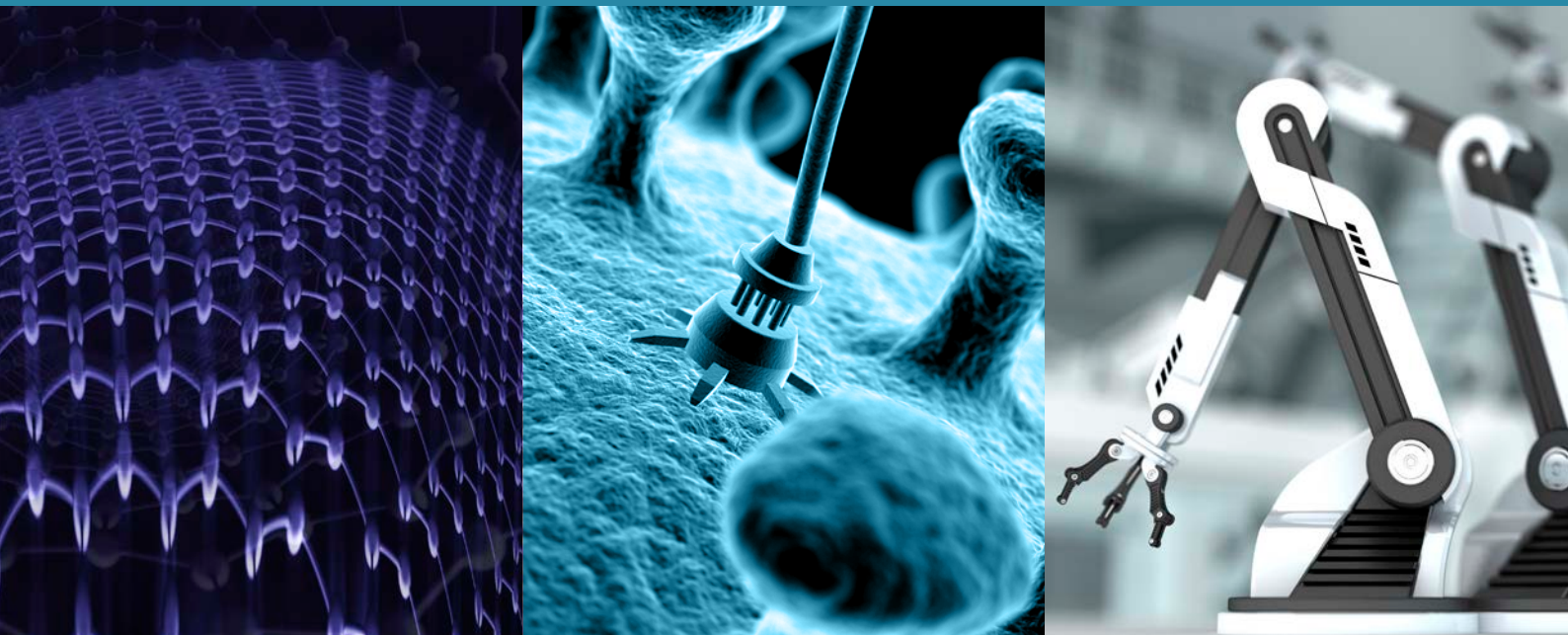


Доклад о положении в области интеллектуальной собственности в мире

Революционные инновации и экономический рост

Серия «Экономика и статистика»



2015 г.



ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ



Доклад о положении в области интеллектуальной собственности в мире

Революционные инновации и
экономический рост

Серия «Экономика и статистика»

2015 г.



WIPO

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ



Предисловие

Обязанностью правительства каждой страны является стимулирование экономического роста. Стабильный рост экономики приводит к повышению уровня жизни и созданию новых рабочих мест и помогает бороться с бедностью. Экономический рост не является панацеей, но, будучи направлен в нужное русло, он может способствовать стабильности, безопасности, здоровью населения и экологической устойчивости.

Но можно ли принимать непрерывный рост как должное? Этим вопросом задается всё больше экспертов, и совершенно обоснованно. Период после Второй мировой войны был отмечен рекордным ростом глобальной экономики. Но с начала с мирового финансового кризиса 2008 г. темпы роста не внушают оптимизма. Можно ли рассчитывать на то, что быстрый рост когда-нибудь возобновится, или низкие темпы — это «новая нормальность»?

Ответ на этот вопрос отчасти зависит от того, до какой степени инновации продолжают обеспечивать рост. В прошлом в основе долгосрочного расширения объема производства лежали революционные технические открытия, менявшие облик экономики. Бывшие аграрные общества превратились в индустриальные и сервисные экономики именно благодаря технологиям, которые были немыслимы три столетия назад. Сейчас, в XXI веке, инновации происходят невиданными ранее темпами. Но вопрос о том, насколько сегодняшние технические достижения будут стимулировать завтрашний рост, остается открытым.

Центральное место в вопросе взаимосвязи между инновациями и ростом занимает интеллектуальная собственность (ИС). О важности охраны ИС для обеспечения экономического роста написано много. Однако точные каналы, по которым ИС формирует показатели роста, сложны для определения и различаются в зависимости от конкретных технологий и видов ИС. Чтобы пролить свет на эти каналы влияния, мы посвятили наш *Доклад о положении в области интеллектуальной собственности в мире за 2015 г.* теме революционных инноваций и экономического роста.

Как и в наших прежних докладах, в Докладе о положении в области интеллектуальной собственности в мире за 2015 г. мы пытаемся объяснить и уточнить роль системы ИС в странах с рыночной экономикой. В начале доклада рассматриваются сценарии экономического роста на протяжении истории и различные пути воздействия инноваций на этот процесс. При этом изучается, как разные формы ИС определяют результаты инноваций и распространения технологий.

В этом году доклад содержит серию тематических исследований, в которых рассматриваются конкретные связи между инновациями, ИС и экономическим ростом в шести областях технического прогресса. Три из них посвящены историческим инновациям: самолетам, антибиотикам и полупроводникам. Остальные три относятся к областям,

которые, как представляется сегодня, имеют революционный потенциал: трехмерной печати, нанотехнологиям и робототехнике. Все эти тематические исследования имеют одинаковую структуру: сначала описывается история развития технологии и ее вклад в экономический рост, затем — экосистема, породившая данную инновацию, и наконец — роль ИС в этой экосистеме.

Также в докладе рассматриваются перспективы будущего экономического роста, обусловленного внедрением инноваций. Не претендуя на роль предсказателей, авторы приводят различные аргументы в пользу как более оптимистичного, так и более пессимистичного прогноза. В докладе подчеркивается, что независимо от сегодняшних перспектив роста правительствам и частному сектору необходимо продолжать инвестировать в инновации. Успех инноваций — как на уровне компаний, так и в масштабе всей экономики — требует постоянных усилий даже в условиях низких темпов роста, когда возможности финансирования весьма ограничены.

Тема революционных инноваций и экономического роста многогранна, и настоящий доклад не претендует на освещение всех соответствующих вопросов. Например, в нем не содержится детального обсуждения того, как экономический рост, обусловленный инновациями, преобразует рынок труда и влияет на распределение доходов. Кроме того, описывая схемы распространения инноваций на развивающиеся страны, авторы не пытаются дать им исчерпывающего объяснения. На самом деле, вопрос о том, почему некоторым развивающимся странам удастся подняться по технологической лестнице, а другим — нет, остается в экономической науке нерешенной загадкой.

Мы надеемся, что в этом докладе представлен актуальный обзор одной из самых важных проблем, стоящих сегодня перед директивными органами, и что наш доклад придаст содержательности дискуссиям между государствами-членами о том, как выстроить такую систему ИС, которая максимально стимулирует инновации и основанный на них экономический рост во всех странах.

Фрэнсис ГАРРИ
Генеральный директор



Слова благодарности

Настоящий доклад готовился под общим руководством Фрэнсиса Гарри (Генерального директора ВОИС). Группу его составителей возглавлял Карстен Финк (главный экономист Отдела экономики и статистики ВОИС). В нее также входили Интан Хамдан-Ливраменто (экономист), Хулио Раффо (старший экономист) и Саша Вунш-Винцент (старший экономист).

Во время своей работы в Отделе экономики и статистики участие в подготовке доклада также приняли Антанина Гаранашвили, оказавшая помощь в исследованиях, и Франческа Гуаданьо, участвовавшая в написании глав 2 и 3.

Тематические исследования, представленные в главах 2 и 3, основаны на предварительной работе, выполненной по заказу ВОИС. В частности, тематическое исследование по авиации основано на справочном докладе, который подготовили Дэвид Мауэри (Калифорнийский университет в Беркли) и Лутц Будрасс (Рурский университет в Бохуме). Письменные комментарии предоставил Йохен Штреб, дополнительные комментарии получены от Петера Мейера.

Справочный доклад для тематического исследования по антибиотикам подготовил Бхавен Сампат (Колумбийский университет). Письменные замечания к нему предоставил Луиджи Орсениго.

Тематическое исследование по полупроводникам основано на справочном докладе Томаса Хёрена (Мюнстерский университет). Письменные комментарии направил Ричард Бёрт, а данные предоставлены организацией World Semiconductor Trade Statistics.

Тематическое исследование по трехмерной печати базируется на справочном докладе Штефана Бехтольда (Высшая техническая школа в Цюрихе). Письменные комментарии предоставил Девен Десай, дополнительные замечания направила Никола Серл.

Справочный доклад для тематического исследования по нанотехнологиям подготовила Лиза Уэллетт (Стэнфордский университет). Письменные комментарии к нему предоставила Стефан Люйери.

Тематическое исследование по робототехнике основано на справочном докладе К. Эндрю Кейснера (компания Davis & Gilbert LLP). Письменные комментарии предоставил Роланд Зигварт. Дополнительные замечания получены от Мирко Бёма и Реми Глейзнера, а данные предоставлены Международной федерацией робототехники и Фрэнком Тоубом из Robot Report.

Сотрудники Британского ведомства интеллектуальной собственности Ричард Коркен, Кристофер Харрисон и Мэриан Лилингтон предоставили данные и консультации по топографированию патентного ландшафта в рамках подготовки тематических исследований. Помощь в топографировании также оказали Габриэль Берлицки, Габриеле Пеллегрини и компания Bureau van Dijk.

Внешними рецензентами глав доклада выступили Тони Клейтон и Уго Паницца. Дополнительные данные и комментарии предоставили Габриэль Клерк, Диего Комин, Пол Дэвид, Маркус Хёппергер, Паоло Лантьери, Моше Леймберг, Лутц Майлендер, Максим Пинковский, Жюльен Пенен, Эдвард Штайнмюллер, Виктор Васкес и Джаяшри Ватал.

Ценную административную поддержку оказали Самия ду Карму Фигейреду и Катерина Валлес Гальмес.

Мы также выражаем благодарность коллегам из Отдела коммуникаций за руководство публикацией доклада, особенно Тоби Бойду за редактирование и Стивену Меттлеру за оформление доклада. Большую помощь в исследовательской работе оказала Библиотека ВОИС, а типография ВОИС предоставила качественные полиграфические услуги. Благодаря совместным усилиям мы уложились в сжатые сроки.

Ограничение ответственности

Исключительную ответственность за факты и мнения, изложенные в настоящем докладе, несет Секретариат ВОИС. Они могут не соответствовать точкам зрения государств-членов ВОИС. Основные авторы настоящего доклада желают освободить всех лиц, участвовавших в его подготовке или предоставивших свои комментарии, от ответственности за какие-либо ошибки или упущения.

Использование информации, содержащейся в настоящем отчете, приветствуется, но мы просим указывать ВОИС в качестве ее источника.

Резюме

Экономический рост — это мощный механизм снижения уровня бедности, создания новых рабочих мест и повышения общего качества жизни. Но его не следует принимать как должное. До XVIII в. мировая экономика почти не росла. Бедность была повсеместной, а о существенном повышении качества жизни не только немногочисленных привилегированных слоев нельзя было и подумать. После этого мировая экономика начала расти с беспрецедентной скоростью, что способствовало значительному повышению уровня жизни и распространению материального процветания. Однако экономика некоторых стран росла быстрее и стабильнее, вследствие чего на сегодняшний день уровень процветания разных стран очень сильно различается.

Один из ключевых выводов проведенных научных исследований состоит в том, что экономический рост опирается на непрерывный технологический прогресс. Действительно, на протяжении последних трех веков была сделана серия революционных открытий в разных технологических областях, которые на глубинном уровне трансформировали производственную деятельность и стимулировали рост новых отраслей. Где истоки этих революционных инноваций и как они способствовали росту объемов производства? Важно найти ответы на эти вопросы, так как те, кто отвечает за принятие политических решений, постоянно стремятся создать наиболее благоприятные для роста условия. Мировая экономика развивается уже почти семь лет после глобального финансового кризиса. Однако не затихают споры о том, смогут ли инновации и в будущем обеспечивать темпы роста, аналогичные тем, которые существовали до кризиса.

Задача настоящего доклада состоит в том, чтобы внести аналитический вклад в эту дискуссию. В нем рассматриваются механизмы, посредством которых инновации способствуют росту, и экосистемы, стимулирующие развитие инноваций. При этом особое внимание уделяется роли системы интеллектуальной собственности (ИС), суть которой состоит в том, чтобы содействовать инновационной деятельности.

В докладе рассматриваются исторические тенденции роста и осмысляются связи между инновациями и ростом, а также проводится анализ шести примеров революционных инноваций. В частности, рассматриваются три исторические инновации и три инновации, обладающие на настоящий момент большим потенциалом (см. таблицу 1). Рассмотрение этих примеров позволяет понять, что революционные открытия могут иметь разный характер, а условия их создания постоянно меняются. Конечно, многие выводы относятся только к конкретным рассмотренным примерам и на их основе невозможно сформулировать общий принцип. Однако различия и сходства, которыми обладают приведенные примеры, дают пищу для размышлений по поводу того, какие стратегические подходы могли бы быть наиболее эффективными при альтернативных обстоятельствах.

Таблица 1. Революционные инновации, рассмотренные в настоящем докладе

Инновации в истории	Инновации современности
Самолеты: от любителей XIX в., летавших на планерах, до надежного вида транспорта, появившегося в первой половине XX в.	3D-печать: создание 3D-объектов путем последовательного наложения слоев материала при помощи цифровых технологий
Антибиотики: от открытия сульфамидных препаратов в 1930-х гг. до появления современной фармацевтической промышленности	Нанотехнологии: технологии, масштаб которых составляет одну миллиардную метра, применяющиеся в электронике, здравоохранении, создании материалов и в других областях
Полупроводники: от усиления радиоволн в целях улучшения коммуникации в начале XX в. до мощных компьютерных кристаллов, лежащих в основе революции ИКТ	Робототехника: от первых роботов, использующихся для автоматизации промышленных процессов, до современных автономных машин, обладающих искусственным интеллектом

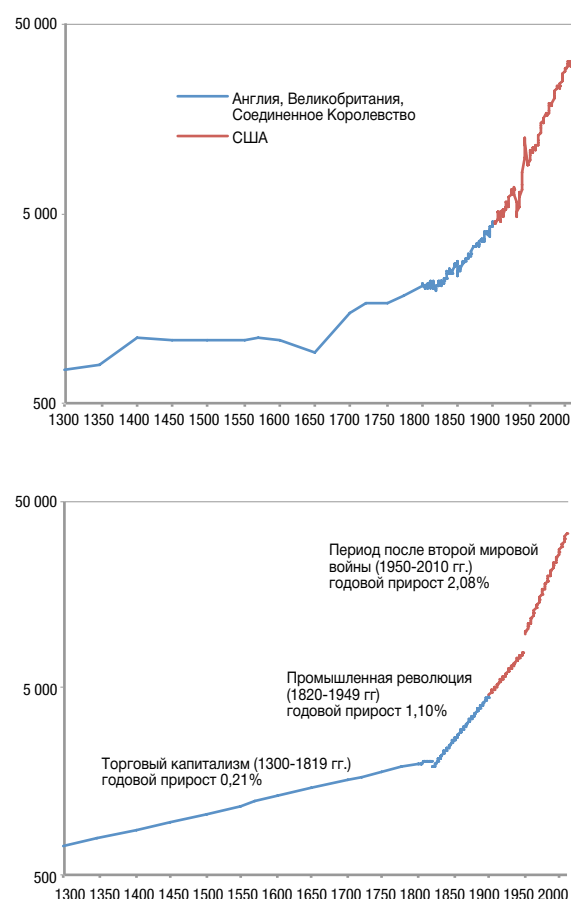
Экономический рост в разные исторические периоды

Рост в лидирующей стране начался в начале XIX в. и ускорился в период после Второй мировой войны

На рисунке 1 показан рост ВВП на душу населения в лидирующей стране начиная с 1300 г. с учетом наиболее полных исторических данных. Под «лидирующей» страной в данном случае понимается экономика, где отмечались наибольшие объемы производства на душу населения в тот или иной момент времени. На рисунке 1 такие данные приводятся для Англии, Великобритании и Соединенного Королевства (за период до 1900 г.) и для Соединенных Штатов Америки (США) для последующего периода.

Рисунок 1. Рост в лидирующей стране в течение семи веков

Реальный ВВП на душу населения, 1300–2000 гг., логарифмическая шкала



См. рисунок 1.1

На нижнем графике семь веков разделены на три периода роста. В первый период, продолжавшийся до начала XIX в., наблюдался лишь незначительный и спорадический рост, темпы которого составляли в среднем около 0,2 процентов в год. Начало промышленной революции способствовало резкому увеличению ежегодных темпов роста до 1,1 процента. Наконец, в период после Второй мировой войны темпы роста увеличились до 2,1 процента в год, что означало удвоение доходов каждые 34 года. Таким образом, в свете исторических данных о темпах роста можно говорить о том, что в период после 1950 г. рост стал удивительно быстрым и беспрецедентным.

Различия в траекториях роста увеличивают разрыв между самыми богатыми и самыми бедными странами...

Вне группы передовых экономик наблюдались различные показатели роста. Хотя отдельные экономики, которые когда-то были бедными (в частности в Восточной Азии), смогли догнать группу лидеров, общий процесс сближения уровней доходов на душу населения так и не начался. В результате по сравнению с XIX в. степень неравенства стран с точки зрения уровня благосостояния увеличилась.

...несмотря на то, что быстрый рост в Китае и Индии выступает в качестве силы, способствующей выравниванию распределения мирового дохода и снижению масштабов абсолютной бедности

Рост неравенства доходов стран не обязательно означает повышение уровня неравенства в мире. На основании данных о распределении доходов между людьми по всему миру (которые учитывают численность населения и уровень неравенства доходов в разных странах) можно сделать более оптимистические выводы. Исследования, посвященные развитию в последние несколько десятилетий, говорят о том, что быстрый рост густонаселенных и изначально бедных азиатских экономик (особенно Китая и Индии) стал тем механизмом, который способствует выравниванию распределения доходов в мире. Кроме того, несмотря на использование разных показателей порога бедности, в этих исследованиях однозначно делается вывод о значительном сокращении масштабов абсолютной бедности.

Как инновации способствуют экономическому росту

Длительные научные исследования в сфере экономики подтверждают, что инновации играют центральную роль в стимулировании долгосрочного роста. Но рассчитать количественный вклад инноваций (т. е. определить, какие именно инновации стали основой для роста в каком именно объеме в тот или иной период времени) довольно сложно. На инфографике в конце настоящего доклада показаны наиболее важные революционные инновации за последние 200 лет на фоне графика роста лидирующей страны (который изображен на рисунке 1). Этот рисунок представлен в качестве иллюстрации, а указанные в нем технологии были выбраны произвольно.

Несмотря на сложности с количественными измерениями, каналы влияния инноваций на рост на концептуальном уровне изучены достаточно хорошо.

Инновации способствуют углублению капитала...

Фирмы инвестируют в новое капитальное оборудование, рассчитывая, что в будущем благодаря этим инвестициям они смогут получить определенный доход. Появление новых технологий может повышать доходность инвестиций и стимулировать фирмы инвестировать больше. Как свидетельствует история, за появлением крупной революционной технологии нередко следовал резкий рост объемов инвестиций, что способствовало увеличению объемов производства. Например, в той части, где рассказывается о создании полупроводников, приводятся свидетельства того, что в условиях быстрого развития ИКТ в 1990-х гг. множество американских компаний значительно увеличили размеры своего капитала, связанного с ИКТ, особенно по сравнению с другими формами основных фондов. Кроме того, важным компонентом инвестиций стали инвестиции в нематериальные активы (создание новых бизнес-процессов, баз данных и осуществление другой наукоемкой деятельности), которые также связаны с внедрением новых технологий.

...содействуют формированию растущей, более здоровой и образованной рабочей силы...

Инновации стали ключевым механизмом увеличения размера рабочей силы. Достижения в области медицинских технологий способствовали резкому росту продолжительности жизни. В 1800 г. ожидаемая средняя продолжительность жизни во всех развитых экономиках составляла менее 40 лет. К 2011 г. этот показатель достиг 75 лет, а лидером в этой области является Япония, где он составляет 83 года. На рисунке 2 (взяв из раздела об истории антибиотиков) показано резкое снижение смертности после появления первых антибиотиков в 1930-х гг.

Рисунок 2. Антибиотики оказали огромное влияние на здоровье человека

Уровень смертности от инфекционных и сердечно-сосудистых заболеваний, число смертей на 100 000 человек, 1900–2000 гг.



См. рис. 2.4

Инновации также способствовали увеличению доли взрослого населения в рабочей силе. Например, появление быстрых видов массового транспорта снизило географические барьеры на рынке труда. Кроме того, оно способствовало расширению доступа к образованию. Развитие образовательных технологий, в свою очередь, расширяло и углубляло достижения в сфере образования, содействуя формированию более образованной рабочей силы.

...повышают эффективность фирм...

Инновации влияют на производительность фирм самыми разными способами. *Процессные и организационные инновации* могут повышать эффективность трансформации вложений (особенно трудовых) в результат. Благодаря повышению эффективности освобождаются ресурсы, которые могут использоваться для увеличения объемов производства, как в той же фирме и в том же секторе, так и в других областях экономики.

