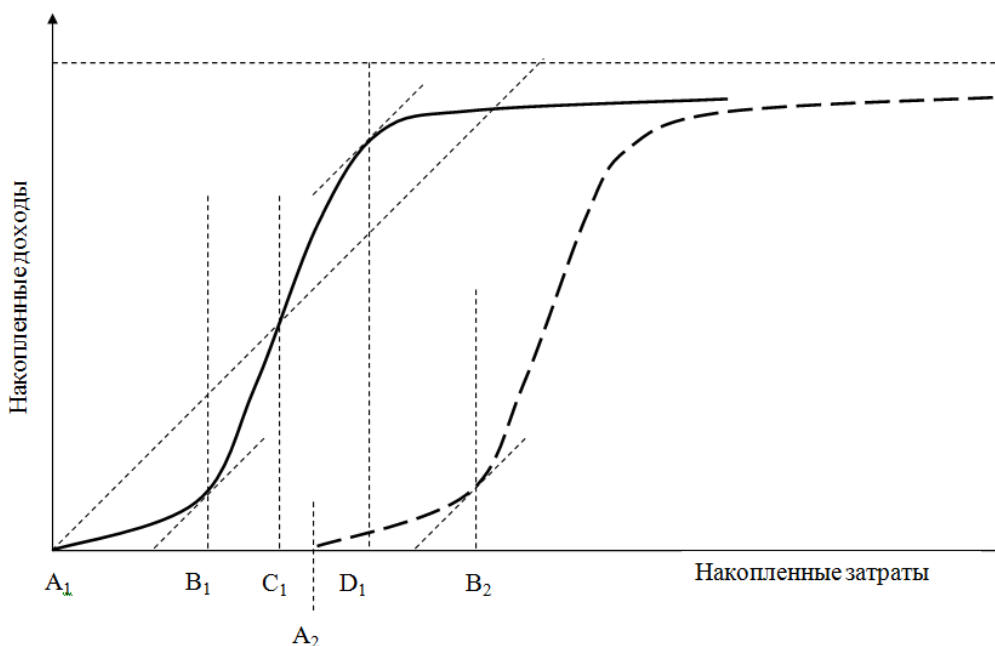


Рис. 2. Инновационный цикл

.....

$A_1$  – возникновение инновационной идеи, начало прикладных и фундаментальных исследований;  $B_1$  – текущие вложения становятся прибыльными, начинается бурный рост на базе данной инновации; точка максимальных накопленных убытков. Между  $A_1$  и  $B_1$  лежит так называемая «долина смерти», через которую с успехом проходят далеко не все инновационные идеи.  $C_1$  – точка окупаемости общих затрат;  $D_1$  – точка максимума накопленной прибыли. Продолжающиеся инвестиции порождают псевдоинновации и антиинновации, отражающие также смену знака второй производной. Точка  $B_1$  интервала  $B_1D_1$  – получение инноваторами инновационной ренты – дохода, превышающего их затраты и «нормальную» прибыль, отражающей эффект инновационного монополизма инноваторов (диктуется шумпетерианской экономикой, подразумевающей отсутствие совершенной конкуренции). В выигрыше только непосредственные инноваторы. Правее данной точки  $D_1$  начинается этап массовой диффузии, постепенного сокращения доходности, «старения» инновации и достижения конца срока ее жизни в точке  $D_1$ . В точке  $C_1$  окупаются затраты всех участников инновационного процесса, в том числе все потери в «долине смерти». Интервал  $D_1B_2$  есть инновационная пауза.

Для реализации инновационной деятельности нужна политическая воля представителей власти страны, управленческая воля руководителей отдельных бизнес-структур. Инструменты политики, направленные на стимулирование спроса на инновации, дифференцированы по целям, функциональным направлениям и стадиям зрелости технологий или продуктов по части готовности этих технологий или продуктов к коммерческому использованию.

Инструменты, стимулирующие завершающие стадии инновационного цикла (вывод продукции на рынок), менее развиты по сравнению с инструментами, ориентированными на поддержку ранних стадий цикла, прежде всего исследований и разработок, что является по факту «бутылочным горлышком» в моменте реализации инновационной политики. Данный факт стимулирует правительства стран мира, заинтересованных в инновационном развитии экономики, к смещению акцента с ранних стадий на расширение рынков и стимулирование спроса, на завершающие стадии инновационного цикла [*Формирование...*, 2014, с. 21–22].

Непосредственной формой стимулирования спроса на инновации являются государственные закупки. Органы власти и управления выступают покупателями инноваций либо для собственных нужд, либо в комбинации с частными участниками для того, чтобы стимулировать частный спрос. Использование государственных закупок для обеспечения общественных потребностей, в которых могут применяться нанопродукты и технологии, может послужить мощным катализатором развития новых рынков и создания новых, глобальных конкурентных преимуществ. Можно выделить два типа мер, направленных на данное смещение акцентов: финансовые и нефинансовые.

- Финансовые меры снижают затраты на «вход» (субсидии, освобождение от налогообложения, налоговые льготы) или затраты на жизненный цикл инвестиций (различные налоговые инструменты) для того, чтобы сделать инновации более конкурентоспособными на рынке.
- Нефинансовые меры направлены на сокращение информационной асимметрии и недостатка знаний у потенциальных потребителей инновационных продуктов и технологий.

Рассмотрим группу инструментов, направленных на улучшение взаимодействия между производителями и потребителями: регулирование и стандартизацию, которые воздействуют и на спрос, и на предложение инноваций (табл.).



**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЦИОННОГО И НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДОВ**

Таблица

**Инструменты, направленные на улучшение взаимодействия между производителями и потребителями**

Инструмент	Способ применения
1	2
<i>1. Общественный спрос</i>	
<i>Государственные закупки для собственного использования и/или развития рынка</i>	
Общие закупки	Государственные представители определяют инновации в качестве главного критерия отбора
Стратегические закупки	Представители государственных органов целенаправленно заказывают уже существующие инновации для их распространения
	Государство стимулирует развитие и выведение на рынок инноваций за счет формирования новых потребностей
Кооперационные закупки	Государство выступает в составе группы, формирующей спрос, и организует координацию закупок и спецификации потребностей
<i>2. Поддержка частного спроса</i>	
<i>Прямая поддержка частного спроса</i>	
Субсидирование спроса	Приобретение инновационных технологий потребителями или производителями непосредственно субсидируется, снижая затраты на «вход» для инновации
Налоговые стимулы	Расширение возможностей для определенных технологий в различных формах (налоговый кредит, скидка, освобождение от налогов и пр.)
<i>Косвенная поддержка частного спроса: «мягкое» управление – государство информирует, мобилизует, связывает</i>	
Формирование осведомленности	Государство начинает информационные компании, рекламирует новые решения, выполняет демонстрационные проекты и создает в обществе уверенность в продуктивности определенных инноваций
Информационные компании	Государство поддерживает частную маркетинговую активность
Обучение и тренинги	Потребители знакомятся с инновационными возможностями
Целеполагание и форсайт (предвидение)	Потенциальные потребители получают право голоса на рынке, а также сигналы по мере определения будущих предпочтений (и опасений) и обратную связь
Взаимодействие пользователя–производителя	Государство поддерживает компании, которые включают потребности пользователей в инновационную активность (например технологические платформы)
<i>Регулирование спроса или взаимодействия «потребитель–производитель»</i>	
Регулирование производства продукта	Государство устанавливает требования для производства и внедрения инноваций (например требования по вторичной переработке)
Регулирование информации о продукте	Разумное регулирование предоставляет свободу для выбора технологий, но меняет структуру мотивации для этого выбора (например система квот)
Процесс и нормы использования	Государство создает юридическую безопасность, устанавливая ясные правила по использованию инноваций (например электронная подпись)
Поддержка дружественной к инновациям частной регуляторной деятельности	Государство стимулирует саморегулирование фирм (нормы, стандарты) и поддерживает этот процесс и выступает катализатором, используя стандарты
Регулирование создания рынка	Действия государства создают рынки для последствий применения технологий (например через торговлю эмиссиями) или устанавливают рыночные условия, которые интенсифицируют спрос на инновации

1	2
<i>3. Системные подходы</i>	
Интегрированные инструменты стимулирования спроса	Стратегические координированные инструменты, комбинирующие различные инструменты стимулирования спроса
Интеграция инструментов стимулирования спроса и предложения	Комбинация инструментов стимулирования спроса и предложения для избранных технологий или сервисов (включая кластеры и цепочки поставок) Поддержка взаимодействия интеграции производителей – потребителей (гранты на R&D при условии участия пользователя) Специальные инструменты: докоммерческие закупки – государственный заказ на выполнение исследований, услуг по дизайну, прототипированию и тестированию нового продукта / услуги, который позволяет разделить риски с поставщиками.