Продуктовые инновации также оказывают значительное влияние на производительность фирм, особенно если благодаря им появляются важные новые или улучшенные промежуточные товары. Проанализированные в настоящем докладе примеры отлично иллюстрируют то, как новые продукты и услуги меняли характер производственной деятельности. В частности, это относится к воздушному транспорту, компьютерам, промышленным роботам и 3D-принтерам.

...и модифицируют экономические структуры

В основе глубоких структурных трансформаций нередко лежат именно инновации. В среднесрочной и долгосрочной перспективе такие структурные трансформации влияют на эффективность экономики несколькими путями.

- Инновации могут менять характер отраслей, заставляя одни фирмы уйти с рынка и помогая другим фирмам выйти на него. Во многих случаях такого рода изменения способствуют повышению производительности, стимулируя рост, и перераспределению производственных факторов.
- Революционные инновации, как правило, стимулируют реорганизацию цепочек поставок, так как фирмы развивают уникальные навыки и начинают специализироваться на производстве тех товаров и услуг, которые могут быть востребованы широким спектром компаний как в пределах одной отрасли, так и в других отраслях. Технологические инновации также способствовали глобализации цепочек поставок, увеличивая выгоды, обусловленные более высоким уровнем специализации.
- Технологические инновации способствуют появлению новых видов экономической деятельности, снижая при этом значимость уже существующих. В краткосрочной и среднесрочной перспективе подобные технологические изменения могут создавать трудности для сотрудников, чьи навыки теряют свою актуальность. Однако в долгосрочной перспективе переход сотрудников в растущие сектора экономики представляет собой один из наиболее важных способов обеспечения роста производства с помощью инноваций. На практике технологический прогресс способствовал крупному сдвигу: от сельского хозяйства и промышленности — к сфере услуг. Это было во многом обусловлено тем, что исторически темпы роста производительности в сельском хозяйстве и промышленности были гораздо выше, чем в трудоемком секторе услуг.

Распространение инноваций имеет большое значение...

Революционные технологии стимулируют экономический рост только в том случае, если они широко распространяются в экономике. Фирмам нужно научиться использовать новую технологию, сделать инвестиции в основной капитал, реорганизовать бизнес-операции и обеспечить обучение сотрудников. Действительно, появление новых технологий, как правило, стимулирует создание сопутствующих инноваций, связанных с организационными и бизнес-моделями. Такие инновации сами по себе способствуют существенному росту эффективности. Конкурентная динамика, доступ к финансированию, введение стандартов и технических регламентов также могут оказывать значительное влияние на пути распространения технологий.

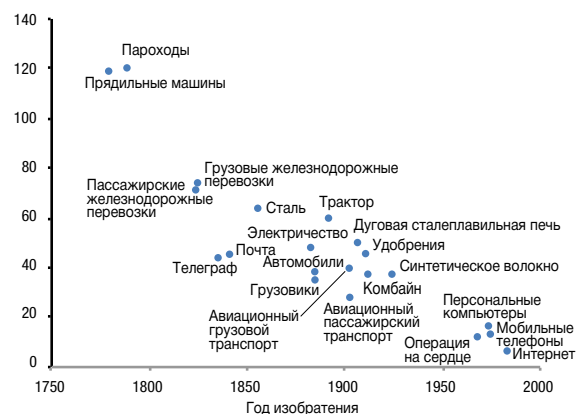
...а его характер значительно различается в разных технологических областях и в странах-получателях

Насколько легко технология распространяется в разных экономиках, особенно в менее развитых? Это важный вопрос. Учитывая роль инноваций в стимулировании долгосрочного роста, различия в уровне экономического благосостояния могут объясняться в том числе и несовершенством механизмов распространения технологий.

Последние данные, связанные с характером распространения технологий, рисуют неоднозначную картину. С одной стороны, более новые технологические инновации распространялись в странах с низким и средним уровнем дохода быстрее (см. левый график на рис. 3). С другой стороны, такие данные также свидетельствуют о том, что в отношении более новых технологий имеет место больший разрыв в интенсивности их использования в экономиках (см. правый график на рис. 3).

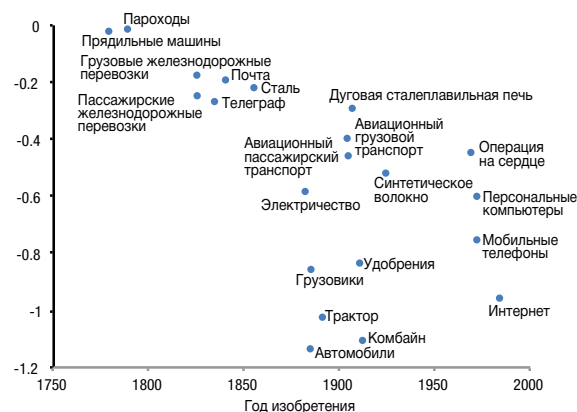
Рисунок 3. Более быстрое, но менее глубокое распространение технологий

Временной лаг между созданием первого изобретения и его внедрением, в годах



См. рис. 1.7

Различия в степени проникновения, в логарифмических единицах



Чтобы экономика могла эффективно использовать разработанные за рубежом технологии, она должна обладать достаточной *поглощающей способностью*, которая подразумевает наличие человеческого капитала, способного понять и применить технологию, наличие организационных и управленческих ноу-хау, а также институтов, занимающихся координацией и мобилизацией ресурсов для внедрения технологии. Во многих случаях поглощающая способность также предполагает способность создавать незначительные инновации для адаптации технологии к местным нуждам.

- Были важны связи между различными субъектами инновационной деятельности. Они поддерживались как в рамках неформального обмена знаниями, профессиональных сетей и рабочих движений, так через формальные механизмы, связанные с соглашениями о лицензировании между университетами и промышленностью, и через сотрудничество в сфере НИОКР. Они способствовали обмену знаниями между исследователями и соединяли этап разработки с этапом внедрения, что помогало превращать перспективные идеи и коммерческие технологии.

Экосистемы, стимулирующие создание революционных инноваций

Какого рода экосистемы в наибольшей степени способствуют созданию инноваций и внедрению новых технологий? На основании анализа шести примеров, включенных в настоящий доклад, можно выделить ряд хорошо известных элементов, сыгравших ключевую роль в достижении успеха.

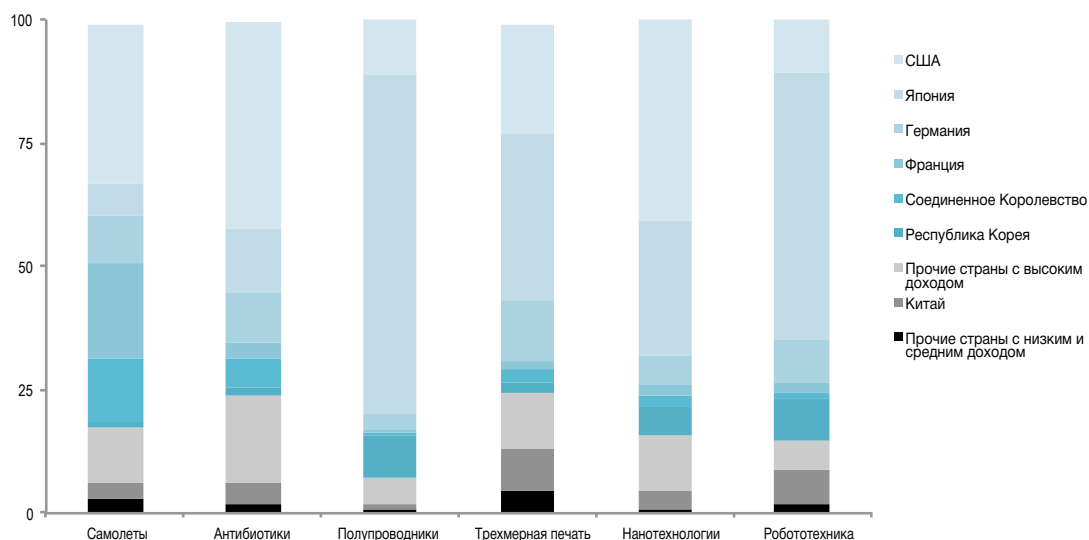
- Государство было основным источником финансирования научных исследований, которые нередко способствовали созданию революционных инноваций. Во многих случаях государство также сыграло ключевую роль в инициировании переноса перспективных инноваций из лаборатории на стадию производства, что нередко было обусловлено интересами национальной обороны и промышленной политики.
- Конкурентные рыночные силы и деятельность фирм были не менее важны, особенно на стадии коммерциализации перспективных идей и создания последующих инноваций, которые способствовали увеличению масштабов производства, снижению затрат и широкому внедрению новых технологий.

Патентная деятельность, связанная с шестью революционными инновациями, была географически сконцентрирована...

В рассмотренных примерах рассказывается о патентах, которые были зарегистрированы в разных странах мира в связи с каждой из шести революционных инноваций. Хотя такое распределение патентов не является идеальным отражением инновационного ландшафта, оно дает большой объем информации относительно географического и институционального происхождения изобретений, особенно обладающих коммерческим потенциалом. Оно показывает, что во всех шести случаях патентная деятельность была географически сконцентрирована (см. рис. 4 и 5, а также таблицу 2). На страны с высоким уровнем дохода приходится более 80 процентов патентных заявок во всех шести примерах. Даже в группе стран с высоким уровнем дохода патентные заявки сконцентрированы лишь в нескольких странах: на США, Японию, Германию, Францию, Соединенное Королевство и Республику Корея приходится 75 процентов первых заявок, поданных по всему миру.

Рисунок 4. Патентная деятельность отличается географической сконцентрированностью

Доля первых патентных заявок отдельных стран в общем количестве заявок в мире

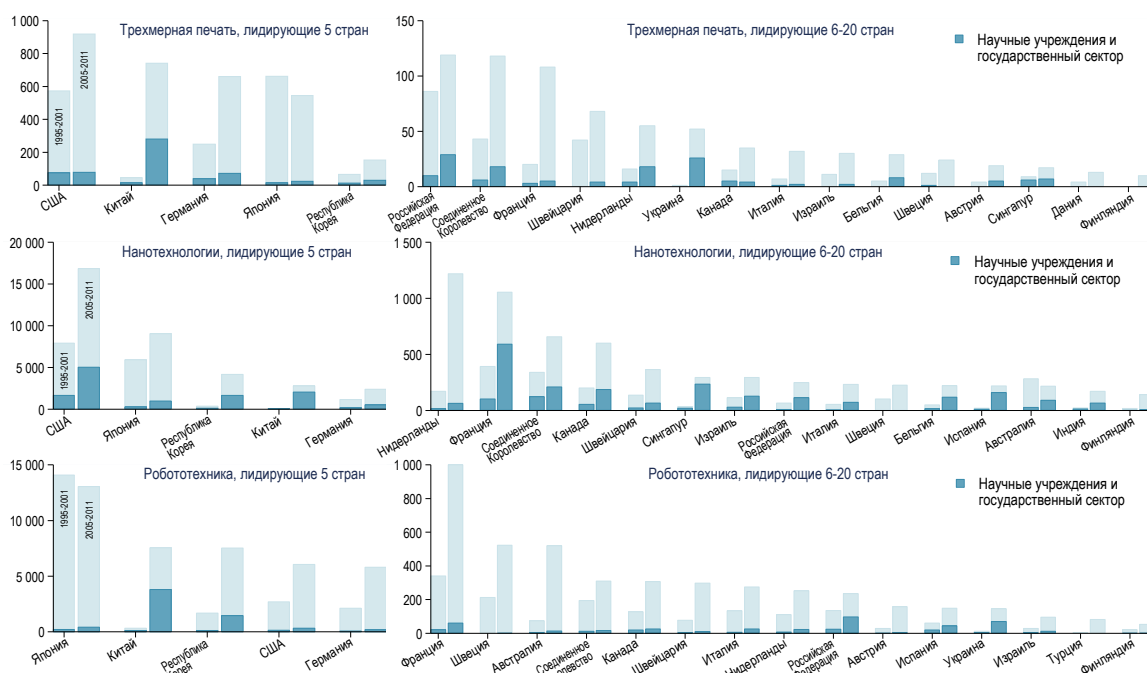


Примечания: этот график составлен на основе обобщенных показателей, приведенных в разделах 2.3, 2.5, 2.8, 3.2, 3.7 и 3.12, которые относятся к тем же временным периодам, что и приведенные здесь данные. Следует отметить, что сумма показателей по столбцам не составляет ровно 100 процентов. Это связано с тем, что происхождение менее 1 процента первых патентных заявок неизвестно.

Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Рисунок 5. Какие страны являются лидерами по числу патентов в сфере 3D-печати, нанотехнологий и робототехники?

20 ведущих стран, где были поданы первые патентные заявки, 1995–2001 гг. и 2005–2011 гг.



Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Таблица 2. Среди них на пять стран приходится десять заявителей, лидирующих по числу поданных патентных заявок

10 ведущих заявителей, подающих патентные заявки в сфере 3D-печати, нанотехнологий и робототехники, за период с 1995 г.

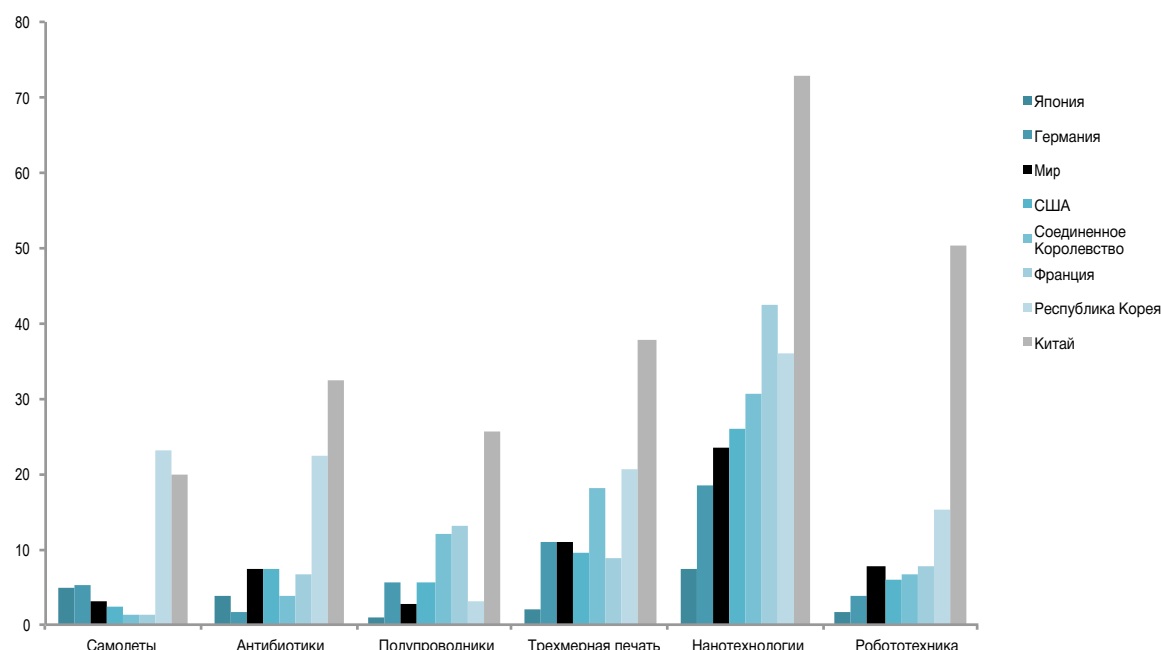
3D-печать			Нанотехнологии			Робототехника		
Заявитель	Происхождение	Первые заявки	Заявитель	Происхождение	Первые заявки	Заявитель	Происхождение	Первые заявки
3D Systems	US	200	Samsung Electr.	KR	2 578	Toyota	JP	4 189
Stratasys	US	164	Nippon Steel	JP	1 490	Samsung	KR	3 085
Siemens	DE	145	IBM	US	1 360	Honda	JP	2 231
General Electric	US	131	Toshiba	JP	1 298	Nissan	JP	1 910
Mitsubishi	JP	127	Canon	JP	1 162	Bosch	DE	1 710
Hitachi	JP	117	Hitachi	JP	1 100	Denso	JP	1 646
MTU Aero Engines	DE	104	Univ. of California	US	1 055	Hitachi	JP	1 546
Toshiba	JP	103	Panasonic	JP	1 047	Panasonic	JP	1 315
EOS	DE	102	Hewlett Packard	US	880	Yaskawa	JP	1 124
United Technologies	US	101	TDK	JP	839	Sony	JP	1 057

Примечания: CN = Китай, DE = Германия, JP = Япония, KR = Республика Корея, US = Соединенные Штаты Америки

См. таблицы 3.3, 3.7 и 3.10

Рисунок 6. В патентовании современных инноваций выше доля патентов, регистрируемых представителями научной среды

Доля университетов и ГНИУ в общем объеме первых патентных заявок, в процентах



Примечание: этот график охватывает те же периоды, что и графики, представленные на рисунках 2.3, 2.5, 2.8, 3.2, 3.7 и 3.12.

Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

...хотя Китай стал важным центром патентной деятельности в более недавний период

Если обратиться к более недавнему периоду, то можно отметить, что Китай стал важным центром патентования в сфере 3D-печати, нанотехнологий и робототехники. В частности, в общем объеме патентных заявок, поданных с 2005 г., на

китайские заявки приходится более четверти первых заявок, поданных в мире в сфере 3D-печати, нанотехнологий и робототехники. Это самый высокий показатель среди всех стран. Что касается патентных заявок на нанотехнологии, поданных с 2005 г., то китайские заявки составляют почти 15 процентов всех заявок, что ставит Китай на третье место по числу заявок.

Судя по всему, сегодня инновации более тесно связаны с наукой, чем в прошлом...

Еще один важный вывод, который можно сделать на основании составления патентного ландшафта, состоит в том, что сегодня научные системы и формальные связи между научными институтами и компаниями, судя по всему, гораздо важнее, чем в прошлом. На рисунке 6 показано, какая доля заявителей приходилась на университеты и государственные научно-исследовательские учреждения (ГНИУ) при создании шести инноваций, рассматриваемых в настоящем докладе. На рисунке отражено, что доля патентов, зарегистрированных научными учреждениями, выше в сфере 3D-печати, нанотехнологий и робототехники по сравнению с тремя историческими примерами. Особенно выделяется сфера нанотехнологий: здесь порядка четверти всех патентных заявок в мире поданы представителями научного сообщества. Примечательно, что доля патентов, зарегистрированных представителями научной среды, стала увеличиваться в большинстве стран после того, как нанотехнологии начали активно развиваться в 1980-х гг. В связи с этим можно предположить, что роль научной базы в создании инноваций в сфере нанотехнологий начала расти в более недавний период.

Укрепление позиций университетов и ГНИУ в патентном ландшафте, возможно, отчасти обусловлено политикой максимального использования результатов научных исследований и их коммерциализации. Однако в рамках такой политики, судя по всему, признается ключевая роль теоретических исследований для технологического прогресса на последующих стадиях.

...хотя доля патентов, регистрируемых представителями научного сообщества, значительно различается в разных странах

Хотя патентование представителями научного сообщества распространяется все шире в основных центрах выдачи патентов, есть и существенные различия. В случае Японии на университеты и ГНИУ никогда не приходилось более 10 процентов общего числа первых заявок. В то же время в Китае в целом отмечаются более высокие показатели патентования представителями научного сообщества (в отношении нанотехнологий этот показатель превышает 70 процентов, а в отношении робототехники — 50 процентов). С одной стороны, это может быть обусловлено более ограниченными возможностями для ведения НИОКР в китайских компаниях в соответствующих технологических областях, что может говорить о более низких темпах коммерциализации технологий. С другой стороны, как показывают проанализированные исторические примеры, наличие прочной научной базы может в долгосрочной перспективе стимулировать появление новых фирм и отраслей после совершения технологического прорыва.

Эволюция роли ИС

ИС стимулирует инновации...

Как показывает анализ патентного ландшафта, изобретатели во всех шести случаях опирались на патентную систему для обеспечения охраны результатов своей инновационной деятельности. В некоторых случаях — особенно в случае полупроводников — они делали это довольно активно. Их мотивы были разными, но доступные данные говорят о том, что охрана ИС способствовала обеспечению присвоения результатов НИОКР, по крайней мере частично, что подтверждает роль прав ИС в стимулировании инноваций.

...и способствует функционированию рынков технологий

Не менее важно, что во всех шести примерах приводятся подтверждения того, как наличие явных или скрытых договоренностей об обмене знаниями способствовало развитию инноваций. Например, первые любительские клубы изобретателей самолетов XIX в. действовали примерно также, как современные сообщества разработчиков открытого ПО, которые вносят свой вклад в исследования в области 3D-печати и робототехники. В случае полупроводников в коммерциализации новых технологий и создании последующих инноваций большую роль сыграли соглашения о перекрестном лицензировании. Сегодня многие компании, занимающиеся исследованиями в области 3D-печати, нанотехнологий и робототехники, используют в своей работе принципы открытых инноваций. Они признают, что сотрудничество с другими субъектами делает их более успешными изобретателями, несмотря на то, что такой подход требует определенного обмена запатентованной информацией.

Во многих случаях система ИС способствовала обмену знаниями, поощряла раскрытие и предоставляла изобретателям гибкий инструмент для определения того, какими технологиями стоит обмениваться, с кем именно и на каких условиях. Однако проанализированные примеры также говорят о значимости социальных норм в содействии обмену знаниями и о роли вмешательства государства в целях поощрения обмена знаниями, если он отвечает общественным интересам.

Хотя рынки технологий были важны еще в начале XX в., когда началось развитие самолетостроения, сегодня они становятся еще важнее. Создание передовых технологий требует решения все более сложного комплекса технологических задач. Рост роли фундаментальных научных исследований — это один из способов решения таких задач (см. выше). Кроме того, рассмотренные примеры позволяют предположить, что фирмы повышают уровень своей специализации, понимая, что если они сосредоточатся на отдельных исследовательских, производственных, маркетинговых задачах или задачах развития, то это позволит им создавать больше

инноваций и действовать более эффективно. Создавая гибкую основу для лицензирования, ИС поощряет специализацию и лежит в основе современных рынков технологий.

Одно из возможных опасений, связанных с современной инновационной экосистемой, состоит в большом количестве патентных заявок, что может привести к появлению «патентных заборов», которые будут мешать, а не помогать развитию рынков технологий. Кроме того, есть опасения по поводу того, что расширение патентования может помешать обмену знаниями. Однако, как показывают данные, представленные при описании 3D-печати, нанотехнологий и робототехники, подобного рода опасения пока не реализовались, а система ИС, судя по всему, удастся вполне успешно охватывать самые разные механизмы обмена знаниями. Но важно помнить, что технологии, о которых шла речь в этих примерах, все еще находятся на относительно раннем этапе своего развития, а некоторые еще вообще не достигли стадии коммерциализации. Возможно, в будущем появятся более важные противоречия, связанные с ИС.

Заявители, подающие патентные заявки, в основном стремятся обеспечить охрану на рынках стран с высоким уровнем дохода

Анализ патентного ландшафта, проведенный в рамках шести рассмотренных примеров, однозначно показывает, что изобретатели в основном стремятся обеспечить патентную охрану своих разработок в странах с высоким уровнем дохода и в Китае (см. таблицу 3, где представлены данные по трем современным сферам инноваций). Вероятно, это связано с крупным размером рынков этих стран, а также с наличием конкурентов, обладающих новейшими технологическими возможностями.

Таблица 3. Заявители, подающие патентные заявки, в основном стремятся обеспечить охрану на рынках стран с высоким уровнем дохода

Доля патентных семей в мире, в отношении которых заявители испрашивали охрану в той или иной стране

	3D-печать	Нанотехнологии	Робототехника
США	46,6	84,6	36,5
Япония	33,6	52,1	38,7
Германия	37,7	39,8	28,6
Франция	32,4	36,9	21,9
Соединенное Королевство	32,9	37,6	21,3
Республика Корея	11,8	25,2	19,2
Другие страны с высоким уровнем дохода	16,4	20,5	9,5
Китай	38,3	31,8	36,6
Другие страны с низким и средним уровнем дохода	2,8	2,7	1,4

Примечания: в этой таблице обобщены данные, приведенные на рисунках 3.5, 3.10 и 3.14. Эти данные охватывают первые патентные заявки, поданные с 1995 г., по которым хотя бы одно патентное ведомство выдало патент. Показатели для «прочих стран с высоким уровнем дохода» и «прочих стран с низким и средним уровнем дохода» являются средневзвешенными по ВВП (невзвешенные средние значения аналогичны).

Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Лишь у небольшой доли первичных патентных заявок в соответствующих технологических областях были аналоги в странах с низким и средним уровнем дохода помимо Китая. Это говорит о том, что патенты не помогали распространению технологий в этих странах, но и не мешали ему. Скорее это указывает на присутствие или отсутствие возможностей для поглощения, как на главный фактор, определяющий степень распространения технологий. Однако важно помнить, что этот вывод основан на общих тенденциях в области подачи заявок. Учитывая несимметричное распределение количества патентов, некоторые отдельные патенты могут оказывать непропорционально большое влияние в определенных технологических областях. Кроме того, этот вывод относится только к шести рассматриваемым технологиям.

Сами технологии определяют эволюцию системы ИС

В ходе исторического развития появление новых технологий ставило серьезные задачи по формулированию политики в отношении ИС. Патентные ведомства и суды нередко сталкивались со сложными вопросами, которые касались патентоспособности основополагающих изобретений. Кроме того, анализ исторических примеров показывает, как судебные решения, новые законы и целевое вмешательство государства обеспечивало непрерывную адаптацию и калибровку политики в области ИС. Такое развитие будет продолжаться. Рассмотрение современных революционных инноваций позволяет выделить несколько тенденций, которые обязательно будут формировать политику в области ИС в будущем.

- Растет актуальность авторского права для технологических инноваций. Начало этой тенденции было положено, когда появилась возможность охранять программное обеспечение в качестве объекта авторского права. Поскольку программное обеспечение стало неотъемлемой частью многих новых технологий, включая 3D-принтеры и роботов, роль авторского права начала укрепляться. Кроме того, авторское право обеспечивает охрану любых цифровых форм выражения, включая образцы пространственных объектов и топологии компьютерных микросхем. Пока сложно сказать, говорит ли эта тенденция лишь об изменениях в использовании различных форм ИС или ставит принципиально новые задачи с точки зрения формулирования стратегии.
- Появление недорогой 3D-печати в принципе может позволить легко воспроизводить любой объект, охраняемый как промышленным образцом или как другой объект прав ИС. Естественно, возникает вопрос, усложнит ли такой ход событий охрану подобных прав точно так же, как цифровые технологии создали трудности, связанные с охраной прав на книги, музыку, кинофильмы и другие формы творческого выражения, которые охраняются авторским правом. Возможно, подобный сценарий будет реализован еще не скоро, а также возможно, что между 3D-печатью и цифровым контентом есть важные

различия. Тем не менее опыт, полученный в связи с цифровым контентом, может оказаться очень полезным при определении наиболее эффективной стратегии управления подобным сценарием.

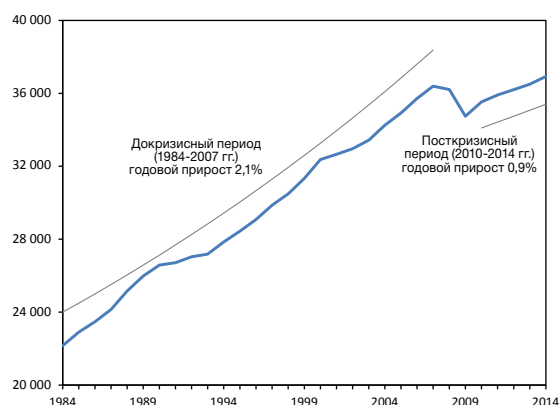
- Коммерческие тайны всегда были важной формой охраны ИС, хотя и не слишком заметной. При рассмотрении трех примеров приводятся лишь предположительные доказательства, но есть основания полагать, что роль политики по охране коммерческой тайны возросла. В основном это обусловлено тем, что повысилась мобильность работников интеллектуального труда. Несмотря на доступность кодифицированного знания, в его эффективном применении на практике ключевую роль играют люди. Законы о коммерческой тайне регулируют то, как знания могут перемещаться вместе с людьми, тем самым определяя результаты распространения как инноваций, так и технологий.

Перспективы дальнейшего роста на основе инноваций

Как говорилось выше, исторические данные о ВВП на душу населения в странах-лидерах свидетельствуют о беспрецедентных и поразительных темпах роста в период после Второй мировой войны. Однако рост после начала мирового финансового кризиса 2008 г. уже нельзя назвать поразительным. На рисунке 7 показано, как менялся уровень ВВП на душу населения в странах с высоким уровнем дохода с середины 1980-х гг. До кризиса темпы роста составляли в среднем 2,1 процента в год. Этот кризис вызвал резкое падение не только объемов промышленного производства, но и среднегодовых темпов роста, которые с 2010 г. снизились до 0,9 процентов.

Рисунок 7. Поразительный рост, характерный для периода после окончания Второй мировой войны, прекратился?

Реальный ВВП на душу населения в странах-членах ОЭСР с высоким уровнем дохода, 1984–2014 гг.



См. рисунок 1.8

Оптимисты считают, что быстрый рост возобновится...

Означает ли финансовый кризис, что началась новая эпоха низких темпов роста? Неужели в двигателе, обеспечивавшем рост на основе инноваций, закончился пар? Оптимисты считают, что для мировой экономики по-прежнему актуальна сверхнормативной задолженности, типичная для посткризисного периода проблема. Поэтому в итоге благодаря рыночным силам экономический рост должен вернуться на свою долгосрочную траекторию, которая определяется фундаментальными производственными возможностями экономик. Кроме того, учитывая тот потенциал, которым обладают инновации для поддержания темпов роста, есть определенные основания для оптимизма.

- Никогда ранее в мире не инвестировалось настолько много ресурсов в расширение границ познания. Хотя финансовый кризис оставил свой след с некоторых странах, его влияние на расходы на НИОКР было гораздо меньше, чем на объемы производства. Более того, становление Китая в качестве источника инноваций — наряду с быстрым ростом расходов на НИОКР в Республике Корея — сделало глобальный ландшафт инноваций более разнообразным.
- Судя по всему, инновации по-прежнему обладают значительным потенциалом, который может повысить производительность и трансформировать экономические структуры. ИКТ уже внесли значительный вклад в процессы роста. Однако, как свидетельствует история, можно ожидать большего. Крупные технологические открытия начинали влиять на рост только через несколько десятилетий. Большим потенциалом обладает следующее поколение инноваций в области ИКТ, которые связаны с искусственным интеллектом.
- Существует множество других сфер инноваций, которые обладают потенциалом для стимулирования роста в будущем. К ним относятся те три области, которые рассматриваются в настоящем докладе. Например, расширение использования 3D-принтеров и «интеллектуальных» роботов может, по всей видимости, способствовать реорганизации цепочек поставок во многих секторах, что в принципе может оказать ощутимое влияние на рост. Среди других перспективных областей инноваций — геномная инженерия, новые материалы и различные формы возобновляемых источников энергии. Новые технологии также содействовали значительному усовершенствованию исследовательских инструментов, которые используются для создания научных открытий. В частности, новые возможности для достижения прогресса в исследованиях во многих областях создали основанные на ИКТ методы, такие как анализ больших данных и комплексное моделирование. Для оптимистов взаимодействие между наукой и технологиями является основой самовоспроизводящейся динамики, которая не имеет границ.

...но сохраняются и сомнения

Однако по контрасту с этими оптимистичными прогнозами некоторые экономисты сомневаются в том, что в странах-лидерах в ближайшие десятилетия будут наблюдаться те же рекордные темпы роста, что и в послевоенный период. Они приводят несколько аргументов.

- Из-за демографических изменений и других факторов передовые экономики перешли в состояние «долгосрочной стагнации», когда фактические темпы роста систематически отстают от потенциально возможных. Хотя инновации продолжают способствовать росту, стабильно низкие темпы роста могут воспроизводить сами себя: в этом случае фирмы отказываются использовать возможности для инвестиций, создаваемые новыми технологиями, длительные периоды безработицы приводят к потере работниками своих навыков и к невозможности их восстановления, а уменьшение количества компаний на стадии стартапа и следующей стадии скейлапа замедляет структурную трансформацию экономики.
- Оценки роста производительности экономик говорят о снижении, которое началось задолго до наступления кризиса. Существенный рост производительности, обусловленный в основном развитием ИКТ, был характерен главным образом для экономики США в период 1995–2003 гг. Однако после этого темпы роста производительности были существенно ниже. В более общем смысле, как показывают исследования, потенциал роста передовых экономик начала снижаться в начале 2000-х гг., что было в основном обусловлено падением темпов роста производительности.
- Пессимисты считают, что потенциал роста, связанный с ИКТ, был в основном реализован и что на горизонте нет инноваций аналогичного масштаба. Действительно, достижения, обусловленные инновациями более раннего периода (с точки зрения повышения скорости передвижения, увеличения продолжительности жизни и обеспечения связи на большие расстояния), может быть не просто повторить. Кроме того, инновации вряд ли смогут увеличить долю работающего населения; скорее демографические сдвиги в развитых странах будут способствовать снижению его доли. Можно также поставить под сомнение продуктивность будущей инновационной деятельности. Расширение горизонтов познания становится все сложнее, так как «низко висящий плод» уже сорван.

Наконец, некоторые экономисты сомневаются в том, что современные методы измерения ВВП позволяют учесть реальное влияние новых технологий. Этот аргумент бывает двух типов. В первом случае предполагается, что статистические инструменты не могут отразить повышение качества и появление новых форм экономического производства. Во втором случае идея состоит в том, что сама концепция ВВП не подходит для отражения роста благосостояния общества, достигнутого благодаря современным инновациям. В частности, многие новые технологии очень дороги на стадии разработки, но относительно дешевы при воспроизведении, а иногда даже могут копироваться бесплатно. Поэтому они не способствуют значительному повышению объемов производства, но могут обеспечивать непропорциональный рост благосостояния. Однако есть и те экономисты, которые считают, что занижение ВВП — это не новое явление и что нет убедительных свидетельств того, что сегодня это явление имеет большие масштабы, чем в прошлом.

Выводы

Только время покажет, будут ли будущие темпы роста в передовых странах соответствовать показателями послевоенного времени. Однако систематическое инвестирование в инновации будет по-прежнему ключевым как для политиков, так и для бизнесменов. Рассмотренные в настоящем докладе примеры показывают, насколько много времени нужно для превращения перспективных идей в работающие технологии, для их проработки и распространения среди компаний и потребителей. Успех инновации (как на уровне компании, так и на уровне экономики в целом) требует настойчивости — и не в последнюю очередь в периоды низких темпов роста, когда выделенные на инновации бюджеты могут сокращаться.

Перед теми, кто отвечает за принятие решений, также встанет задача обеспечения соответствия системы ИС интересам формирования экосистемы, стимулирующей создание революционных инноваций. После начала промышленной революции система ИС неизменно адаптировалась к потребностям и вызовам, связанным с новыми технологиями. Эта тенденция, безусловно, продолжится, а ее эффективное регулирование требует тщательного анализа имеющейся информации и готовности принять грядущие технологические изменения.

Содержание

Глава 1	21	Глава 3	95
Анатомия локомотива экономического роста		Инновации с революционным потенциалом	
1.1 Экономический рост на протяжении мировой истории	21	3.1 Трехмерная печать	96
1.2 Как инновации подстегивают экономический рост	26	3.1.1 Развитие трехмерной печати и ее экономический потенциал	96
1.3 Передовые инновации и их распространение	30	3.1.2 Экосистема инноваций в области трехмерной печати	99
1.4 Инновации и права интеллектуальной собственности	36	3.1.3 Трехмерная печать и система ИС	104
1.5 Будущие перспективы экономического роста, обусловленного инновациями	39	3.2 Нанотехнологии	108
		3.2.1 Развитие нанотехнологий и их экономический потенциал	108
Глава 2	49	3.2.2 Экосистема инноваций в сфере нанотехнологий	111
Исторические революционные инновации		3.2.3 Нанотехнологии и система ИС	116
2.1 Самолеты	50	3.3 Робототехника	120
2.1.1 Развитие коммерческого самолетостроения и его вклад в экономику	50	3.3.1 Развитие робототехники и ее экономический потенциал	120
2.1.2 Экосистема инноваций в сфере самолетостроения	55	3.3.2 Экосистема инноваций в сфере робототехники	123
2.1.3 Самолеты и система ИС	60	3.3.3 Робототехника и система ИС	127
2.2 Антибиотики	63	3.4 Выводы	133
2.2.1 Открытие и развитие антибиотиков и их вклад в экономику	63	Список литературы	141
2.2.2 Экосистема инноваций в сфере антибиотиков	67	Технические примечания	142
2.2.3 Антибиотики и система ИС	69		
2.3 Полупроводники	74		
2.3.1 Развитие полупроводников и их вклад в экономику	74		
2.3.2 Экосистема инноваций в сфере полупроводниковых технологий	77		
2.3.3 Полупроводники и система ИС	83		
2.4 Выводы	88		

Глава 1

Анатомия локомотива экономического роста

Экономический рост является мощным фактором сокращения бедности, создания рабочих мест и повышения общего уровня жизни. Однако его нельзя воспринимать как нечто само собой разумеющееся. До XVIII века мировая экономика росла медленно. Бедность была повсеместной, и никто, кроме привилегированного меньшинства, не мог и подумать о значительном повышении уровня жизни. С тех пор мировая экономика росла невиданными темпами, что привело к существенному улучшению качества жизни и распространению материального благополучия на широкие слои населения. При этом в некоторых национальных экономиках рост был более быстрым и устойчивым, в результате чего страны стали сильно различаться по благосостоянию.

Чем объясняются эти диспропорции в темпах роста на протяжении веков? Ученые давно задаются этим вопросом. С наступлением эпохи постепенного ускорения экономического развития во второй половине XVIII века появились и первые объясняющие его теории, которые сформулировали, например, Адам Смит, Давид Рикардо, Томас Роберт Мальтус и Джон Стюарт Милль¹. С тех пор человечество поняло много важных вещей. Одна из главных догадок заключается в том, что устойчивый экономический рост опирается на непрерывный научно-технический прогресс. Действительно, за последние три века произошел ряд инновационных прорывов в различных областях техники, которые серьезно трансформировали производственную деятельность и подстегнули рост новых отраслей.

В связи с этим мы задались вопросом, какую роль в процессе экономического роста играет система интеллектуальной собственности (ИС). Отвечая на этот вопрос, мы разбили наш доклад на две части. Во-первых, мы рассмотрим природу экономического роста на протяжении мировой истории и каналы, по которым различные права ИС влияют на показатели роста. Этой задаче посвящена настоящая вступительная глава. Во-вторых, мы изучим роль интеллектуальной собственности более конкретно на примере трех исторических революционных инноваций: самолетов, антибиотиков и полупроводников, а также трех нынешних инновационных областей с видимым революционным потенциалом: трехмерной печати, нанотехнологий и робототехники. Эти тематические исследования образуют, соответственно, вторую и третью главы доклада.

В настоящей вступительной главе мы проанализируем движущую силу экономического роста. Установив ключевые обобщенные факты об экономическом росте на протяжении истории (раздел 1.1), мы затем исследуем каналы, по которым инновации обуславливают долгосрочный рост (раздел 1.2). В этом контексте мы пристальнее посмотрим на процесс нововведений, изучив, как происходят передовые инновации и как они распространяются по странам и между ними (раздел 1.3). На этой основе мы рассмотрим, каким образом различные права ИС влияют на результаты распространения инноваций и технологий (раздел 1.4). Последний раздел (1.5) посвящен будущим перспективам экономического роста после недавнего финансового кризиса.

1.1 Экономический рост на протяжении мировой истории

На протяжении большей части своей истории человечество вообще не знало экономического роста. С точки зрения сегоднешних стандартов, люди жили в удручающих условиях и практически одинаково из поколения в поколение. Это положение стало постепенно меняться примерно 200 лет назад с наступлением первой промышленной революции, связанной с паровыми машинами, механизацией хлопкопрядильного процесса и железными дорогами². С тех пор непрерывный экономический рост стал новой нормой, даже если он не был равномерным по времени и пространству.

В этом разделе мы попытаемся дать представление о динамике роста за последние два столетия. В частности, тщательный анализ имеющихся данных и исторических исследований позволяет констатировать четыре обобщенных факта:

1. Рост передовых экономик начался в начале XIX века и ускорился после Второй мировой войны.
2. Экономический рост привел к тому, что основным видом экономической деятельности стало не сельское хозяйство, а оказание услуг, и ускорил урбанизацию.
3. Из-за расхождения в темпах роста увеличился разрыв между беднейшими и богатейшими странами.
4. В последние десятилетия экономический рост шел рука об руку с увеличением неравенства внутри стран, в то же время в мировом масштабе быстрое развитие Китая и Индии способствовало выравниванию распределения доходов и привело к снижению абсолютной бедности.

1. Обзор ранних теорий см. в работе П. Самуэльсона [Samuelson, 1978].

2. См. [Gordon, 2012].

Ниже мы по очереди рассмотрим эти четыре обобщенных факта.

Обобщенный факт №1.

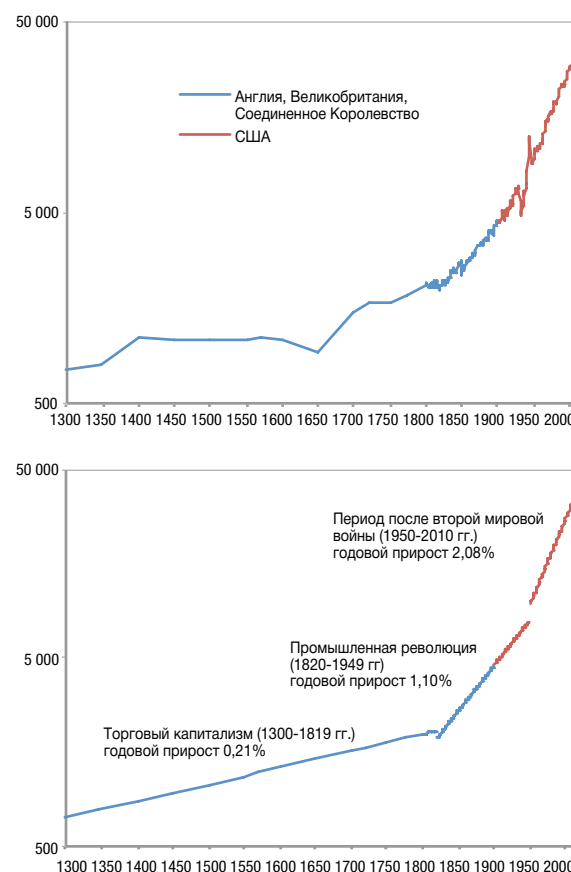
Рост передовых экономик начался в начале XIX века и ускорился после Второй мировой войны.

Изучение показателей роста в прошлых столетиях — сложная задача. Страны с развитой экономикой начали составлять национальные счета, позволяющие измерять валовой внутренний продукт (ВВП), лишь в первой половине XX века. Большинство развивающихся стран переняли эту практику гораздо позже. Специалисты по экономической истории оценивают показатели ВВП за периоды до появления официальной статистики, пользуясь сведениями об объемах производства, заработной плате, налогообложении и другими данными. Таким образом, объем некоторых экономик оценен в ретроспективе двухсот лет и более. Эти оценки далеки от совершенства. По мере удаления в прошлое предел погрешности неизбежно увеличивается. Кроме того, как мы объясним в разделе 1.2, сравнение величин ВВП разных эпох ставит трудные вопросы о том, как следует учитывать изменения в характере и качестве производимых товаров и услуг. По всей вероятности, при сопоставлении показателей ВВП на долгом историческом отрезке неизбежна значительная недооценка произошедшего за данный период повышения уровня жизни, поскольку мы не можем в полной мере учесть выгоды, связанные с появлением новых технологий³.