Источник: [Harvard... (эл. ист. инф.); Анохин и др., 2014].

**Эволюция моделей, учитывающих технологический прогресс. Отображение технологического прогресса в макромоделях при моделировании долгосрочного экономического роста.** Общеизвестными факторами, определяющими экономический рост в долгосрочном плане, являются: темп роста основного капитала, темп роста численности занятых и их квалификация, а также темп внедрения новых технологий в производство, на котором мы остановимся отдельно.

Процесс внедрения новых технологий в производство в первую очередь зависит от общего уровня образованности населения и качества образования, а также от уровня развития фундаментальных и прикладных исследований.

Общими же средовыми условиями эффективного функционирования вышеперечисленных факторов долгосрочного экономического роста являются:

- политическая стабильность;
- гарантии прав частной собственности на средства производства и отлаженная система защиты прав на интеллектуальную собственность;
- развитая институциональная структура (банковский сектор, валютный и фондовый рынки, фонды прямых инвестиций и пр.);
- эффективно функционирующие органы судебной власти.

Для того чтобы комплексно рассмотреть вопрос отображения технологического прогресса в моделях долгосрочного экономического роста, необходимо для начала рассмотреть классические модели, где в простейшей форме отображается влияние технологического прогресса на развитие экономических систем.

Наиболее известными базовыми моделями являются: факторная модель экономического роста Р. Солоу и модель Солоу-Свана, разработанные в 50-е годы XX века, неоклассические модели экзогенного экономического роста.

Основным фактором, определяющим экономический рост в долгосрочном плане, в этих моделях является накопление капитала – вводится переменная  $A$ , отражающая влияние внедрения новых технологий на экономический рост. Однако вопрос о факторах параметров, определяющих саму эту переменную, не рассматривается, т.е. она вводится в модель как чисто экзогенная. Основная проблема, возникающая в данном случае, сводится к недостаточной состоятельности подобного анализа по причине того, что в действительности  $A$  зависит не только от уровня накопления капитала, но и от решений экономических агентов о его накоплении и об использовании новых технологий.

В основе современного подхода к теории долгосрочного экономического роста лежит понятие Й. Шумпетера о креативном разрушении, описывающем конкурентный процесс поиска новых идей для бизнеса. Данный подход выделяет инновации в самостоятельную единицу со своей мотивацией и динамикой, открывая двери для более глубокого анализа влияния инноваций на жизнь общества.

Упрощенная модель Солоу послужила платформой, основываясь на которой ученые-экономисты создали ряд более продвинутых моделей:

1962 г. – К. Дж. Эрроу предлагает решение, в котором изменения параметра  $A$  представляют собой непреднамеренную последовательность действий, вытекающих из практического опыта по производству новых элементов основного капитала.

1969 г. – У. Нордхаус и К. Шелл предлагают первые модели, в которых технологический прогресс происходит по преднамеренному экономическому выбору агентов.

1965 г. – Х. Узава показывает, как постоянный экономический рост может быть достигнут эндогенным путем в рамках неоклассических моделей. Параметр  $A$  в его концепции есть человеческий капитал, приходящийся на одного работника. Узава предположил, что рост этого параметра требует использования трудовых услуг в форме затрат на образование, а также проанализировал траектории оптимального экономического роста.

Следующим шагом в развитии макроэкономических моделей, нацеленных в том числе на более адекватное описание влияния технологического прогресса как эндогенной составляющей экономического роста, связан с АК-подходом, носящим такое название по причине использования производственной функции типа

$$Y = A * K, \tag{1}$$

где  $K$  – величина основного капитала;

$A$  – параметр, отображающий внедрение новых технологий.

Данная идея послужила основной для современной модели Пола Ромера.