Несмотря на эти трудности, исследования в области экономической истории служат единственным источником эмпирической информации о долговременной динамике роста и поэтому требуют внимательного изучения. Опираясь на самый полный набор имеющихся исторических оценок (выполненных «Проектом Мэддисона»), мы показали на рис. 1.1 динамику ВВП на душу населения на передовом рубеже экономического развития за период с 1300 г.⁴. За «передовой рубеж» принимается страна с самым высоким объемом производства на душу населения в данный момент времени. Для целей графика на рис. 1.1 этими странами считаются: до 1900 г. — Англия, Великобритания и Соединенное Королевство, а после 1900 г. — Соединенные Штаты Америки (США)⁵.

Рис. 1.1. Динамика роста передовых экономик в течение семи столетий

Реальный ВВП на душу населения в 1300–2000 гг., логарифмическая шкала



Примечания: Значения ВВП приведены в международных долларах 1990 г., скорректированных на разницу в покупательной способности между странами. Оценки ВВП «Англии, Великобритании, Соединенного Королевства» относятся: до 1700 г. — к Англии, с 1700 по 1850 гг. — к Великобритании, с 1851 г. — к Соединенному Королевству. Годовые темпы роста отражены в наклоне линий логарифмического тренда за три показанных периода.

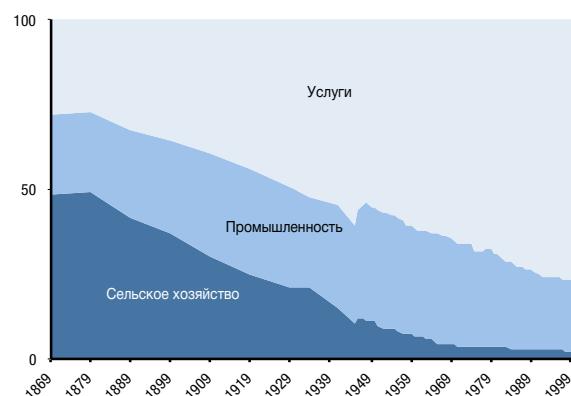
Источник: Проект Мэддисона, www.ggd.net/maddison/maddison-project/home.htm, версия 2013 г.

3. См. [DeLong, 1998; Coyle, 2014].
4. См. [Bolt, van Zanden, 2014].
5. Данный подход применяется в докладе Р. Дж. Гордона [Gordon, 2012].

В нижней части рисунка семь веков истории разделены на три периода развития и показаны линии тренда, отражающие средний рост ВВП на душу населения в течение этих периодов. Первый период, именуемый по терминологии С. Кузнеца [Kuznets, 1967] «купеческим капитализмом», характеризуется лишь незначительным и спорадическим ростом со средним темпом 0,21% в год⁶. Наступление промышленной революции привело к резкому увеличению среднегодового темпа роста до 1,10%⁷. Чтобы подчеркнуть значимость этого ускорения, следует указать, что при годовом росте в 0,21% для удвоения национального дохода требуется 331 год, а при 1,10% — уже 64 года. Наконец, в период после Второй мировой войны рост ускорился до 2,08% в год — при таком темпе доход удваивается каждые 34 года. На фоне многих веков мировой истории динамика роста после 1950 г. выглядит не только впечатляющей, но и беспрецедентной.

Рис. 1.2. Рост сектора услуг

Доли занятости в США по секторам с 1869 по 2000 гг., %



Примечания: К «сельскому хозяйству» отнесены сельское, лесное и рыбное хозяйство; к «промышленности» — промышленное производство, добыча полезных ископаемых и строительство; к «сектору услуг» — транспорт, коммунальные службы, оптовая и розничная торговля, финансовые, страховые, риелторские и государственные услуги, а также все прочие виды деятельности, относящиеся к категории «услуг» по классификации Бюро экономического анализа США (БЭА). Данные за период до 1929 г. приведены по оценкам Дж. У. Кендрика, разъяснение которых содержится в публикации Бюро переписи населения США [US Bureau of the Census, 1975].

Источник: таблица 6.8В счетов национального дохода и продукта БЭА; Бюро переписи населения США [US Bureau of the Census, 1975].

Обобщенный факт №2.

Экономический рост привел к тому, что основным видом экономической деятельности стало не сельское хозяйство, а оказание услуг, и ускорил урбанизацию.

В средневековых обществах центром экономической деятельности являлось сельское хозяйство. С наступлением в начале XIX века эпохи более быстрого экономического роста структура экономики постепенно менялась: сначала от сельского хозяйства в пользу промышленности и сектора услуг, а на более позднем этапе — уже целиком в пользу услуг. На рисунке 1.2 эта трансформация показана на примере США в виде динамики доли занятых в трех основных секторах экономики с середины XIX века. В 1869 г. на долю сельского хозяйства приходилась почти половина общего числа работающих, а на промышленность и сектор услуг — примерно по четверти⁸. За последующий 131 год сельское хозяйство перестало доминировать, и к 2000 г. его доля в общей занятости составляла всего 2,4%. Доля промышленности сначала росла и в 1953 г. достигла пикового значения 34,4%, а затем уменьшалась до 20,4% в 2000 г. Наиболее динамичным ростом характеризовался сектор услуг. К 1934 г. на него приходилось уже больше половины общего числа занятых, а к 2000 г. — более трех четвертей.

Аналогичную картину дает изучение доли чистой продукции каждого из секторов в ВВП. В 2010 г. в странах с высоким уровнем дохода на душу населения сектор услуг производил 73,6% совокупного продукта, промышленность — 25,0%, а сельское хозяйство — 1,4%⁹. Иначе говоря, в процессе экономического роста страны, бывшие пару столетий назад аграрными обществами, стали экономиками услуг.

6. В работе С. Н. Бродберри и его соавторов [Broadberry et al., 2011] рост ВВП на душу населения в XIV веке объясняется убылью населения в связи с «Черной смертью». Аналогичным образом, рост во второй половине XVII века совпал с сокращением численности населения.
7. На рис. 1.1, в соответствии с подходом А. Мэддисона [Maddison, 2001], за отметку перехода от «купеческого капитализма» к эпохе «промышленной революции» принят 1820 г.

8. Выбор 1869 г. в качестве начальной точки на рис. 1.2 просто обусловлен доступностью данных. Судя по историческим данным, структурный сдвиг в сторону промышленности и услуг начался намного раньше. Например, по оценкам С. Н. Бродберри и его соавторов [Broadberry et al., 2011], доля сельского хозяйства в ВВП Англии снизилась с 49,1% в 1381 г. до 26,8% в 1700 г., а доля услуг за тот же период выросла с 23,1% до 34,0%.
9. Такие цифры фигурируют в базе данных по показателям мирового развития Всемирного банка.

Этот структурный сдвиг оказал глубокое влияние на экономическую географию. Освободившиеся в сельском хозяйстве трудовые ресурсы стали скапливаться в городской местности, где они получали не только возможность трудоустройства, но и доступ к здравоохранению, образованию, различным потребительским товарам, транспорту, развлечениям и прочим удобствам. С наступлением промышленной революции в XIX веке процесс урбанизации заметно ускорился. В Великобритании — передовой экономике XIX века — доля людей, живущих в городах с населением 5 тыс. жителей и более, увеличилась с одной пятой в 1800 г. до двух третей в 1900 г.¹⁰ Лондон стал крупнейшим городом мира: его население на рубеже XIX века достигло миллиона, а к 1891 г. — 5,6 млн человек¹¹. Для сравнения, Париж стал городом-миллионником лишь в середине века, Нью-Йорк — в 1871 г., Берлин — в 1880-м¹². На самом деле, в других развитых странах процесс урбанизации длился дольше. В США доля городского населения в 1900 г. была довольно скромной (31,3%) и преодолела рубеж в две трети только во второй половине XX столетия¹³. Тем не менее, в целом по странам с высоким уровнем дохода к 2010 г. в городах проживало около 80% населения¹⁴.

Обобщенный факт №3.

Из-за расхождения в темпах роста увеличился разрыв между беднейшими и богатейшими странами.

Распространялся ли экономический рост равномерно по всему миру? В частности, как обстояли дела в экономиках за пределами передовой группы с тех пор, как началось ускорение роста в XIX веке? Если отвечать коротко, то, по известному выражению Л. Притчетта, происходила «массовая дивергенция» [Pritchett, 1997]. В 1870 г. (это самый ранний год, за которые имеются данные по широкому ряду стран) у самой богатой экономики ВВП на душу населения был в 10 раз больше, чем у самой бедной, а к 2008 г. этот разрыв увеличился до 126 раз¹⁵. Хотя отдельные некогда бедные страны — особенно в Восточной Азии — сумели догнать передовую группу, в мировом масштабе общего процесса конвергенции не наблюдалось. Этот факт проиллюстрирован на рисунке 1.3, где отражен среднегодовой рост относительно первоначального уровня подушевого дохода в каждой стране за период доступности данных. Если бы уровни доходов сближались, на этих графиках рассеяния можно было бы ожидать отрицательной корреляции, указывающей на более высокие темпы роста в странах, являвшихся бедными на начало периода. Однако такой отрицательной корреляции не наблюдается ни в полном периоде 1870–2008 гг., ни в недавнем послевоенном периоде¹⁶.

Устойчивый рост на передовом рубеже, с которым не сближались остальные экономики, привел к резким различиям в абсолютных уровнях доходов между странами мира. Для иллюстрации этого утверждения рассмотрим данные по Германии и Эквадору. В 1870 г. доход на душу населения в Германии составлял 1 839 долларов США, а в Эквадоре — 411 долларов, т. е. разница равнялась 1 428 долларам. За период с 1870 по 2008 гг. среднегодовой темп роста обеих экономик был примерно одинаковым — около 1,8%. В результате на 2008 г. доход на душу населения в Германии составил 20 801 доллар США, а в Эквадоре — 5 005 долларов. Таким образом, абсолютная разница в уровне доходов увеличилась в 11 раз до 15 796 долларов США¹⁷.

10. См. [Bairoch & Goertz, 1986].

11. По данным переписей населения Лондона, ознакомиться с которыми можно на странице data.london.gov.uk/dataset/historic-census-population.

12. См. [Watson, 1993].

13. По данным Бюро переписи населения США, ознакомиться с которыми можно на странице www.census.gov/population/www/censusdata/files/table-4.pdf. При минимальной численности населения города, равной 2,5 тыс. человек, доля городского населения в 1960 г. составила 63,1%.

14. Такие цифры фигурируют в базе данных по показателям мирового развития Всемирного банка.

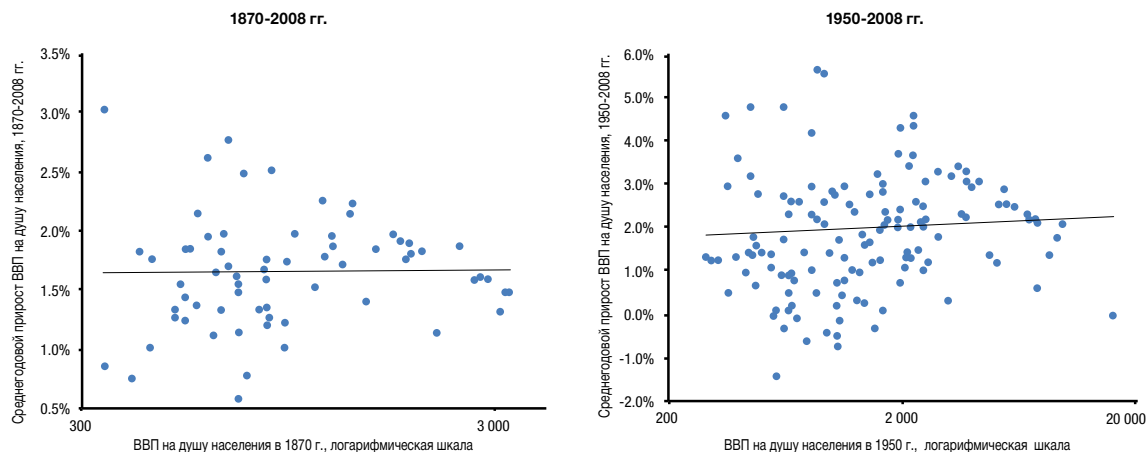
15. Эти оценки основаны на базе данных «Проекта Мэддисона» (см. также рис. 1.3). Согласно ей, в 1870 г. самой богатой экономикой являлась Австралия, самой бедной — Республика Корея, а в 2008 г. эти места занимали, соответственно, США и Демократическая Республика Конго.

16. Наклон линий линейной регрессии, показанных на рис. 1.3, статистически не отличается от нуля. При этом следует отметить, что в богатых странах наблюдается давно начавшийся процесс сближения уровней доходов [Pritchett, 1997].

17. Все цифры в этом примере выражены в международных долларах 1990 г. и взяты из базы данных «Проекта Мэддисона».

Рис. 1.3. Бедные экономики не растут более быстрыми темпами, чем богатые

Первоначальный уровень дохода и последующий рост



Примечания: Значения ВВП приведены в международных долларах 1990 г., скорректированных на разницу в покупательной способности между странами. На левом графике показаны все 67 стран, по которым в базе данных Проекта Мэддисона имеется оценка ВВП на душу населения в 1870 г. В правой части фигурируют 138 экономик, в отношении которых имеются показатели ВВП на душу населения за 1950 г., за исключением трех нефтедобывающих стран (Экваториальной Гвинеи, Кувейта и Катара), на динамику роста которых в начале либо в конце периода 1950–2008 гг. сильно повлияли циклические факторы.

Источник: Проект Мэддисона, www.gdcd.net/maddison/maddison-project/home.htm, версия 2013 г.

Кроме того, первоначальные различия в уровнях подушевого дохода сохранялись и в дальнейшем. Восемь из десяти стран, являвшихся богатейшими экономиками мира в 1870 г., и в 2008 г. входили в первую десятку. Прорваться в нее смогли только два новичка: Гонконг и Сингапур¹⁸. Внесем ясность: большинство стран вне передовой группы тоже испытали устойчивый экономический рост, и уровень жизни их граждан теперь намного выше, чем в XIX веке. Однако общая динамика роста по всему миру привела не к сокращению материального неравенства между странами, а к его увеличению.

Обобщенный факт №4.

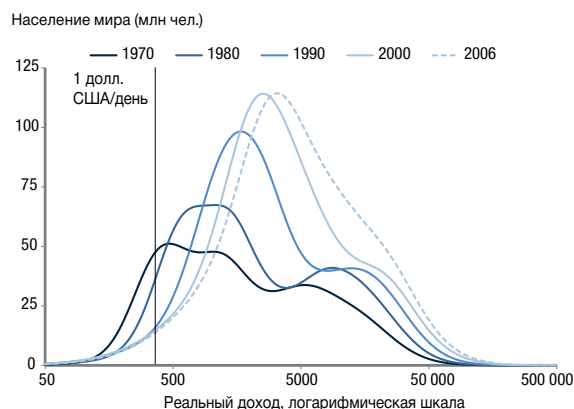
В последние десятилетия экономический рост шел рука об руку с увеличением неравенства внутри стран, в то же время в мировом масштабе быстрое развитие Китая и Индии способствовало выравниванию распределения доходов и привело к снижению абсолютной бедности.

Если по уровню доходов страны разошлись, означает ли это усиление неравенства в мировом масштабе? Необязательно. И для этого ответа есть две причины. Во-первых, выше мы говорили о странах так, как будто все они одинаковые, не учитывая огромные различия между ними по численности населения. Во-вторых, мы не рассматривали изменения в распределении доходов внутри стран, влияющие на благосостояние среднего гражданина.

18. Как и ранее, эти сравнения основаны на показателях ВВП на душу населения из базы данных «Проекта Мэддисона».

Чтобы оценить, стало ли в мире больше или меньше неравенства, необходимо проанализировать динамику распределения доходов не столько между странами, сколько между всеми жителями планеты. Именно такой анализ выполнил Шавье Сала-и-Мартин [Sala-i-Martin, 2006]. На основе данных о ВВП на душу населения и распределении национального дохода в 138 странах он рассчитал мировое распределение доходов за период с 1970 г.¹⁹. Эта работа привела к трем выводам. Во-первых, в большинстве стран наблюдалось увеличение неравенства доходов среди граждан. Во-вторых, несмотря на это и на растущую дивергенцию стран по уровню доходов, в мировом масштабе неравенство сократилось. На первый взгляд, этот вывод может показаться противоречащим здравому смыслу. Однако такое положение объясняется быстрым экономическим ростом густонаселенных и изначально бедных азиатских стран — особенно Китая и Индии, — в результате чего их подушевые доходы сблизились с показателями передовых экономик. В последующих исследованиях, опиравшихся на другие данные и альтернативные подходы к оценке, вывод о сокращении мирового неравенства делался не столь уверенно²⁰. Однако выравнивающее воздействие роста крупных азиатских экономик на глобальное распределение доходов было подтверждено.

Рис. 1.4. Экономический рост привел к снижению масштабов крайней нищеты



Примечания: Линии графика отображают мировое распределение доходов в разные годы, а область под каждой линией над горизонтальной осью представляет население мира в данный год. Реальный доход измерен в международных долларах 2000 г., скорректированных на разницу в покупательной способности между странами.

Источник: [Pinkovskiy, Sala-i-Martin, 2009].

В-третьих, экономический рост привел к значительному снижению масштаба крайней нищеты, которой считается доход в размере не более одного доллара в день. На рисунке 1.4, который основан на уточненных оценках Ш. Сала-и-Мартина, показаны динамика мирового распределения доходов с 1970 г. и порог нищеты, соответствующий одному доллару в день. Здесь видно, как по мере экономического роста кривая мирового распределения доходов смещалась вправо. В частности, благодаря быстрому росту в больших и изначально бедных азиатских странах эта кривая изменила форму и стала иметь одну вершину. В процессе этого изменения численность населения, живущего в крайней нищете, упала с 403 млн человек в 1970 г. до 152 млн в 2006 г. Кроме того, в 1970 г. большинство бедных людей жило в Азии, а в 2006-м — в Африке. Другие исследователи, используя различные пороги бедности, приходили к другим оценкам ее масштабов²¹. Но все они одинаково свидетельствуют о значительном снижении крайней нищеты и о ее географическом смещении.

1.2. Как инновации подстегивают экономический рост

Почему показатели экономического роста так сильно различаются по периодам и странам мира? Что приводит в движение механизм роста? Мало каким вопросам в экономической науке было посвящено так много исследований. В этом разделе мы рассмотрим главные двигатели экономического роста, попытаюсь, в частности, определить те основные каналы, по которым инновации генерируют рост. Мы сосредоточимся на долгосрочных факторах экономического роста, не принимая во внимание циклические колебания, которые заставляют ту или иную экономику временно отклоняться от своей фундаментальной траектории развития (дальнейшее обсуждение см. в разделе 1.5).

В качестве удобного инструмента для выделения источников долгосрочного роста экономисты чаще всего пользуются системой анализа факторов роста, автором которой принято считать лауреата Нобелевской премии по экономике Роберта Солоу²². Эта система позволяет разложить рост объемов производства на две составляющие. Первый компонент связан с накоплением факторов производства — главным образом, капитала и труда. Позже к нему был добавлен человеческий капитал. Второй компонент учитывает общий рост производительности в экономике, который также называют ростом совокупной производительности факторов производства (TFP).

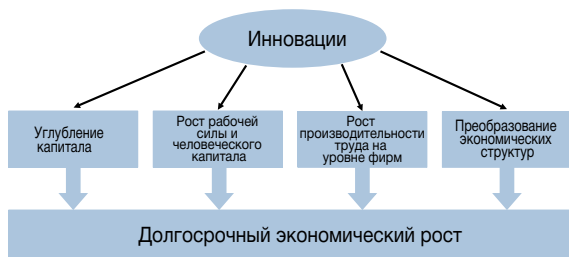
19. В работе Ш. Сала-и-Мартина [Sala-i-Martin, 2006] недостающие данные были выведены путем эконометрического прогнозирования и с использованием данных по соседним странам.
20. Например, К. Лакнер и Б. Миланович [Lakner & Milanovic, 2013] для оценки среднего уровня доходов в разных странах использовали результаты социологических опросов, а не данные национальных счетов, как в работе Ш. Сала-и-Мартина [Sala-i-Martin, 2006]. У них получился более высокий, чем у Сала-и-Мартина, коэффициент Джини, который со временем практически не снижается. См. также [Pinkovskiy, 2013].

21. См., например, [Chen, Ravallion, 2004].
22. См. [Solow, 1956; 1957].

Система анализа факторов роста дает некоторое объяснение причин, по которым одни страны растут быстрее других²³. Например, эмпирические исследования указывают на высокие уровни капиталовложений и выход избыточной массы сельскохозяйственной рабочей силы на организованный рынок труда как на основные объяснения быстрого роста нескольких восточноазиатских экономик в последние десятилетия²⁴. Однако эта система имеет два важных ограничения, мешающих пониманию того, как экономическому росту способствовали технологические нововведения. Во-первых, хотя технические инновации часто рассматриваются как ключевой фактор роста TFP, они также могут оказывать глубокое влияние на накопление факторов производства (как мы объясним ниже). Во-вторых, как правило, в эмпирических исследованиях рост TFP учитывается как остаточный рост после анализа влияния факторов производства. Сами по себе они не дают представления о том, какие именно силы заставляют экономики становиться продуктивнее.

Понимание таких причин затруднено. Технический прогресс оказывает комплексное воздействие на поведение предприятий и работников и на структуру национальных экономик. Тем не менее, можно ориентировочно выделить четыре канала связи, показанные на рисунке 1.5²⁵. Эти каналы связи и будут рассмотрены в настоящем разделе.

Рис. 1.5. Инновации стимулируют рост через различные каналы



Интенсивное увеличение капитала

Предприятия инвестируют в новое капитальное оборудование, ожидая будущего дохода от этих инвестиций. Внедрение новых технологий может повышать доходность инвестиций и побуждать компании осуществлять новые капиталовложения. Аналогичным образом, новые технологии влияют на решения государственных органов об инвестициях в общественные блага, в частности — в обеспечение инфраструктуры для экономической деятельности. И действительно, согласно неоклассической модели экономического роста, без технического прогресса доходность капиталовложений будет уменьшаться, и экономический рост будет сходиться на нет²⁶.

В прошлом внедрение крупных революционных технологий часто приводило к инвестиционным бумам и, как следствие, к расширению объемов производства. Например, появление железнодорожного транспорта в XIX веке стимулировало массовые инфраструктурные инвестиции, которые сами по себе приводили к значительным изменениям совокупного продукта²⁷. Не так давно, с появлением в 1990-х годах информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) американские компании из всех секторов экономики, как показывают исследования, быстро нарастили основные фонды соответствующего оборудования, особенно по сравнению с другими необоротными активами²⁸. Кроме того, вложения в нематериальные активы — разработку новых бизнес-процессов, создание баз данных и прочую деятельность, основанную на информации, — стали важной составляющей инвестиций и также связаны с внедрением новых технологий.

Увеличение рабочей силы и человеческого капитала

Технический прогресс традиционно является ключевым фактором увеличения трудовых ресурсов. В первую очередь, развитие медицинских технологий способствовало резкому росту продолжительности жизни. Например, в 1800 г. средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении во всех развитых странах была меньше 40 лет, а к 2011 г. она уже превысила 75 лет, при этом в Японии средний показатель составил рекордные 83 года.²⁹ Уменьшая бремя хронических болезней и инвалидности, медицина также делает рабочую силу всё более здоровой и, следовательно, экономически более продуктивной.

23. Эконометрические данные см., например, в [Mankiw *et al.*, 1992].
 24. См. статьи Э. Янга [Young, 1995; 2003]. В то же время Р. Р. Нельсон и Г. Пэк [Nelson, Pack, 1999] утверждают, что высокие уровни капиталовложений стали возможными только потому, что эти успешные восточноазиатские экономики научились эффективно использовать новые технологии.
 25. Похожее распределение было предложено А. Мэддисоном [Maddison, 1997].

26. См. [Solow, 1956].

27. См. главу 5 книги О'Брайена [O'Brien, 1977].

28. См., например, [Stiroh, 2002].

29. См. [Roser, 2015].

Инновации способствовали более широкому участию взрослого населения в экономической деятельности. Так, появление холодильников, водопровода и канализации в домах, стиральных машин, супермаркетов и других нововведений освободило членов семей — особенно женщин — от многих рутинных домашних дел и позволило им устраиваться на работу. А появление скоростного общественного транспорта снизило географические барьеры на рынке труда. Эти же факторы расширили доступ к образованию, что повысило качество трудовых ресурсов. В свою очередь, развитие технических средств обучения сделало образование более широким и глубоким, что еще более увеличило человеческий капитал как один из фундаментов экономики.

Рост производительности предприятий

Инновации могут влиять на производительность предприятий по различным каналам. *Новые методы производства* позволяют повышать эффективность использования ресурсов — особенно трудовых — для выпуска продукции. Часто эффективность повышается за счет применения нового капитального оборудования, как мы говорили выше. В результате роста производительности высвобождаются ресурсы, которые можно использовать для выпуска предприятием дополнительного продукта, будь то в том же секторе или в других отраслях экономики. Аналогичным образом, внедрение новых процессов, позволяющих предприятиям достигать большей экономии за счет масштаба, приводит к повышению объемов производства при тех же затратах капитала и трудовых ресурсов.

Новые изделия оказывают более разностороннее влияние на производительность труда. Одной из форм таких инноваций является качественная модернизация существующих изделий: например, внедрение более мощных компьютеров, аккумуляторов с более длительным сроком службы и более энергоэффективных рефрижераторов. Если предприятиям удается производить за счет тех же ресурсов такой же объем продукции, но более высокого качества, то товарные инновации прямо ведут к увеличению их производительности. Хотя в принципе это понятно, измерение качественных улучшений совокупной продукции экономики связано со значительными трудностями, как будет пояснено во вставке 1.1.

Второй вид товарных инноваций — это производство новых, не существовавших ранее изделий. Это могут быть либо разновидности товаров с заметными отличиями (например, новая модель автомобиля), либо более фундаментальные прорывы, такие как появление первого планшетного компьютера. Поскольку компания, выпустившая такой новый товар, раньше его не производила, невозможно оценить прямое влияние данного нововведения на ее продуктивность. В случае качественных улучшений точное измерение роста национального продукта при выходе на рынок новых товаров может быть затруднительным (см. вставку 1.1).

В конечном счете, влияние новой продукции на производительность во многом зависит от того, кто покупает новый товар — конечные потребители или другие предприятия, которые используют его как производственный ресурс. В первом случае покупатели новой продукции обязательно корректируют свою потребительскую корзину, что приводит к изменению структуры производства. Нельзя сказать, как такие изменения сказываются на производительности труда в экономике. Но раз потребители добровольно покупают товарные новинки, то качество их жизни должно улучшаться.

Появление новых товаров, служащих промежуточными факторами производства для других предприятий, может приводить к значительному повышению производительности³⁰. Безусловно, появление электричества, доступных дальних перевозок, телекоммуникаций, компьютеров и многих других товаров и услуг привело к существенному росту эффективности производства в компаниях самых разных отраслей.

Наконец, внедрение новых процессов и выпуск новых товаров может повысить не только производительность предприятий, но и эффективность работы государственных органов. Например, в недавней истории применение ИКТ при оказании государственных услуг (часто называемое «электронным правительством») позволило заметно улучшить качество и затратоэффективность таких услуг³¹.

30. Дж. Гроссман и Э. Хелпман [Grossman, Helpman, 1991] моделируют такой рост производительности как увеличение разнообразия промежуточных факторов производства.

31. Правительство Австралии опубликовало всестороннее исследование по вопросу повышения качества и эффективности работы госорганов в результате введения электронных услуг. Исследование доступно на странице www.finance.gov.au/agimo-archive/_data/assets/file/0012/16032/benefits.pdf.

Вставка 1.1. Учет новых товаров и услуг в статистике ВВП

Основой для измерения экономического роста является работа статистиков по определению общего объема экономики. Поскольку сложение количества яблок и апельсинов не имеет смысла, не говоря уже о сложении планшетных компьютеров, поездок на такси и обращений к врачам, статистика опирается на оценку рыночной стоимости этих количеств. ВВП страны рассчитывается путем умножения количества товаров (услуг) на их цену и сложения полученных таким образом оценок.

Вычислить так называемый *номинальный ВВП* за конкретный год довольно просто. Трудности возникают при измерении динамики совокупного объема производства. Прежде всего, изменения величины номинального ВВП могут отражать изменения количества произведенных товаров и услуг, цен на них или и того, и другого. Например, при высокой инфляции номинальный ВВП может значительно вырасти, даже если количественные показатели не изменятся. Поэтому статистики вывели концепцию *реального ВВП*, который основан на физическом количестве произведенных товаров (услуг) и их стоимости в ценах любого года, взятого за базис.

Однако при товарной инновации, ведущей к появлению на рынке новых товаров и услуг, возникает сложная проблема. Если эти новые товары и услуги не имеют аналогов в прошлом, то для них не имеется и базисных цен в статистике прошлых лет. Учитывать их при расчете реального ВВП можно лишь назначив новый базисный год. Но какой год выбрать? В первые годы после появления новых товаров и услуг цены на них зачастую быстро снижаются, а их количество динамично растет. Поэтому, выбрав слишком ранний базисный год, можно завысить рост реального ВВП. По этой и другим причинам статистические ведомства многих стран стали применять при расчете реального ВВП метод «цепного взвешивания», при котором базисный год имплицитно обновляется в каждом году.

Если новые товары и услуги являются улучшениями прежних, то для них имеются цены за прошлый базисный год³². Однако сравнение количества новых товаров и услуг с количеством старых вводило бы в заблуждение. Например, если количество выражается в ящиках клубники, то естественной будет корректировка на изменение веса ящика из года в год. Аналогичным образом, подсчитывая количество коробок с компьютерами, необходимо делать корректировку на ежегодное увеличение мощности произведенных компьютеров³³. Статистики разработали методы такой корректировки по качеству. С помощью так называемого «метода эквивалентных моделей» и «гедонистического метода» можно вывести гипотетические индексы цен, учитывающие изменения цен на товары и услуги при неизменных качественных характеристиках. Эти индексы цен затем используются для дефлирования номинального ВВП и получения величины реального ВВП, учитывающей улучшение качества³⁴.

Цепное взвешивание и гедонистический метод — важные инструменты учета товарной инновации при расчете ВВП. Но они не совершенны³⁵. Прежде всего, они полагаются на способность статистических бюро квантифицировать и собирать данные по множеству качественных характеристик товаров и услуг. Даже ведомства, располагающие наибольшими ресурсами, выполняют гедоническую корректировку лишь для небольшого набора товаров и услуг. Более того, некоторые качественные улучшения нелегко поддаются количественному измерению — например, инновации, приводящие к повышению безопасности, устойчивости и общего качества жизни.

Наконец, необходимо отметить, что рост реального ВВП не полностью учитывает повышение качества жизни, связанное с появлением новых товаров. Это отчасти объясняется несовершенством измерения, о котором мы только что говорили. Что еще важнее, расчет роста ВВП призван измерять лишь само увеличение объема производства, а не его ценность для потребителей и общества в целом. Хотя объем производства и благосостояние вроде бы должны — по многим причинам — коррелировать между собой, эти понятия фундаментально различны.

Источники: [Landefeld, Parker, 1997; Landefeld, Grimm, 2000; United Nations, 2009].

32. На практике не всегда можно провести четкое различие между новым товаром и товаром более высокого качества. Например, расширение функциональных свойств товара можно рассматривать как повышение качества, но если новая функциональная характеристика достаточно значима и приводит к его новым применениям, то его можно считать уже совершенно новым изделием. Эта неясность еще больше усложняет расчет реального ВВП. См. [OECD, 2001].

33. Пример взят из статьи [Landefeld, Grimm, 2000].

34. Еще одной важной проблемой является определение того, какие виды креативной и инновационной деятельности компаний следует учитывать как промежуточное потребление, а какие относить к инвестициям в активы. Например, в стандарте «Система национальных счетов» в редакции 2008 г. расходы на исследования и научно-технические разработки и соответствующее программное обеспечение признаются как инвестиции в основные средства (см. unstats.un.org/unsd/nationalaccount/sna2008.asp). В будущем это правило может распространиться и на другие инвестиции в нематериальные активы.

35. Обзор методологической критики см. в [Hulten, 2003].

Трансформация структуры экономики

Инновации оказывают большое влияние на динамику роста предприятий. Но не менее (если не более) важно то, что новые технологии вызывают к жизни глубокие структурные трансформации. В среднесрочной и долгосрочной перспективе такие изменения экономического уклада влияют на рост производительности экономики через разнообразные каналы.

Во-первых, новые технологии могут поменять облик целых отраслей, приводя к уходу с рынка одних предприятий и к приходу других. Кроме того, может измениться интенсивность конкуренции. Во многих случаях эти перемены стимулируют повышение эффективности (приводящее к ускорению роста) и перегруппировку производственных факторов. Активная конкуренция способствует распространению технологий и будущим инновациям³⁶. Однако такой результат не предопределен. Развитие технологий может привести и к повышению концентрации внутри отраслей, что иногда даже вызывает озабоченность (и требует вмешательства) антимонопольных органов³⁷.

Во-вторых, технологические инновации зачастую становятся причиной реорганизации производственно-сбытовых цепочек. Как правило, такая реорганизация подразумевает большее разделение труда: предприятия нарабатывают уникальные компетенции или производят специализированные ресурсы, служащие широкому кругу компаний как в данной отрасли, так и в других секторах. Повышение специализации может приводить к значимому росту эффективности и, как следствие, к увеличению производительности в масштабах всей экономики. Технологические инновации также способствовали глобализации производственно-сбытовых цепочек. Участие в них большего количества разнообразных международных поставщиков усиливает рост производительности, связанный с сужением специализации.

В-третьих, давая начало новым видам экономической деятельности, технологические инновации также вызывают упадок старых. Например, появление автомобилей вытеснило конный транспорт, устраняя необходимость иметь большое количество уборщиков для очистки улиц от лошадиного навоза. Другой пример: внедрение в телефонии технологии прямого набора устранило необходимость в телефонистках. В кратко- и среднесрочном периоде такие технологические прорывы могут создавать трудности для тех, чьи навыки стали ненужными. Однако в более длительной перспективе использование освободившихся рабочих рук в растущих секторах экономики является одним из важнейших каналов, по которым инновации подстегивают рост производства.

Как показано на рисунке 1.2, на практике технический прогресс вызвал существенный сдвиг экономического уклада от сельского хозяйства и промышленности в пользу сектора услуг. Он в большой мере связан с тем, что в сельском хозяйстве и промышленности производительность росла значительно быстрее, чем в трудоемком секторе услуг³⁸. Поэтому, как это ни странно, в сельском хозяйстве и промышленности высвободились трудовые ресурсы, нашедшие работу в растущей сфере услуг³⁹. С этой точки зрения сокращение доли промышленного производства в экономике необязательно является тревожным признаком «деиндустриализации», как иногда утверждают, а естественным побочным продуктом научно-технического прогресса.

1.3. Передовые инновации и их распространение

Как показано выше, инновации играют центральную роль как двигатель долгосрочного экономического роста. Но какой точный процент роста на какие инновации приходится? Инфографика на в начале этого доклада показывает некоторые важнейшие технологические прорывы за последние 200 лет, а рис. 1.1 — динамику роста передовых экономик. В этой иллюстрации выбор технологий, несомненно, субъективен.

36. В докладе [Aghion *et al.*, 2005] специально изучается взаимодействие между конкуренцией и инновациями. См. также аргументы об эндогенной природе роста в разделе 1.3.

37. К примерам высокотехнологичных секторов, которые попали под пристальное внимание антимонопольных ведомств, относятся телекоммуникации (AT&T), компьютерные операционные системы (Microsoft) и поисковые системы (Google).

38. См. статьи [Baumol, 1967] и [Baumol *et al.*, 1985], хотя в последней указывается также на разнородность сектора услуг, в некоторых отраслях которого (напр., коммуникации и широковещение) замечен быстрый рост производительности.

39. Возможно, рост сектора услуг объясняется не только развитием технологий, но и повышением спроса на услуги — в том числе образовательные, медицинские, туристические и развлекательные — по мере повышения благосостояния стран.

Вставка 1.2. Количественное определение воздействия прошлых инноваций на экономический рост

Исследования, нацеленные на количественное определение воздействия отдельных инноваций на экономический рост, в основном опирались на систему анализа факторов роста, упомянутую в разделе 1.2. В частности, вклад инноваций в рост учитывается в них по двум составляющим: (i) углублению капитала, которое измеряется ростом капитальных затрат, связанных с той или иной инновацией, и (ii) увеличению совокупной производительности факторов производства (TFP) в отрасли, которая производит товары, лежащие в основе данной инновации.

Эта система применялась в исследовании Н. Крафтса [Crafts, 2004] о влиянии паровых технологий на экономический рост Британии в конце XVIII и XIX веках и в работе С. Олинера и Д. Сикела [Oliner, Sichel, 2003], посвященной воздействию ИКТ на рост экономики США в последней четверти XX века. Их оценки представлены в табл. 1 и выражены в процентах ежегодного вклада в рост производительности труда.

В исследовании Н. Крафтса углубление капитала измеряется ростом мощности машин (в лошадиных силах), связанным с распространением паровых технологий. Хотя паровая машина Джеймса Уатта была запатентована в 1769 г., судя по оценкам ученого, до 1830 г.

ее вклад в повышение производительности труда составлял не более 0,02% в год. Затем этот показатель вырос до 0,04% (1830–1850 гг.), 0,12% (1850–1870 гг.) и 0,14% (1870–1910 гг.). Эти цифры иллюстрируют как отложенность, так и длительность эффекта от появления парового двигателя.

В исследовании С. Олинера и Д. Сикела углубление капитала измеряется ростом основных средств в области ИКТ — компьютерной техники, программного обеспечения и оборудования связи. Их оценки указывают на более весомый по сравнению с паровыми технологиями общий вклад в рост экономики, особенно во второй половине 1990-х годов. Кроме того, этот вклад в основном объясняется углублением капитала — т. е. более широким использованием ИКТ во всех отраслях экономики. Как и в случае паровых машин, влияние ИКТ на рост реализовалось не сразу, хотя и с гораздо меньшей задержкой.

Вышеуказанные оценки наверняка не полностью отражают тот импульс к росту, которые дают экономике новые технологии. Прежде всего, сам подход к оценке учитывает лишь рост TFP в производстве оборудования. При этом игнорируются возможные влияния на производительность в других отраслях. В случае паровых машин, по мнению Н. Крафтса, такие побочные результаты после 1850 г. могли быть значительными. Во то же время циклические эффекты могли вызвать систематическую погрешность в оценках, представленных в таблице 1, приводя, в частности, к переоценке вклада ИКТ во второй половине 1990-х годов [Gordon, 2000].

Таблица 1. Вклад паровых машин и информационно-коммуникационных технологий в экономический рост

	Паровые технологии в Британии					ИКТ в США		
	1760-1800	1800-30	1830-50	1850-70	1870-1910	1974-90	1991-95	1996-2001
Углубление капитала	0,004	0,02	0,02	0,06	0,09	0,41	0,46	1,02
TFP	0,005	0,001	0,02	0,06	0,05	0,27	0,41	0,77
Общий вклад	0,01	0,02	0,04	0,12	0,14	0,68	0,87	1,79

Источник: [Oliner, Sichel, 2003; Crafts, 2004].

К сожалению, проследить точную связь между историческими показателями роста и различными инновациями сложно — как минимум, по двум причинам. Во-первых, из-за большого количества и сложности каналов такой связи, описанных в разделе 1.2, и одновременности воздействия разных технологий трудно выделить вклад конкретной инновации в экономический рост. Во-вторых, технологии внедряются не сразу и сами по себе эволюционируют, что делает проблематичной любую попытку точного соотнесения причин и следствий. Несмотря на эти трудности, некоторым исследователям удалось хотя бы частично квантифицировать вклад избранных исторических инноваций в экономический рост некоторых стран (см. вставку 1.2).

Если смотреть шире, экономистам во многом удалось ответить на два вопроса, крайне важных для понимания взаимосвязи между инновациями и ростом:

- Как появляются передовые инновации?
- Как происходит распространение технологий по странам и между ними?

В этом разделе мы подытожим основные закономерности, выявленные при изучении этих двух вопросов.

Как появляются передовые инновации?

В начале XIX века технологические инновации в основном осуществлялись отдельными изобретателями и мелкими предпринимателями⁴⁰. К XX веку возникли современные системы инноваций, в которых вместе двигают науку вперед различные организации, в том числе научно-исследовательские институты, крупные наукоемкие фирмы и венчурные предприятия.

Технологические прорывы главным образом происходят под действием трех сил. Во-первых, фундамент для коммерческих инноваций часто создают научные открытия. В качестве примера можно привести развитие жидкокристаллического дисплея, опиравшееся на научные достижения в области органической химии. Во-вторых, нужды государства — особенно в области обороны — дали основной толчок развитию многих технологий, которые затем нашли применение и в других секторах экономики. Наконец, нужды потребителей и рыночные силы заставляли предприятия инвестировать в разработку новых технологий для получения конкурентных преимуществ.

40. См. [Maddison, 1997].

Вставка 1.3. Инвестиции в нематериальные активы

Эндогенная теория роста подчеркивает важность инвестиций в нематериальные активы в наукоемких отраслях. Однако их количественное измерение и сравнение с вложениями в материальные активы всегда было затруднительным. В финансовой отчетности компаний и национальных счетах операции с нематериальными активами традиционно рассматриваются не как инвестиции, а как промежуточные затраты (факторы). Общепринятые показатели осуществляемых предприятиями капиталовложений связаны с материальными активами, такими как машины и оборудование, здания и транспортные средства.

Чтобы получить более полную картину инвестиций коммерческих предприятий, исследователи разработали новую концепцию измерения, в которой нематериальные активы разбиваются на следующие компоненты [Corrado *et al.*, 2012]:

1. Информация на электронных носителях:

- компьютерные программы;
- базы данных;

2. Инновационная собственность:

- разведка полезных ископаемых;
- научные исследования и разработки;
- оригиналы произведений художественной и развлекательной культуры;
- новые продукты/системы в секторе финансовых услуг;
- дизайн и другие новые продукты/системы;

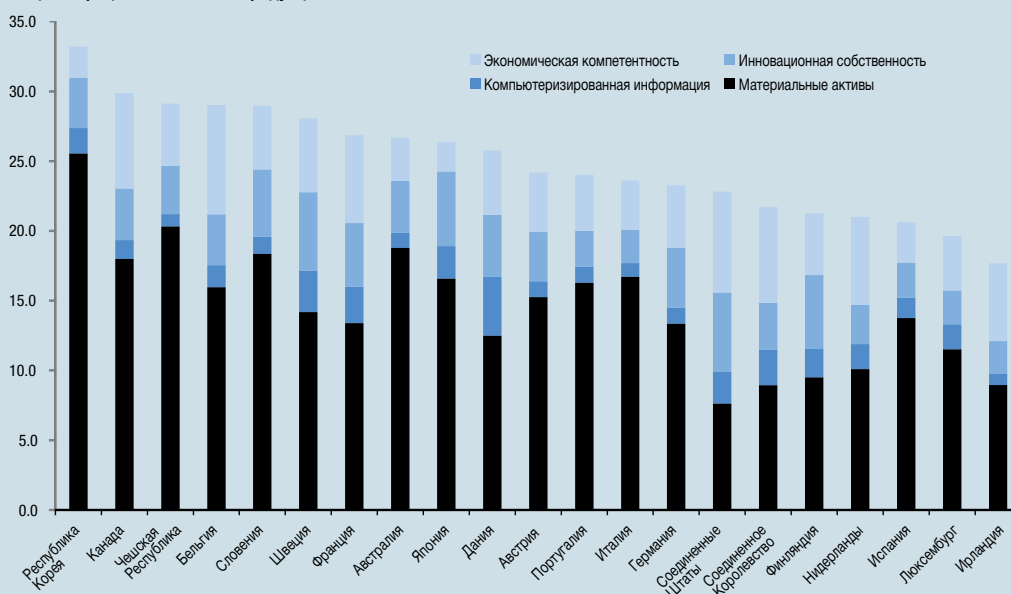
3. Экономические компетенции:

- брендовый капитал (реклама, маркетинговые исследования);
- ресурсы, свойственные данному предприятию (обучение, предоставляемое работодателем; особенности организационной структуры).