**Модель эндогенного экономического роста Пола Ромера.** На протяжении уже 30 лет работы Пола Ромера являются основополагающими в развитии теории эндогенного экономического роста. Важная особенность его подхода заключается в том, что технологический прогресс является результатом максимизации прибыли компаниями или изобретателями, которые находят новые технологические решения, внедряют их, получают дополнительную прибыль, поскольку на определенном этапе обладают ноу-хау и экономией издержек по сравнению с конкурентами.

Исходное уравнение, применительно к производственной функции Кобба-Дугласа:

$$Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha}, \tag{2}$$

где  $\alpha \in (0,1)$ ;

$A$  – характеризует уровень технологического развития производства.

Численность занятых в народном хозяйстве также принимается равной населению, а темп его роста равен величине  $n$ .

Новаторством П. Ромера является описание изменения параметра  $A$ , который становится эндогенной переменной.  $A(t)$  – есть совокупность технологических идей, накопленных до момента  $t$ . Тогда  $\Delta A$  – количество новых технологических идей в данный период времени (далее  $t$  будем опускать).  $\Delta A$  равна численности работников, занятых в сфере разработки новых идей, умноженная на скорость, с которой происходит разработка этих новых технологических идей, которая обозначается как  $\psi$ . В результате имеем:

$$\Delta A = \psi L_A, \tag{3}$$

где  $L_A$  – численность работников, занятых в сфере разработки новых идей.

Тогда общая величина занятых составит:

$$L = L_A + L_\gamma, \quad (4)$$

где  $L_\gamma$  – это занятые непосредственно в производстве.

Величина  $\psi$ , хотя и может быть постоянной, но более реалистичным предположением является то, что она зависит от объема производства новых технологических идей, накопленных к данному периоду времени:

$$\Psi = \omega A^\Phi, \quad (5)$$

где  $\omega > 0$  и  $\Phi$  – постоянные;

$\Phi > 0$  – растущая продуктивность исследований, и наоборот;

$\omega$  – можно интерпретировать как базовую величину скорости, с которой происходит новая разработка.

Другим предположением может являться факт того, что производительность исследовательской работы зависит от численности занятых, вовлеченных в эту работу. Для описания подобной ситуации, к примеру, мы можем взять степенную функцию  $L_A^\lambda$ , где  $\lambda \in (0,1)$ . С учетом данных предположений перепишем функцию:

$$\Delta A = \omega A^\Phi L_A^\lambda. \quad (6)$$

В дальнейшем будем предполагать, что  $\Phi < 1$ . Данная функция показывает, что прирост новых идей зависит от уже накопленных знаний и численности вовлеченных в исследовательскую деятельность людей.

Следующим этапом является введение понятия траектории сбалансированного роста, что означает ситуацию, при которой выпуск, потребление, основной капитал, население и объем технологических идей в экономике растут одним и тем же темпом. Обозначим темп роста произвольной переменной  $x$  как  $g_x$ , получаем для наших переменных следующее равенство:

$$g_y = g_k = g_A. \quad (7)$$

Равенство (7) означает, что при нулевом технологическом развитии не будет и экономического роста.

Разделив уравнение, описывающее прирост новых идей на  $A$ , а затем прологарифмировав и продифференцировав его, мы получим следующее:

$$\lambda \frac{\Delta L_A}{L_A} - (1-\Phi) \frac{\Delta A}{A} = 0 \quad (8)$$

Это фактически означает, что вдоль траектории сбалансированного роста темп роста занятых в сфере НИОКР равен темпу роста населения  $n$ , т.е.  $\frac{\Delta L_A}{L_A} = n$ . Используя этот факт, мы получаем темп роста новых технологий:  $g_A = \frac{\lambda n}{1-\Phi}$ , что говорит нам о следующем: рост экономики в долгосрочном плане определяется параметрами производственной функции, описывающей прирост объема новых технологических идей, а также ростом численности занятых в сфере НИОКР.

Важнейший результат П. Ромера состоит в том, что он построил микроэкономические основы своей модели роста: экономика делится на три сектора: фондосоздающий, нефондосоздающий и исследовательский.