На сегодняшний день оценки инвестиций в нематериальные активы, выполненные на основе этой системы, существуют для большого числа развитых экономик (см. рис. 1.6). Они систематически показывают, что на нематериальные активы приходится значительная доля совокупных капиталовложений предприятий — в Дании, Финляндии, Франции, Нидерландах, Соединенном Королевстве и США эта доля превышает 50%.

Рис. 1.6. На инвестиции в нематериальные активы приходится значительная доля общих капиталовложений предприятий

Инвестиции в процентах от чистой продукции на 2010 г.



Примечание: Оценки для Канады, Японии и Республики Корея относятся к 2008 г.

Источник: [OECD, 2013, figure 1.28].

Большая масса экономических исследований посвящена объяснению того, почему хозяйствующие субъекты инвестируют в инновации и как эти инвестиции влияют на траекторию роста экономики. Любопытно, что неоклассическая теория роста, которая представляла собой одну из первых попыток формально смоделировать процесс экономического роста, не касалась того, как происходит научно-технический прогресс, а лишь показывала, что без него рост остановится. Этот пробел дал импульс рождению *эндогенной теории роста*, в которой стимулы для инноваций были прямо включены в модели экономического роста⁴¹. В частности, в формальных моделях эндогенного роста предприятия инвестируют в исследования и разработки, чтобы обеспечить будущую прибыль и избежать поглощения конкурентами, что главным образом достигается за счет выпуска новых и более качественных товаров⁴². Конкуренция между предприятиями создает динамичную гонку инноваций, которая ведет к устойчивому повышению производительности. В этих моделях отражена главная особенность современных наукоемких отраслей: предприятия инвестируют в нематериальные активы — не только в НИОКР, но также в дизайн, программное обеспечение, повышение квалификации работников и секреты производства, — и регулярно выпускают новые товары взамен прежней продукции⁴³. И действительно, имеющиеся данные позволяют говорить о важности доли вложений в нематериальные активы в общем объеме капитальных затрат предприятия (см. вставку 1.3).

Однако некоторые экономисты критикуют эндогенную теорию роста как слишком механистическую⁴⁴. В частности, хотя в этой теории признается неопределенность результатов инновационной деятельности, считается, что модели эндогенного роста находятся в пределах предопределенного распределения вероятностей. Однако многие инновационные прорывы исторического значения имели случайный характер, а это означает, что они не попадали в заранее известный диапазон возможных результатов.

На волне этой критики появилась вторая группа исследований — *эволюционная теория роста*. В ней сделан акцент на особых исторических обстоятельствах инновационной деятельности и на сложности взаимосвязей при постоянно меняющихся причинно-следственных механизмах⁴⁵. В эволюционной теории роста предприятия неспособны предвидеть все технологические возможности и, занимаясь инновациями, пользуются эмпирическими правилами. Путь научно-технического прогресса определяется процессом выбора, ключевую роль в котором играют рыночные силы и другие экономические институты.

С точки зрения эволюционного подхода, инновации происходят шаг за шагом, а направление развития становится понятным со временем. Хотя иногда случаются озарения и большие скачки вперед, в прошлом даже крупные революционные инновации развивались годами и десятилетиями через множество незначительных шагов. К тому же, для того, чтобы они оказали воздействие на всю экономику, предприятиям нужно было научиться применять новую технологию, сделать капитальные вложения и реорганизовать свою деятельность. На самом деле появление новых технологий обычно стимулирует обновление организационных структур и бизнес-моделей, что само по себе приводит к серьезному росту производительности. В инфографике приведены примеры крупных инноваций, подпадающих под эту категорию, — система организации производства с коротким циклом и штрихкод.

Пошаговые инновации также важны для развития так называемых технологий общего назначения (GPT)⁴⁶. Хотя для них не существует единого определения, к GPT, как правило, относят технологии, которые находят широкое применение во многих отраслях экономики и отличаются сильной взаимодополняемостью с существующими или потенциальными новыми технологиями, обеспечивая благодатную почву для последующих инноваций. Согласно большинству трактовок, основными примерами GPT считаются паровой двигатель, железные дороги, автомобиль, электричество и информационно-коммуникационные технологии⁴⁷. Исследования исторических GPT показали их важность для стимулирования роста, но также обнаружили, что этот стимул проявляется с большим опозданием: например, в случае паровой машины задержка оценивается в 80 лет (см. вставку 1.2), а для электричества — в 40 лет⁴⁸. Современная эндогенная теория связывает возникновение и внедрение технологий общего назначения с длительными циклами экономического роста, которыми и объясняются скачки и замедления роста, наблюдаемые на протяжении всей истории. Любопытно, что прогнозирование циклов роста зеркально отражает понятие «длинных волн» (или «кондратьевских циклов»), фигурирующее в ранних трудах «эволюционистов», в частности, в работах Йозефа Шумпетера⁴⁹.

41. См. основные положения теории в статьях П. М. Ромера [Romer, 1986; 1990].

42. Важные уточнения содержатся в работах [Grossman, Helpman, 1991] и [Aghion, Howitt, 1992].

43. См. [WIPO, 2011].

44. Основные положения см. в [Nelson, Winter, 1982], а обзор литературы — в [Verspagen, 2004].

45. См. [Verspagen, 2004].

46. Термин «GPT» был введен в оборот Т. Бреснаханом и М. Трахтенбергом [Bresnahan, Trajtenberg, 1995], но он схож с понятиями «базовые инновации» и «технологическая парадигма», используемыми сторонниками эволюционной теории роста [Verspagen, 2004].

47. Однако даже по этим пяти технологиям консенсус среди экономистов отсутствует. Например, Н. Крафтс и Т. Миллс [Crafts, Mills, 2004] высказывают сомнения в том, что паровой двигатель следует относить к технологиям общего назначения.

48. Оценки по паровой машине см. в [Crafts, 2004], по электричеству — [David, 1990].

49. См. [Schumpeter, 1939]. На самом деле, именно П. Шумпетер ввел в оборот термин «кондратьевские волны» — по имени советского экономиста Н. Д. Кондратьева, который привлек внимание к длительным колебаниям объемов производства.

Рис. 1.7. Распространение технологий становится более быстрым, но не столь повсеместным

Примечания: Задержка внедрения с момента первого изобретения отражает среднее по всем странам отставание в освоении данной технологии. Разность в уровнях проникновения отражает среднюю разность по отношению к среднему уровню проникновения в группе «западных стран», определенной Д. Комином и М. Местьеры. Для простоты представления несколько технологий в графиках опущено.

Источник: [Comin, Mestieri, 2013].

Хотя недавние исследования, посвященные GPT, предполагают некоторое сближение эндогенной и эволюционной теорий, между ними сохраняется несогласие в отношении фундаментальной природы процесса роста⁵⁰. Первая видит его как детерминированный процесс, который в корне остается неизменным с течением времени. С точки зрения второй, процесс роста тесно связан с характером технологий и поэтому со временем меняется. Это различие много значит для разработки политики стимулирования роста. В то время как модели эндогенного роста позволяют сформулировать стратегические рекомендации на основе фундаментальных принципов, сторонники эволюционного подхода предупреждают, что политика, подходящая для одной технологической парадигмы, может оказаться неуместной для другой.

Как происходит распространение технологий по странам и между ними?

До сих пор мы говорили об эффектах передовых инноваций независимо от места их происхождения. Но инновационные технологии редко бывают отечественными. Изучив статистику подачи международных патентных заявок, Дж. Итон и С. Кортум [Eaton, Kortum, 1994] пришли к выводу о высокой мобильности идей в группе развитых стран: даже в такой большой экономике, как США, рост производительности примерно наполовину вытекает из использования иностранных технологий. Но насколько легко на самом деле происходит распространение технологий на другие, особенно, менее развитые страны?

Это важный вопрос. Как сказано в разделе 1.1, в последние 200 лет различия между странами по уровню благосостояния усиливались. Учитывая важность новых технологий как фактора долговременного роста, может ли экономическая дивергенция объясняться несовершенством каналов распространения технологий?

Последние данные о моделях распространения технологий дают смешанную картину. С одной стороны, недавние технические инновации более быстро распространялись на страны со средним и низким уровнем доходов. Д. Комин и М. Местьеры [Comin, Mestieri, 2013] собрали данные по 25 революционным технологиям с конца XVIII века и по их освоению в 132 странах. Они пришли к выводу, что средняя задержка внедрения этих технологий за последние 200 лет заметно сократилась (см. левый график на рис. 1.7). Самым ярким примером этого стало то, что недавно появившиеся технологии, такие как мобильная связь и Интернет, пришли в развивающиеся страны в течение нескольких лет после их внедрения в развитых экономиках.

50. См. [Verspagen, 2004].

С другой стороны, Д. Комин и М. Местьеры также смотрят на интенсивность применения новых технологий различными экономиками после их внедрения. В частности, оцениваются долгосрочные уровни проникновения для одного и того же набора технологий и изменение разности в этих уровнях с течением времени. По этому показателю между развитыми и развивающимися экономиками наблюдается большой разрыв в использовании последних инноваций (см. правый график на рис. 1.7). На первый взгляд эти выводы кажутся удивительными, учитывая, например, необычайно широкое распространение мобильных телефонов и Интернета в большинстве развивающихся стран. Однако в развитых экономиках эти технологии нашли еще больше применений, поэтому разрыв в использовании по сравнению с прежними технологиями оказался шире⁵¹.

Несмотря на эти общие тенденции, степень распространения сильно различается в зависимости от конкретной технологии и принимающей страны. Прежде всего, есть множество каналов распространения: в частности, международная торговля, прямые иностранные инвестиции (ПИИ), прямое лицензирование технологий, миграция квалифицированных кадров и трансграничные потоки информации. Некоторые из этих каналов отличаются большей «текучестью». В случаях, когда технология непосредственно заключена в товарах и услугах, их импорт может не скоро обернуться пожинаем плодов от новой технологии. Например, важные медицинские технологии, такие как вакцины, антибиотики и противомоскитные сетки, получили широкое распространение в странах с низким и средним уровнем доходов: на их счет относят значительные улучшения качества жизни даже в бедных странах с низкими темпами экономического роста⁵².

Однако в этих случаях важнейшим фактором успешного распространения стало то, что получателям технологий для их применения необязательно понимать, как они работают. Для многих других технологий такое понимание может быть необходимым, а их успешное применение может требовать значительных организационных навыков, а также инвестиций в дополнительное оборудование и инфраструктуру. Поэтому экономисты подчеркивают критическую роль *потенциала освоения* технологий для их успешного распространения. Величина потенциала освоения зависит от человеческого капитала (наличия кадров, способных понимать и применять технологию), организационного и управленческого ноу-хау, а также от наличия институтов, координирующих и мобилизующих ресурсы для освоения технологии. Во многих случаях потенциал освоения также подразумевает способность осуществлять небольшие технологические и организационные нововведения для адаптации технологий к местным нуждам. Поэтому по большому счету между потенциалом освоения и инновационным потенциалом не существует четкой разницы.

Не все страны одинаково успешно создают потенциал освоения. В частности, по мнению многих экономистов, успех быстрорастущих стран Восточной Азии, по крайней мере, отчасти объясняется их способностью запустить процесс изучения и поглощения технологий, что обеспечило фундамент для экономического намерстывания⁵³. Однако то, какой именно набор стратегий больше всего способствует развитию потенциала освоения, остается предметом широких споров. В частности, многие меры экономической политики, которые казались эффективными в Восточной Азии (например, торговый протекционизм, государственная политика кредитования и требования по передаче технологий в договорах о ПИИ), в других развивающихся экономиках применялись с меньшим успехом — в частности, во многих африканских и латиноамериканских странах. Это дает основания полагать, что успешная комбинация политических мер может быть обусловлена экономической и институциональной средой соответствующей развивающейся страны и современной технологической парадигмой, что отражает предупреждения, озвучиваемые приверженцами эволюционной теории роста (см. выше)⁵⁴.

51. В докладе Д. Комина и М. Местьеры [Comin, Mestieri, 2013] далее показано, что их оценки моделей распространения технологий позволяют на 80% объяснить расхождение в доходах между бедными и богатыми странами за период с 1820 г.
52. О влиянии антибиотиков на здоровье населения см. [Kenney, 2011] и раздел 2.2 настоящего доклада.

53. См. [Nelson, Pack, 1999].

54. Обзор дебатов об успешных стратегиях преодоления экономического отставания см. в статье [Fagerberg, Godinho, 2004].

1.4. Инновации и права интеллектуальной собственности

Как говорилось в предыдущем разделе, на заре промышленной революции движущей силой инноваций были отдельные изобретатели и мелкие предприниматели. Поэтому в те времена у экономистов было мало возможностей для исследования обстоятельств инновационной деятельности. Например, в своем знаменитом трактате «Исследование о природе и причинах богатства народов» Адам Смит писал: «Значительная часть машин [...] была первоначально изобретена простыми рабочими, которые, будучи заняты каждый какой-нибудь весьма простой операцией, естественно прилагали свои усилия к тому, чтобы найти более легкие и быстрые способы их выполнения»⁵⁵.

Возникновение в XX веке более организованных инновационных систем заставило ученых размышлять о природе инновационного процесса и о роли государства в поддержке инновационной деятельности в условиях рыночной экономики. Экономическую мысль подстегнули два важных прозрения о процессе изобретательской деятельности, приписываемые лауреату Нобелевской премии по экономике Кеннету Эрроу⁵⁶:

- Изобретательство сопряжено с рисками. Предпринимая попытку решения какой-либо проблемы, нельзя быть уверенным в том, что решение для нее действительно существует.
- Информация о способе решения той или иной проблемы обладает характеристиками того, что экономисты называют «общественным благом»: она может использоваться многими людьми одновременно, и тот, кто нашел решение, зачастую не может помешать ее воспроизведению. Эта особенность также известна как *дилемма возможности присвоения* результатов изобретательской деятельности.

Видя эти две фундаментальные проблемы, Эрроу пришел к выводу о том, что без внешнего вмешательства рынки будут инвестировать в изобретательскую деятельность меньше, чем желательно обществу. Чтобы избежать пустой траты ресурсов, в случае если работа по решению проблемы не принесет результата, предприятия, работающие в условиях конкуренции, могут воздерживаться от изобретательской деятельности. А если решение будет успешным и конкуренты смогут сразу и бесплатно воспользоваться им, то материальная выгода для компании-изобретателя будет небольшой.

Этот дефект рыночного механизма привел к различным формам государственного вмешательства, определившим облик современных систем поощрения инноваций. Это вмешательство можно разделить на три общие категории⁵⁷. Во-первых, правительство финансирует научные исследования в университетах и государственных научно-исследовательских учреждениях (ГНИУ). Эти организации, как правило, занимаются фундаментальными исследованиями, которые двигают науку вперед и коммерческие применения которых не всегда находятся в пределах видимости. Во-вторых, правительство финансирует НИОКР в частных компаниях с помощью госзаказов, целевых субсидий, налоговых вычетов, премий, льготных кредитов и других механизмов. При этом одни формы поддержки нацелены на конкретные виды технологий (в частности, в оборонной сфере), а другие не привязаны к конкретным технологиям и позволяют предприятиям самим определять направление исследовательской работы.

Наконец, государство предоставляет права ИС, позволяющие привлекать частное финансирование для исследований и разработок, выполняемых предприятиями по собственной инициативе. В этом разделе мы пристальнее посмотрим на то, как различные права ИС определяют инновационную деятельность. При этом мы будем пользоваться выводами прошлых докладов о положении в области ИС в мире, в которых многие из обсуждаемых ниже вопросов были рассмотрены более детально⁵⁸.

Права ИС и стимулы для инноваций

Законодательство об интеллектуальной собственности позволяет гражданам и организациям приобретать исключительные права на результаты своей изобретательской и творческой деятельности. Владение объектами ИС ограничивает возможность безвозмездного пользования ими со стороны конкурентов, что позволяет предприятиям извлекать прибыль из своих разработок и в принципе решает «дилемму возможности присвоения». Из всех форм охраны ИС лучше всего решают эту проблему патенты и полезные модели, промышленные образцы, права на сорта растений, авторские права и коммерческая тайна⁵⁹.

57. См. таблицу 2.2 в докладе ВОИС за 2011 г. [WIPO, 2011].

58. См. [WIPO, 2011; WIPO, 2013].

59. В исследовании П. Гудриджа и соавторов [Goodridge et al., 2014] разные формы ИС ассоциированы с классификацией вложений в нематериальные активы, изложенной во вставке 1.3. Согласно их выводу, в Соединенном Королевстве половина инвестиций в интеллектуальные активы в 2011 г. охранялась правами ИС, а именно авторским правом, товарными знаками и правами на незарегистрированные образцы.

55. См. [Smith, 1776].

56. См. [Arrow, 1962].

Согласно результатам опросов, многие предприятия признают важность интеллектуальной собственности для обеспечения доходности вложений в НИОКР. Но ее важность заметно различается в разных отраслях. В одних (например, в фармацевтической и химической промышленности) права ИС занимают в бизнес-моделях компаний центральное место. В других отраслях предприятия для получения прибыли от НИОКР используют альтернативные механизмы — в частности, выпускают новые товары в продажу быстрее конкурентов и формируют благоприятное отношение покупателей за счет создания и продвижения брендов. На самом деле, важность брендинга указывает на то, что косвенную роль в стимулировании инноваций играет еще одна форма ИС — товарные знаки. Благодаря охране товарных знаков потребители получают уверенность в покупке именно того товара, который они намерены купить, — а это является необходимым условием для эффективных мероприятий по продвижению бренда.

Права ИС подталкивают рыночные силы к ведению инновационной деятельности. Благодаря им решения о том, по каким направлениям инноваций двигаться, могут приниматься децентрализованно. Предоставляя частным лицам и организациям, работающим на передовом крае технологий, максимум информации о вероятности успеха их инновационных проектов, система ИС способствует эффективному распределению ресурсов.

Хотя эта логика традиционно служит основным экономическим обоснованием охраны прав ИС, эти права могут определять последствия инноваций и несколькими другими способами. Прежде всего, хотя права ИС не решают непосредственно проблему рисков, связанных с изобретательской деятельностью, они способны улучшить функционирование финансовых рынков в деле привлечения ресурсов для осуществления инноваций, успех которых не предопределен. В частности, есть данные о том, что выдача патента на раннем этапе инновационного процесса может убедить инвесторов в способности начинающей компании получать прибыль в случае успешной промышленной эксплуатации нового продукта⁶⁰.

Кроме того, хотя иногда изобретение означает нахождение решения для конкретной проблемы, чаще оно представляет собой кумулятивный процесс, при котором исследователи, опираясь на существующие знания, разрабатывают новые технологии или продукты. И в процессе кумулятивных инноваций важную роль играют права ИС — особенно, патенты. Податели патентных заявок обязаны раскрывать информацию об изобретенном способе решения означенной проблемы. Это способствует своевременному обнародованию новых технологических знаний и позволяет другим изобретателям пользоваться такой информацией для дальнейших усовершенствований⁶¹.

60. См. [Graham et al., 2009].

61. Данные по Соединенному Королевству и США свидетельствуют о том, что на покупку прав на

Вместе с тем в некоторых обстоятельствах патенты могут и создавать барьеры для последующих инноваций. Иногда для запуска инновации в серийное производство требуется использование сторонних запатентованных технологий. Но другие правообладатели могут отказаться предоставить лицензию на свою технологию или потребовать таких лицензионных платежей, при которых запуск инновации становится невыгодным (возникает так называемая «проблема заложника»). И даже в случаях, когда получение лицензии возможно, координация участия большого числа правообладателей может требовать слишком высоких затрат.

Наконец, предоставление исключительных прав ИС дает предприятиям власть на рынке, которую экономисты рассматривают как способность устанавливать цены выше предельных производственных затрат. Обычно рыночная власть бывает ограничена конкуренцией со стороны альтернативных технологий или продуктов. Но в случае радикальных инноваций рыночные позиции правообладателей могут быть очень сильными. Возможность для компаний получать более высокую прибыль, чем их конкуренты, является частью экономической логики системы охраны ИС. Однако она влечет за собой и искажение в распределении ресурсов, поскольку рынки отходят от экономического идеала свободной конкуренции. Установление цен на уровне выше предельных затрат также может замедлить распространение технологий (см. ниже). В экономической политике это искажение смягчается тем, что чаще всего охрана ИС ограничена по времени: после истечения срока охраны ограничение конкуренции правами ИС прекращается⁶².

Права ИС, рынки технологий и распространение

Права интеллектуальной собственности обеспечивают возможность лицензирования или передачи интеллектуальных активов — и эта грань современных систем поощрения инноваций приобретает всё большее значение. Развитие рынков технологий способствует специализации инновационного процесса. Предприятия могут становиться и более инновационными, и более эффективными, сосредотачиваясь на конкретных исследовательских, конструкторских, производственных или маркетинговых задачах. Например, одна фирма может делать особенно успешные разработки в области продления срока службы аккумуляторов, а другие компании могут хорошо уметь превращать эти изобретения в компоненты для различной электроники. Точно так же предприятие может уметь само продвигать новинки в собственной стране, но на незнакомых зарубежных рынках предпочитать сотрудничество с партнерами⁶³.

использование технологий приходится 40–44% всех расходов предприятий по НИОКР. См. [Arora et al., 2013].

62. Поскольку ее смысл другой, охрана товарных знаков не ограничивается сроком при условии продления регистрации их владельцами.

63. Этот аргумент схож с наблюдением о разделении труда в экономике, о котором мы говорили в разделе 1.2.

Интеллектуальная собственность упрощает функционирование рынков технологий несколькими путями. В отсутствие прав ИС при подписании лицензионных договоров предприятия неохотно раскрывали бы секретные, но легко копируемые технологии своим контрагентам. Кроме того, хотя интеллектуальные активы в принципе можно передавать в договорном порядке независимо от каких-либо прав ИС, наличие правоустанавливающих документов позволяет точнее определять эти активы и подтверждать их исключительность на рынке. Таким образом, права ИС несут в себе важную информацию, которая может быть полезной при составлении договоров⁶⁴.

Рынки технологий также составляют основу так называемых стратегий открытых инноваций. Во многих отраслях предприятия вынуждены искать компромисс между охраной знаний и обменом ими. С одной стороны, им необходимо обеспечивать доходность своих инвестиций в НИОКР, что подразумевает защиту от утечки информации к конкурентам. С другой стороны, абсолютная охрана всех идей не всегда соответствует интересам самого предприятия. Сотрудничество с другими лицами может повышать эффективность их инновационной деятельности даже в случае передачи части секретной информации. Кроме того, обмен технологиями иногда помогает развивать зарождающиеся рынки для новых товаров. Права ИС лежат в основе баланса между охраной информации и обменом ею. Они позволяют предприятиям в каждом конкретном случае самим определять, какими технологиями, с кем и на каких условиях делиться.

Еще одна важная функция рынков технологий — упрощать коммерциализацию изобретений, вышедших из научных лабораторий. Коммерческий потенциал таких изобретений зачастую бывает очень спорным, и для их превращения в реализуемые технологии необходимы значительные дополнительные капиталовложения. У университетов и ГНИУ нет ни ресурсов, ни компетенций для осуществления таких инвестиций. Но они могут запатентовать свои изобретения, а затем продавать их или предоставлять на них лицензии компаниям, у которых такие ресурсы и навыки есть.

Наконец, права ИС влияют на пути распространения технологий по странам и между ними. С одной стороны, исключительные права по определению могут мешать распространению новых технологий — по крайней мере в странах, где эти права действуют. С другой стороны, они делают распространение возможным, поскольку, вообще говоря, права ИС создают рынки технологий. В конечном итоге роль прав интеллектуальной собственности зависит от характера конкретной технологии — в частности, от возможности ее обратной разработки, — а также от способности получателя освоить данную технологию (см. раздел 1.3).

Коммерческая тайна и мобильность рабочей силы

Изучая связи между системой ИС и эффективностью инноваций, часто упускают из виду мобильность работников интеллектуального труда. Распространение специализированных и некодифицированных знаний нередко происходит благодаря переходу работников из одной компании в другую. Но в какой мере они имеют право пользоваться знаниями, приобретенными на прошлой работе, если эта информация секретна? Юридический ответ на этот вопрос содержится в положениях об отказе от конкуренции, включаемых в трудовые договоры. Эти положения запрещают работнику использовать информацию, полученную в период трудовых отношений, в его последующей экономической деятельности — по крайней мере в течение определенного периода. Однако включение в договоры положений об отказе от конкуренции и их содержание зависят от законов, а в разных юрисдикциях приняты разные подходы⁶⁵.

При установлении основополагающих правил для таких договорных положений законодателям приходится искать некий компромисс. Если дать сотрудникам значительную свободу действий для использования секретов одной компании при работе в другой, это будет способствовать распространению знаний, развитию системы стимулирования инноваций и усвоению новых технологий⁶⁶. Вместе с тем это может побуждать предприятия воздерживаться от инновационной деятельности из-за опасения, что ее плоды воспользуется конкурент. Эмпирические данные свидетельствуют о том, что правила об отказе от конкуренции влияют на степень мобильности кадров — это особенно касается тех изобретателей, чьи компетенции связаны с конкретным предприятием, и тех, кто специализируется в узких технических областях⁶⁷. Однако значение этих положений в масштабах всей экономики пока не совсем понятно. Ведь они касаются не только технологических знаний, но также организационного ноу-хау и практики ведения бизнеса. Таким образом, они важны не только для технократических предприятий, но и, например, для компаний сектора услуг, на которые в богатых странах приходится наибольшая доля национального продукта (см. раздел 1.1).

65. См. [Caenegem, 2013].

66. Как утверждает Р. Дж. Гилсон [Gilson, 1999], в Калифорнии несоблюдение оговорок об отказе от конкуренции после окончания трудовых отношений было важной движущей силой инноваций в компаниях Кремниевой долины.

67. См. [Marx et al., 2009].

64. Эмпирические доказательства см. в статье [Gans et al., 2008].

1.5. Будущие перспективы экономического роста, обусловленного инновациями

Констатируя наш первый обобщенный факт в разделе 1.1, мы охарактеризовали динамику роста передовых экономик после Второй мировой войны как впечатляющую и беспрецедентную. Однако с начала мирового финансового кризиса в 2008 г. темпы роста совсем не впечатляют. На рис. 1.8 показана динамика ВВП на душу населения в странах с высоким уровнем доходов за период с середины 1980-х годов. До кризиса средний темп роста составлял 2,1% в год, что совпадает с послевоенным темпом роста передовых экономик, показанным на рис. 1.1. В результате кризиса не только произошел резкий спад объемов производства, но и с 2010 г. среднегодовой рост составил всего 0,9%.

Можно ли утверждать, что с финансового кризиса началась новая эра низких темпов роста? Выдохся ли экономический рост, обусловленный инновациями? Хотя окончательный ответ даст только время, в последние несколько лет среди ученых ведутся оживленные дебаты о перспективах экономического роста в будущем. В этом заключительном разделе мы подытожим основные выдвинутые аргументы. Сначала мы представим доводы оптимистов о том, что нынешнее замедление является временным явлением и быстрый рост должен возобновиться, а затем перейдем к аргументации пессимистов, прогнозирующих стабильно более низкие темпы роста на предстоящие годы и десятилетия.

Рис. 1.8. Конец эпохи необычайного послевоенного роста?

Реальный ВВП на душу населения в странах ОЭСР с высокими уровнями дохода, 1984–2014 гг.



Примечания: Показатели ВВП выражены в постоянных долларах 2005 г. Годовые темпы роста отражены в наклоне линий логарифмического тренда за два показанных периода.

Источник: Показатели мирового развития Всемирного банка.

Доводы оптимистов

Главная причина, по которой замедление роста может быть временным, заключается в первопричине кризиса. А именно, кризис разразился в результате схлопывания пузыря активов, профинансированных долговыми обязательствами, что подорвало финансовое положение компаний и домохозяйств⁶⁸. Стремление поправить финансовое положение за счет роста сбережений вызвало устойчивый дефицит совокупного спроса, что привело к большому разрыву между фактическим и потенциальным объемом производства. Поскольку процентные ставки достигли нулевой нижней границы, центральным банкам стало трудно ликвидировать этот разрыв с помощью традиционных инструментов кредитно-денежной политики. Таким образом, сверхнормативная задолженность, оставшаяся после финансового кризиса, стала постоянным тормозом экономического роста в развитых странах⁶⁹.

Оптимисты утверждают, что со временем рыночные силы устранят этот сохраняющийся разрыв в объемах производства и экономический рост вернется на свою долгосрочную траекторию, обусловленную фундаментальными производственными возможностями мировой экономики. Ведь в экономической истории уже случались длительные спады, заставлявшие исследователей предвещать конец роста. Например, в 1931 г. Джон Мейнард Кейнс писал: «Сегодня мы переживаем острый приступ экономического пессимизма. [...] Всемирная депрессия, парадоксальное наличие безработицы в мире, где столько потребностей, [...] — все это помешало нам увидеть, что происходит в действительности, какова подоплека долгосрочных тенденций»⁷⁰.

В сегодняшней ситуации, если акцентировать внимание не на «абerrации», связанной с финансовым кризисом, а на долговременной тенденции роста, показанной на рис. 1.1, то перспективы будущего роста представляются весьма радужными. Еще одна причина для оптимизма — это потенциальная способность инноваций постоянно подпитывать будущий рост.

68. См. [Koo, 2014].

69. См. [Lo, Rogoff, 2015].

70. См. [Keynes, 1931].

Прежде всего, мир никогда раньше не вкладывал так много ресурсов в расширение границ познания. На рис. 1.9 показана динамика расходов на НИОКР для всего мира и для шести лидирующих стран по таким расходам. С середины 1990-х годов наблюдается последовательная тенденция к повышению. В некоторых странах финансовый кризис не прошел бесследно, но и там расходы на НИОКР снизились не так сильно, как совокупный продукт. Кроме того, Китай, еще в начале 1990-х годов тративший на исследования и разработки относительно небольшие средства, в 2009 г. обогнал Японию и занял по объемам этих расходов второе место после США. Выход Китая в лидеры по технологическим разработкам — вместе с быстрым увеличением расходов на НИОКР в Республике Корея — диверсифицировал мировой ландшафт инноваций.

Более того, инновации всё еще имеют значительный потенциал для повышения производительности и трансформации экономических укладов. Информационно-коммуникационные технологии уже внесли значимый вклад в экономический рост (см. вставку 1.2 и раздел 2.3). Но, как показывает история, от них можно ожидать большего. Воздействие прошлых технологий общего назначения на темпы роста сказывалось с отсрочкой в несколько десятилетий (см. раздел 1.3)⁷¹. А ведь следующее поколение инноваций в области ИКТ, в центре которых будет искусственный интеллект, таит огромный потенциал. Например, Э. Брүнхельфссон и Э. Макафи [Brynjolfsson, McAfee, 2014] характеризуют воздействие цифровых инноваций как экспоненту, уподобляя его последовательному удвоению результатов ходов на шахматной доске, и отмечают, что вторая половина доски еще не пройдена. Есть и другие соображения, в том числе о том, что ИКТ имеют потенциал для повышения производительности труда в секторе услуг, где она традиционно считается мало способной к росту⁷². Так, данные по экономике США свидетельствуют об особенно быстром росте производительности в отрасли сбытовых услуг, где ИКТ интенсивно используются⁷³.

Кроме того, многие другие области инноваций обещают стать катализаторами роста в будущем. К ним относятся три направления, которым посвящена 3-я глава настоящего доклада: трехмерная печать, нанотехнологии и робототехника, а также генная инженерия, новые материалы и различные виды возобновляемой энергии. Благодаря новым технологиям также сильно усовершенствовались инструменты исследования, определяющие процесс научных открытий. В частности, такие основанные на ИКТ методы, как анализ больших данных и комплексное моделирование, открыли новые возможности для прогресса исследований во многих областях техники. С точки зрения оптимистов, взаимодействие между наукой и технологией порождает самоусиливающуюся динамику, которая представляется бесконечной⁷⁴.

Несколько иным аргументом из лагеря оптимистов — отчасти объясняющим, как будет показано ниже, слабый рост производительности в последние годы — является утверждение о том, что сегодняшняя концепция измерения ВВП не позволяет реально учитывать влияние новых технологий. Этот довод принимает две разные формы. Согласно первой, статистические инструменты становятся всё более неэффективными для учета качественных улучшений и новых видов продукции (см. вставку 1.1)⁷⁵. Вторая версия сводится к тому, что сама концепция ВВП плохо приспособлена для учета роста общественных благ, связанного с современными инновациями. В частности, многие из новых технологий требуют больших затрат для разработки, но едва появившись, они становятся относительно недорогостоящими для производства и даже могут бесплатно копироваться. Таким образом, они мало влияют на национальный продукт, но несоразмерно повышают качество жизни⁷⁶.

71. См. [David, 1990].

72. Из-за того, что исторически в секторе услуг производительность повышалась медленнее, чем в промышленном производстве, А. Мэддисон [Maddison, 1997] охарактеризовал растущую долю услуг в экономике как «значительный структурный фактор сдерживания».

73. См. [Jorgenson, Timmer, 2011]. Изучив более общую картину, Дж. Трипплетт и Б. Босуорт [Triplett, Bosworth, 2003] пришли к выводу о том, что с 1995 г. производительность труда в сервисном секторе США растет такими же темпами, что и во всей экономике.

74. См. [Mokyr, 2014].

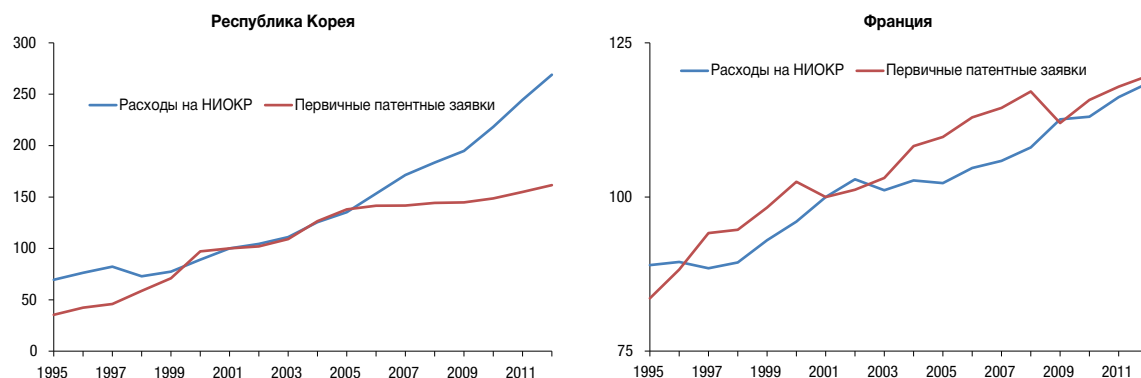
75. Р. Макгакин и К. Стироу [McGuckin, Stiroh, 2001] пришли к выводу о том, что проблемы измерения в различных отраслях услуг, в которых активно используются ИКТ (таких как финансы, деловые услуги и оптовая торговля), повлекли за собой заметное занижение оценок темпов повышения производительности в США.

76. См. [Mokyr, 2014; Glaeser, 2014].

Рис. 1.9. Эффективность инновационной деятельности характеризуется смешанными тенденциями

Расходы на НИОКР и подача первых патентных заявок, индекс (2001 г. = 100), 1995–2012 гг.





Примечания: Расходы на НИОКР выражены в постоянных долларах 2005 г. Совокупные мировые расходы на НИОКР включают группу из 33 стран, для которых имеются данные за большинство лет. В эту группу входят все крупные страны ОЭСР, а также Китай и Россия. Некоторые значения экстраполированы.

Источник: база статистических данных ОЭСР и ВОИС.

Доводы пессимистов

Доводы пессимистов начинаются с сомнений в том, что рыночные силы справятся с ликвидацией оставленных финансовым кризисом разрывов между фактическими и потенциальными объемами производства. Продолжительность экономического спада и сохранение безработицы во многих развитых странах наводит на мысль о неких фундаментальных изменениях. Эти сомнения породили теории о так называемой «вековой стагнации» (термин введен экономистом Лоуренсом Саммерсом в 2013 г.)⁷⁷. Техническое определение вековой стагнации заключается в том, что сравнять сбережения и инвестиции с полной занятостью можно лишь введением отрицательных реальных процентных ставок. При наличии низкой инфляции и установленной нулевой нижней границы процентных ставок сохраняется спад производства, приводящий к слабым темпам роста — явлению, также называемому «новая посредственность»⁷⁸.

Среди макроэкономистов ведется много дебатов о подоплеке «вековой стагнации». Среди возможных причин называют демографические сдвиги и изменения в структуре финансовых рынков. Любопытно, что среди объясняющих факторов экономисты также упоминают технологии, утверждая, что последняя волна инноваций в сфере ИКТ потребовала относительно небольших инвестиций⁷⁹.

Собственно, высказывая опасения насчет вековой стагнации, экономисты не оспаривают благоприятный потенциал инноваций для будущего роста. Тем не менее, сохранение разрывов между фактическим и потенциальным объемом производства может негативно отразиться на тех каналах связи, по которым инновации сообщают рост экономике. В частности, из-за слабости общего спроса предприятия могут сторониться инвестиционных возможностей, создаваемых новыми технологиями, из-за длительных периодов безработицы трудящиеся могут терять квалификации или не приобретать новых, а снижение темпов создания новых и расширения старых предприятий может замедлять структурную трансформацию экономики.

Независимо от опасений по поводу вековой стагнации, в лагере пессимистов также озвучиваются принципиальные сомнения в способности инноваций обуславливать будущий рост. Одним из оснований для таких сомнений является замедление роста совокупной производительности факторов производства, наблюдавшееся задолго до наступления кризиса. Главным образом, это заметно по экономике США, где рост TFP заметно ускорился в период с 1995 по 2003 гг., что в основном объяснялось влиянием ИКТ (см. вставку 1.2), однако с тех пор значительно снизился⁸⁰. В целом, как подтверждает анализ Международного валютного фонда (МВФ), потенциальный объем производства начал сокращаться в начале 2000-х годов во всех развитых экономиках, что главным образом связано со снижением темпов роста TFP⁸¹.

77. См. [Summers, 2014].

78. Автором термина «новая посредственность» считается директор-распорядитель МВФ Кристин Лагард: см. www.imf.org/external/np/speeches/2014/100214.htm.

79. Сжатое изложение всех доводов содержится в сборнике статей под редакцией К. Тейлингса и Р. Болдуина [Teulings, Baldwin, 2014].

80. См. [Fernald, 2014].

81. См. [IMF, 2015].

Может быть, потенциал ИКТ как фактора роста уже по большей части исчерпан и при отсутствии на горизонте других инноваций сопоставимой значимости таких впечатляющих темпов роста больше не будет? Именно такую точку зрения обосновал в своей нашумевшей статье экономист Роберт Гордон⁸². Он утверждает, что ИКТ прошли путь внедрения и усовершенствования быстрее, чем предыдущие технологии общего назначения, причем их основные положительные эффекты для производительности, такие как замена человека компьютером при выполнении утомительных и монотонных канцелярских задач, проявились уже в 1970-е и 1980-е годы. Более поздние инновации в сфере ИКТ сводились к развлекательно-коммуникационным устройствам, которые стали меньше и функциональнее, но уже не влияют радикально на производительность в экономике.

Вообще, по мнению Гордона, повторить достижения прошлых инноваций вряд ли удастся. Например, грандиозное увеличение скорости передвижения, продолжительности жизни и возможностей дальней связи могли произойти только однажды, и на этом фоне никакие дальнейшие успехи уже не кажутся значительными. Еще меньше инновации могут повысить долю работающих в общей численности взрослого населения. Скорее наоборот: демографические изменения в развитых странах будут приводить к снижению уровня участия в рабочей силе.

Кроме того, можно поставить под вопрос и эффективность инновационной деятельности в будущем. Расширение границ знаний становится всё более трудным занятием по мере срывания «низко висящих плодов». Помимо реальных расходов на НИОКР, на рисунке 1.9 показаны тенденции в количестве впервые поданных патентных заявок — показателя, наиболее близкого к понятию «уникального изобретения». Начиная с середины 2000-х годов во всех странах, кроме Китая, вложения в НИОКР росли быстрее, чем число первых патентных заявок, т. е. эффективность НИОКР падала. Из этих тенденций не следует делать далеко идущих выводов, поскольку динамика патентных заявок может отражать изменения в стратегии патентования. Однако в отличие от 1980-х и второй половины 1990-х годов динамика патентования не свидетельствует о росте эффективности исследовательско-конструкторской работы⁸³.

Что же касается утверждения о том, что статистика ВВП неспособна учитывать действительное влияние инноваций, то ему трудно дать оценку. После того, как начали применяться гедонистические и другие методы, в тех странах, где статистические бюро способны ими пользоваться, расчет ВВП стал точнее (см. вставку 1.1). С этой точки зрения, качество сегодняшней статистики должно быть выше, чем десятилетия назад. То, что статистика ВВП не учитывает всех общественных благ, принесенных инновациями, — несомненная правда, но главный вопрос заключается в том, стала ли проблема недооценки серьезнее, чем она была в прошлом. Убедительных свидетельств, позволяющих ответить на него положительно, у нас нет и может никогда не появиться⁸⁴.

82. См. [Gordon, 2012].

83. Более детальное обсуждение долгосрочных тенденций в количестве подаваемых патентных заявок см. в работе К. Финка и соавторов [Fink *et al.*, 2015]. В ней одним из значимых изменений в патентных стратегиях названа интернационализация патентной деятельности.

84. См. [DeLong, 1998].