Нефондосоздающий сектор представлен множеством фирм, работающих в условиях совершенной конкуренции:

$$Y = L^{1-\alpha} \gamma K_1^\alpha + L^{1-\alpha} \gamma K_2^\alpha + \dots + L^{1-\alpha} \gamma K_B^\alpha = L^{1-\alpha} \gamma \sum_{j=1}^B K_j^\alpha, \quad (9)$$

где  $Y$  – продукт нефондосоздающего сектора, производимый рабочей силой  $L_\gamma$ ;

$K_j$  – основной капитал вида  $j$ ;

$B$  – число видов основного капитала.

Максимизируем прибыль:

$$\max_{L_j; K_j} \pi = \max_{L_j; K_j} [Y - wL_j - \sum_{j=1}^B p_j K_j], \quad (10)$$

где  $j$  – цена основного капитала вида  $j$ ;

$w$  – заработная плата.

В модели П. Ромера мы абстрагировались от затрат на сырье и материалы в силу специфики сектора.

Фондосоздающий сектор в модели П. Ромера: монополисты руководствуются правилом: только одна компания покупает патент на производство машины нового типа, поэтому производит один вид капитальных товаров, продает машины и оборудование в нефондосоздающий сектор и максимизирует свою прибыль следующим образом:

$$\max_{K_j} \pi = \max_{K_j} [p_j(K_j)K_j - r_j K_j], \quad (11)$$

где  $p_j(K_j)$  – функция спроса;  $r_j$  – издержки производства единицы основного капитала вида  $j$ .

Исследовательский сектор производит новые технологические идеи, которые воплощаются в новых машинах и оборудовании, защищенные патентом, выкупаемым фондосоздающим сектором.

**Модель эндогенного экономического роста с учетом обучения через практику и прикладные инновации.** Основной спецификой данной модели является то, что в теорию Й. Шумпетера вводится неоднородность инновационной деятельности: наличие разницы между фундаментальными и прикладными исследованиями. Каждый новый продукт создается с использованием не одной инновации, а с применением целой последовательности инноваций. Некоторые из них носят более фундаментальный характер в том смысле, что открывают больше возможностей для будущего развития. Другие инновации носят более прикладной характер и направлены на реализацию заложенных ранее возможностей. Хотя разделение и условно, но мы получаем следующее: R&D – фундаментальные исследования, а прикладные инновации – деятельность, которую называют «обучение через практику».

«Обучение через практику» также может привести к решению проблем фундаментального порядка, поэтому для модели используется понятие «всеобщих знаний», которое характеризует общий уровень научных, технологических и культурных достижений, потенциально доступных каждому члену общества.

В модели имеется две связи, определяющие скорость экономического роста в устойчивом состоянии и соотношение между количеством исследований и обучением через практику.

Первая связь описывается уравнением экономического роста через развитие всеобщих знаний во времени, тем самым определяется функция экономического роста в устойчивом состоянии как функция, зависящая одновременно от двух типов изысканий.

Вторая связь – арбитражное управление, отражающее попытки работников заниматься наиболее прибыльными типами инновационной деятельности, будь то фундаментальные или прикладные исследования. Пропорция занятых в фундаментальных и прикладных исследованиях зависит от скорости экономического роста и от ставки дисконтирования, отражающей предпочтения работников в потреблении и сбережении.

Опишем базовые предположения модели.

➤ *Основная модель*

1. Непрерывное время и бесконечный горизонт событий.
2.  $N$  – число вечно живущих квалифицированных работников, выбирающих между работой в производстве или в исследовательской сфере.

3. В экономике производится один конечный продукт, используемый только на потребление, и ряд промежуточных продуктов, направленных на производство конечного продукта.

4. Межвременные, независимые от риска, предпочтения в потреблении с постоянной нормой временного предпочтения  $\gamma$  (ставкой дисконтирования);

5. Отсутствие отрицательной полезности трудовых усилий.

► *Производственный процесс*

1. Конечный продукт – результат обработки ряда промежуточных продуктов, произведенных в разное время.

2. Новый промежуточный продукт, произведенный в период  $\tau$ , изобретается работниками, которые работают в исследовательском секторе с использованием всего запаса всеобщих знаний.

3. Скорость разработки –  $H^r \lambda^r$ , где  $H^r$  – число исследователей, занятых в секторе исследования, а  $\lambda^r$  – скорость разработки фундаментальных инноваций, являющаяся случайно экзогенной величиной, показывающей вероятность появления нового фундаментального исследования в единицу времени.

4. Промежуточные товары, произведенные позже – имеют лучшие качества.

5. Пусть  $A_\tau$  – накопленный к периоду  $\tau$  уровень всеобщих знаний,  $x_a$  – затраты труда на производство каждого промежуточного продукта, разработанного в период  $a$ ;  $Z_a$  – характеристика качества товара, разработанного в период  $a$ .

6. Труд имеет постоянную производительность, поэтому выпуск промежуточных товаров можно определить, как  $x_a$  – соответствующий коэффициент производительности труда.

7. В устойчивом состоянии будем иметь  $H^r \lambda^r$  – различных продуктов, разработанных в каждый период времени.

8. Число промежуточных продуктов, произведенных в период  $a$  остается прежним, но изменяется их доля в общем объеме производства.

9. В итоге, совокупный конечный продукт в период  $t$  будет равен:

$$Y_t = \int_{-\alpha}^t \lambda^r H^r A_\tau Z_t - \tau (Xt - \tau)^\alpha d\tau = \int_{-\alpha}^t Y_{t,\tau} \tau d\tau, \quad (12)$$

где  $\alpha \in (0,1)$  и  $Y_{t,\tau} = Y_{t,\tau} = \lambda^r H^r A_\tau Z_t - \tau (xt - \tau)^\alpha$  – конечный продукт, производимый в период  $t$  с использованием промежуточных продуктов, разработанных в период времени  $\tau$ .

10. Качество нового продукта принимается равным нулю. Улучшение его качества приходит с темпом, равным темпу роста потока прикладных инноваций во всей экономике – LBD (от «learning by doing»), скорость которого –  $\lambda^d (x^s)^{1-\nu}$ , где  $\lambda^d$  – параметр, характеризующий продуктивность обучения через практику.

11.  $Z_0=0$ , так как фирмы могут обратить в собственность только продукцию, а не инновации.

В итоге, поток прикладных инноваций определяется из следующего уравнения:

$$\frac{dZ_a}{da} = LBD = \int_{-\alpha}^t \lambda^r H^r \lambda^d (x^s)^{1-\nu} ds, \quad (13)$$

где  $a > 0$ .

Как мы видим, поток прикладных инноваций зависит и от скорости обучения через практику, и от количества новых продуктов, разработанных в каждом периоде. Новые всеобщие знания создаются посредством исследовательской работы и обучения через практику во всей экономической системе с использованием уже существующего запаса всеобщих знаний.

► *Уравнение, описывающее экономический рост*

Исходя из идей, изложенных выше, имеем:

$$\frac{A^t}{At} = G(\lambda^r H^r, LBD). \quad (14)$$

Соотношение (14) должно отвечать следующим требованиям:

1.  $G=0$ ,  $H^r = 0$ ,  $LBD = 0$ . Экономический рост в долгосрочном плане невозможен без работников фундаментальных исследований и потока прикладных инноваций.

2. Величина  $G$  связана строго положительной зависимостью с каждым аргументом и является выпуклой функцией.

В стационарном (устойчивом) состоянии темп роста экономики в долгосрочном плане равен темпу роста всеобщих знаний, и исходя из этого и изложенного выше получаем:

$$g = G \lambda^r H^r, \frac{(\lambda^r)^v \lambda^d}{\sigma^v (1-v)} (H^r)^v (H - H^r)^{1-v}. \quad (15)$$

Данное соотношение показывает, что в устойчивом состоянии экономический рост в долгосрочном плане определяется темпом роста доходов, которые ожидают получить все исследователи в качестве вознаграждения за свои фундаментальные инновации, т.е. величиной  $g$ .

Существуют и более совершенные теоретические выкладки по данному вопросу, ведь экономическая наука не стоит на месте [Зверев и др., 2014; Кравченко, 2011].

Мир непрерывно находится в процессе трансформации и изменения, становится более сложным и динамичным. Привычные производственные, финансовые, политические, социальные связи претерпевают изменения, а НТП – все больше выходит на экспоненциальную траекторию развития. Поэтому учет в экономических моделях технического прогресса и создание новых инструментов, позволяющих оценить новую инновационную экономику – жизненно необходимы. Не менее важным является и вопрос финансирования инноваций, поиска источников этого финансирования и оценки эффективности инновационных проектов.