Список литературы

- Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., & Howitt, P. (2005). Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship. *Quarterly Journal of Economics*, 120(2), 701-728.
- Aghion, P. & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Arora, A., Athreye, S., & Huang, C. (2013). Innovation, Patenting and Licensing in the UK: Evidence from the SIPU Survey. Research commissioned by the UK Intellectual Property Office.
- Arrow, K.J. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In R.R. Nelson (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors* (pp. 609-626). Princeton: Princeton University Press.
- Baumol, W.J. (1967). Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crises. *American Economic Review*, 57(3), 415-26.
- Baumol, W.J., Blackman, S.A.B., & Wolff, E.N. (1985). Unbalanced Growth Revisited: Asymptotic Stagnancy and New Evidence. *American Economic Review*, 75(4), 806-817.
- Bairoch, P. & Goertz, G. (1986). Factors of Urbanisation in the Nineteenth Century Developed Countries: A Descriptive and Econometric Analysis. *Urban Studies*, 23(4), 285-305.
- Bolt, J. & van Zanden, J.L. (2014). The Maddison Project: Collaborative Research on Historical National Accounts. *The Economic History Review*, 67(3), 627-651.
- Bresnahan, T. & Trajtenberg, M. (1995). General Purpose Technologies: Engines of Growth? *Journal of Econometrics*, 65(1), 83-108.
- Broadberry, S.N., Campbell, B., Klein, A., Overton, M., & van Leeuwen, B. (2011). British Economic Growth, 1270-1870. *School of Economics Discussion Paper No. 1203, University of Kent*.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York, NY: W.W. Norton & Company.
- Caenegem, W.v. (2013). Employee Know-How, Non-compete Clauses and Job Mobility across Civil and Common Law Systems. *International Journal of Comparative Labour Law and Industrial Relations*, (29)2, 219-238.
- Chen, S. & Ravallion, M. (2004). How Did the World's Poorest Fare since the Early 1980s? *The World Bank's Research Observer*, 19(2), 141-170.
- Comin, D. & Mestieri, M. (2013). If Technology Has Arrived Everywhere, Why has Income Diverged? *National Bureau of Economic Research Working Paper, No. 19010*.
- Corrado, C., Haskel, J., Jona-Lasinio, C. & Iommi, M. (2012). Intangible Capital and Growth in Advanced Economies: Measurement Methods and Comparative Results. Working Paper, available at www.intan-invest.net.
- Coyle, D. (2014). *GDP: A Brief But Affectionate History*. Princeton: Princeton University Press.
- Crafts, N. (2004). Steam as a General Purpose Technology: a Growth Accounting Perspective. *The Economic Journal*, 114(495), 338-351.
- Crafts, N. & Mills, T.C. (2004). Was 19th Century British Growth Steam-Powered? The Climacteric Revisited. *Explorations in Economic History*, 41(2), 156-171.
- David, P. (1990). The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox. *American Economic Review, AEA Papers and Proceedings*, 80(2), 355-361.
- DeLong, J.B. (1998). How Fast is Modern Economic Growth? *Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Letter*, 1998-31.
- Eaton, J. & Kortum, S. (1994). International Patenting and Technology Diffusion. *National Bureau of Economic Research Working Paper, No. 4931*.
- Fagerberg, J. & Godinho, M.M. (2004). Innovation and Catching-Up. In J. Fagerberg, D.C. Mowery, & R.R. Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 514-542). Oxford: Oxford University Press.
- Fernald, J. (2014). Productivity and Potential Output Before, During, and After the Great Recession. *National Bureau of Economic Research Working Paper, No. 20248*.
- Fink, C., Khan, M. & Zhou, H. (2015). Exploring the Worldwide Patent Surge. *Economics of Innovation and Technology*, (forthcoming).
- Gans, J.S., Hsu, D.H. & Stern, S. (2008). The Impact of Uncertain Intellectual Property Rights on the Market for Ideas: Evidence from Patent Grant Delays. *Management Science*, 54 (5), 982-997.
- Gilson, R. J. (1999). The Legal Infrastructure of High Technology Industrial Districts: Silicon Valley, Route 128, and Covenants not to Compete. *New York University Law Review*, 74(4), 575-629.
- Glaeser, E.L. (2014). Secular joblessness. In C. Teulings & R. Baldwin (Eds.), *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures* (pp. 69-80). London: CEPR Press.
- Goodridge, P., Haskel, J. & Wallis, G. (2014). Estimating UK Investment in Intangible Assets and Intellectual Property Rights. Research commissioned by the UK Intellectual Property Office.
- Gordon, R.J. (2000). Does the "New Economy" Measure Up to the Great Inventions of the Past? *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 49-74.
- Gordon, R.J. (2012). Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds. *National Bureau of Economic Research Working Paper, No. 18315*.
- Graham, S.J.H., Merges, R.P., Samuelson, P., & Sichelman, T. (2009). Entrepreneurs and the Patent System. *Berkeley Technology Law Journal*, 24(4), 1258-1328.
- Grossman, G.M. & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press.
- Hulten, C.R. (2003). Price Hedonics: A Critical Review. *Economic Policy Review*, 9(3), 5-15.
- IMF. (2015). *World Economic Outlook April 2015*. Washington, DC: IMF.

- Jorgenson, D.W. & Timmer, M.P. (2011). Structural Change in Advanced Nations: A New Set of Stylised Facts. *Scandinavian Journal of Economics*, 113(1), 1-29.
- Kenny, C. (2011). *Getting Better: Why Global Development Is Succeeding – And How We Can Improve the World Even More*. New York, NY: Basic Books.
- Keynes, J.M. (1931). Economic Possibilities for Our Grandchildren. In J.M. Keynes (Ed.), *Essays in Persuasion* (pp. 358-374). London: The MacMillan Press.
- Koo, R.C. (2014). Balance Sheet Recession Is the Reason for Secular Stagnation. In C. Teulings & R. Baldwin (Eds.), *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures* (pp. 131-141). London: CEPR Press.
- Kuznets, S. (1966). *Modern Economic Growth: Rate, Structure, and Speed*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Landefeld, J.S. & Parker, R.P. (1997). BEA's Chain Index, Time Series, and Measures of Long-Term Economic Growth. *Survey of Current Business*, 77(5), 58-68.
- Landefeld, J.S. & Grimm, B.T. (2000). A Note on the Impact of Hedonics and Computers on Real GDP. *Survey of Current Business*, 82(12), 17-22.
- Lakner, C. & Milanovic, B. (2013). Global Income Distribution: from the Fall of the Berlin Wall to the Great Recession. *World Bank Policy Research Working Paper*, 6719.
- Lo, S. & Rogoff, K. (2015). Secular Stagnation, Debt Overhang and Other Rationales for Sluggish Growth, Six Years On. *Bank for International Settlements Working Paper*, No. 482.
- Maddison, A. (1997). Causal Influences on Productivity Performance 1820-1992: A Global Perspective. *Journal of Productivity Analysis*, 8(4), 325-359.
- Maddison, A. (2001). *The World Economy: A Millennial Perspective*. Paris: Development Centre of the OECD.
- Mankiw, N.G., Romer, D. & Weil, D.N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437.
- Marx, M., Strumsky, C., & Flemming, L. (2009). Mobility, Skills, and the Michigan Non-Compete Experiment. *Management Science*, 55(6), 875-889.
- McGuckin, R.H. & Stiroh, K.J. (2001). Do Computers Make Output Harder to Measure? *The Journal of Technology Transfer*, 26(4), 295-321.
- Mokyr, J. (2014). Secular Stagnation? Not in Your Life. In C. Teulings & R. Baldwin (Eds.), *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures* (pp. 83-89). London: CEPR Press.
- Nelson, R.R. & Pack, H. (1999). The Asian Miracle and Modern Growth Theory. *The Economic Journal*, 109(457), 416-436.
- Nelson, R.R. & Winter, S.G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- OECD. (2001). *Measuring Productivity*. Paris: OECD.
- OECD. (2013). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013*. Paris: OECD.
- O'Brien, P. (1977). *The New Economic History of Railways*. New York, NY: Routledge.
- Oliner, S.D. & Sichel, D.E. (2003). Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going? *Journal of Policy Modeling*, 25(5), 477-503.
- Pinkovskiy, M. (2013). World Welfare is Rising: Estimation Using Nonparametric Bounds on Welfare Measures. *Journal of Public Economics*, 97, 176-195.
- Pinkovskiy, M. & Sala-i-Martin, X. (2009). Parametric Estimations of the World Distribution of Income. *National Bureau of Economic Research Working Paper*, No. 15433.
- Pritchett, L. (1997). Divergence, Big Time. *Journal of Economic Perspectives*, 11(3), 3-17.
- Romer, P.M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P.M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Roser, M. (2015). Life Expectancy. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved September 22, 2015, from <http://ourworldindata.org/data/population-growth-vital-statistics/life-expectancy>.
- Sala-i-Martin, X. (2006). The World Distribution of Income: Falling Poverty and... Convergence, Period. *Quarterly Journal of Economics*, 121(2), 351-397.
- Samuelson, P. (1978). The Canonical Classical Model of Political Economy. *Journal of Economic Literature*, 16(4), 1415-1434.
- Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York, Toronto, London: McGraw-Hill Book Company.
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: W. Strahan and T. Cadell.
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Stiroh, K.J. (2002). Information Technology and the U.S. Productivity Revival: What Do Industry Data Say? *American Economic Review*, 92(5), 1559-1576.
- Summers, L.H. (2014). Reflections on the 'New Secular Stagnation Hypothesis'. In C. Teulings & R. Baldwin (Eds.), *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures* (pp. 27-38). London: CEPR Press.
- Teulings, C. & Baldwin, R. (2014). *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures*. London: CEPR Press.
- Triplet, J.E. & Bosworth, B.P. (2003). Productivity Measurement Issues in Services Industries: Baumol's Disease Has Been Cured. *Economic Policy Review*, 9(3), 23-33.

United Nations. (2009). *System of National Accounts 2008*. New York, NY: United Nations.

US Bureau of the Census. (1975). *Historical Statistics of the United States*, Bicentennial Edition, Part 2. Washington, DC: US Bureau of the Census.

Verspagen, B. (2004). Innovation and Economic Growth. In J. Fagerberg, D.C. Mowery, & R.R. Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 487-513), Oxford: Oxford University Press.

Watson, C. (1993). Trends in World Urbanization. In K.B. Willey & W.H. Robinson (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on Urban Pests*. Cambridge, England.

WIPO. (2011). *World Intellectual Property Report 2011: The Changing Face of Innovation*. Geneva: World Intellectual Property Organization.

WIPO. (2013). *World Intellectual Property Report 2013: Brands – Reputation and Image in the Global Marketplace*. Geneva: World Intellectual Property Organization.

Young, A. (1995). The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(3), 641-680.

Young, A. (2003). Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period. *Journal of Political Economy*, 111(6), 1220-1261.

Глава 2

Революционные инновации в истории

В первой части доклада рассказывалось о том, как важны революционные инновации для обеспечения роста в долгосрочной перспективе. Как упоминалось в главе 1, согласно последним экономическим исследованиям такие революционные инновации связаны с технологиями общего назначения (GPT), т. е. технологиями, которые имеют множество различных применений в самых разных областях. Однако по поводу того, какие именно технологии относятся к категории GPT (а у нее существует несколько официальных определений), единого мнения нет¹. Несмотря на отсутствие точного определения, изучение конкретных революционных инноваций и их влияния на рост представляется перспективным. Разнообразие условий, благоприятных для развития инноваций, каналов, посредством которых новые технологии влияют на экономическую деятельность, и меняющийся характер технологий — все это нередко мешает сформулировать общие выводы относительно того, почему появляются инновации, как они способствуют экономическому росту и какая политика в наибольшей степени способствует созданию инноваций.

Поэтому во второй части доклада более подробно рассматривается взаимосвязь между инновациями, интеллектуальной собственностью (ИС) и темпами роста на примере различных революционных изобретений. В частности, в этой главе подробно описаны три крупнейшие инновации в истории: самолеты, антибиотики и полупроводники, а в третьей главе рассматриваются три инновации, обладающие значительным потенциалом.

Самолеты, антибиотики и полупроводники были выбраны в качестве исторических примеров в некоторой степени произвольно. Но они, несомненно, являются крупнейшими инновациями как с точки зрения своего технологического вклада, так и с точки зрения масштабов экономического воздействия. Они входят во множество перечней и научных описаний наиболее важных инноваций XX века². Кроме того, они показывают, в насколько разных условиях могут появляться инновации и насколько различных технологических областей они могут касаться. В целом, самолеты — это продукт, основанный на целом комплексе инженерных технологий, антибиотики представляют собой класс товаров, возникший на основе узкого круга научных открытий, а полупроводники — это ключевая технология, нашедшая свое применение во множестве продуктов, связанных с информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ).

Эти три примера проанализированы в разделах 2.1 (самолеты), 2.2 (антибиотики) и 2.3 (полупроводники). Они рассмотрены в соответствии с концептуальным планом, предложенным в первой главе. Описание каждого примера разделено на три части. В первой части рассматриваются исторические предпосылки инновации, ее путь от создания до широкой коммерциализации и то, как эта инновация изменила экономическую деятельность и стимулировала рост. Во второй части рассматривается экосистема, которая способствовала появлению инновации: кем были ключевые субъекты, осуществившие инновацию, как они были связаны друг с другом и как государственная политика влияла на инновационное развитие. В третьей части рассматривается роль системы ИС. В частности, рассматривается вопрос о том, как различные права ИС способствовали обеспечению доходности инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) и как они помогали развитию рынков технологий и распространению новых технологий. Кроме того, проанализировано то, как система ИС адаптировалась к меняющемуся характеру технологий и к меняющимся потребностям рынка.

Наконец, в разделе 2.4 кратко изложены основные выводы, сделанные на основе рассмотрения этих трех исторических примеров, что создает основу для сравнения с современными революционными инновациями, о которых рассказывается в третьей главе.

1. Более подробно последние дискуссии по этому вопросу описаны в Ristuccia and Solomou (2014).
2. См., например, популярный перечень самых известных инноваций, составленный журналом "The Atlantic". www.theatlantic.com/magazine/archive/2013/11/innovations-list/309536

2.1 Самолеты

«Изобрести самолет — это ничто.
Построить самолет — уже что-то.
Но летать на нем — вот это все».

Отто Лилиенталь,
немецкий пионер авиации

Самолет был создан в начале XX в., опровергнув предсказания XIX в. по поводу того, что «создать летательный аппарат тяжелее воздуха невозможно»³. К концу XX в. полеты стали относительно обыденной вещью, а воздушный транспорт совершил революцию в глобальной торговле. И тогда мир стал меньше. История воздухоплавания удивительно богата: в ней были и изобретатели-герои, пожертвовавшие своей жизнью ради славы, и блестящие инженерные успехи, достигнутые путем проб и ошибок, а также применения последних достижений науки⁴.

2.1.1 Создание пассажирского самолета и его экономическая роль

В начале XX в. американские изобретатели Орвилл и Уилбур Райт разработали конструкцию самолета, предусматривавшую перекашивание крыльев и наличие руля, что позволяло обеспечивать поперечную устойчивость. 23 марта 1903 г. в США они подали патентную заявку на это изобретение⁵. Поперечная устойчивость, обеспечиваемая комбинацией крыла и руля, стала важным прорывом в первые годы самолетостроения. Она позволила самолету братьев Райт под названием «Флайер» подняться с ровной поверхности и пролететь 59 секунд на высоте более 260 м. Предположительно, «Флайер» стал первым успешным летательным аппаратом тяжелее воздуха⁶. К 1905 г. был создан «Флайер-III», который представлял собой значительно улучшенную версию более ранних аппаратов. Он мог летать кругами и легко поворачивать, а также совершать полеты длительностью более 30 минут⁷.

Когда Уилбур Райт продемонстрировал «Флайер-III» в 1908 г., уже существовали конкурирующие модели. Бразилец Альберто Сантос-Дюмон (1906) и французы Габриэль Вуазен (1907), Анри Фарман (1909) и Луи Блерио (1909) были среди тех, кто создал успешные модели самолетов, которые обладали разными возможностями с точки зрения скорости, дальности полета и надежности конструкции⁸.

Но первые модели самолетов, подобные модели братьев Райт, были абсолютно непригодны для пассажирских перевозок. Они были небольшими аппаратами с одним поршневым двигателем мощностью 25–100 лошадиных сил. Они летали со скоростью около 40 миль в час, а максимальная продолжительность полета составляла 2–3 часа. В самолете могло находиться только два человека⁹.

После изобретения братьев Райт прошло почти десять лет, прежде чем самолет стал рассматриваться как разумное альтернативное средство передвижения.

Применение научных знаний в сфере авиации

Братья Райт и их современники поднимались в воздух, не понимая стоящих за этим процессом научных принципов.

Второй прорыв в самолетостроении произошел тогда, когда наука смогла объяснить, каким образом аппараты тяжелее воздуха могут подниматься в воздух. В частности, математические и физические открытия помогли понять, как воздух циркулирует вокруг аэродинамической поверхности, а также дали возможность объяснить и оценить то, как воздух влияет на подъемную силу и сопротивление самолета¹⁰.

3. Эту цитату 1895 г. приписывают шотландскому математику и физику Уильяму Томсону, лорду Кельвину.
4. В основе этого раздела лежат работы Mowery (2015) и Budrass (2015).
5. Патент US 821 393, который часто называют "номер 393"; заявка на него была подана 23 марта 1903 г., а патент был выдан 22 мая 1906 г.
6. В первые годы развития авиации самолет был одной из нескольких возможных альтернатив для полетов по воздуху. Еще одним известным вариантом был дирижабль — летательный аппарат легче воздуха, который также управлялся и приводился в движение с помощью механизма.
7. Gibbs-Smith (2003).

8. В 1906 г. самолет 14-bis Альберто Сантос-Дюмона стал первым аппаратом тяжелее воздуха, который был оснащен двигателем и мог совершить полет. Этот факт был подтвержден Aéro Club de France и Fédération Aéronautique International. Результатом сотрудничества между Анри Фарманом и Габриэлем Вуазеном стал самолет Фармана-Вуазен, который выиграл приз Aéro Club de France в 1907 г. за совершение первого полета на высоте 150 м. на расстояние 771 м.
9. Brooks (1967).
10. Вильгельм Кутта, математик из Мюнхенского университета, и Николай Жуковский, русский специалист по аэродинамике, по отдельности сформулировали одну и ту же теорему о циркуляции воздуха вокруг аэродинамической поверхности: Кутта сделал это в период 1902–1911 гг., а Жуковский — в период 1902–1909 гг. В 1904 г. Людвиг Прандтль, физик из Геттингенского университета, опубликовал объяснение происхождения вихрей в движущихся жидкостях.

Хуго Юнкерс, профессор термодинамики из Германии, применил на практике эту теорию и изобрел свободнонесущее толстое крыло, патентную заявку на которое он подал в 1910 г. в Патентном ведомстве Германии и в 1911 г. — в Ведомстве США по патентам и товарным знакам (ВПТЗ США)¹¹. В отличие от тонких крыльев более ранних самолетов, которые поддерживались распорками и расчалочными тросами, толстое крыло делало прочнее структуру самолета благодаря конструкции крыльев и фюзеляжа. В целях усовершенствования конструкции летательного аппарата Юнкерс заменил такие стандартные материалы, как фанера, ткань и древесина хвойных деревьев, на дюралюминий — высокопрочный алюминиевый сплав. В 1915 г. он создал первый полностью металлический самолет, но, судя по всему, он использовать его было невозможно¹². Юнкерс продолжил работу над этой конструкцией и в 1917 г. построил первый полностью металлический военный самолет — «Ю-7/9». На основе конструкции этого военного самолета в 1919 г. он представил первый полностью металлический небольшой пассажирский самолет «Ю-13».

Понимание теории аэродинамики и особенностей проектирования самолетов помогло улучшить их конструкцию и функциональные характеристики. Среди множества улучшений можно выделить следующие (см. также таблицу 2.1):

- создание однолонжеронного крыла и конструкции с несущей оболочкой, благодаря чему вес конструкции самолета стали нести его крылья и оболочка фюзеляжа (Адольф Рорбах, 1918 г.; улучшено Гербертом Вагнером, 1925 г.);
- добавление крыльевых закрылков, чтобы избежать сваливания в воздухе (изобретено независимо Германом Густавом Лахманном и британской фирмой Handley Page, пригл. в 1923 г.);
- разработка формы аэродинамически совершенного самолета, которая позволила оптимизировать подъем самолета и минимизировать сопротивление (Беннетт Мелвилл Джонс, 1927 г.);
- создание убирающегося взлетно-посадочного шасси, что стало возможно благодаря уменьшению размера балок и лонжеронов в крыле самолета и модификации конструкции с несущей оболочкой;
- создание капота звездообразного двигателя, что дало возможность охлаждать двигатель при сохранении конструкции самолета (Фред Вейк из Национального консультативного комитета по авиации (НАСА), на основе предположений Хьюберта Тауненда 1928 г.).

К 1930-м гг. большинство самолетов представляли собой полностью металлические монопланы, конструкция которых была создана с использованием ключевых инноваций, перечисленных выше. Повышение стабильности самолета благодаря изменению толщины крыла, полностью металлическая конструкция и конструкция корпуса с несущей оболочкой — все это давало дополнительное внутреннее пространство для размещения пассажиров и груза, моторов, резервуаров и инструментов. Эти изменения были отражены в конструкции таких пассажирских самолетов, как «Боинг 247», модели «Дуглас» от «ДС-1» до «ДС-3» и «Локхид»

Не менее важно, что эти самолеты были надежнее и долговечнее своих предшественников.

Следующий важный этап в самолетостроении был связан с внедрением реактивного двигателя. Реактивный двигатель был задуман еще в начале XX в., но практически возможным его применение становилось по мере постепенного развития теорий аэродинамики и их применения в конструкции каркаса самолета. Сначала в использовании реактивного двигателя не было настоящей потребности, поскольку поршневые двигатели достаточно эффективно обеспечивали функционирование использующихся самолетов. Кроме того, чтобы использовать технологию реактивного двигателя в самолетах, требовалось обеспечить необходимый уровень ее эффективности, а это стало возможно только после разработки дальнейших улучшений (таких как высокооборотные турбины и компрессоры для турбореактивных двигателей) и изобретения стреловидных крыльев. В-третьих, начало использования турбореактивного двигателя при проектировании пассажирских самолетов было обусловлено двумя новыми факторами: спросом на большую пассажирскую загрузку и внедрением новой конструкции корпуса самолета, которая позволяла разместить несколько реактивных двигателей. Первый пассажирский самолет с реактивным двигателем («Комета» компании de Havilland) был создан только в 1952 г.

К началу 1970-х гг. началось производство широкофюзеляжных самолетов, таких как «Боинг 747», «Макдоннелл Дуглас ДС-10» и «Локхид Л-1011». Такие самолеты были гораздо эффективнее. В частности, по сравнению с самолетами с турбовентиляторными двигателями они отличались значительно большей пассажироместимостью и беспрецедентно высокой реальной эффективностью.

11. Патентная заявка DE 253 788 была подана 1 февраля 1910 г. в Патентном ведомстве Германии, а патентная заявка US 1 114 364 была подана 26 января 1911 г. в ВПТЗ США.
12. Немецкие власти утверждали, что «Ю-1» был слишком тяжелым (Gibbs-Smith, 2003).

Таблица 2.1. Некоторые крупные деятели в сфере авиации, 1850–1935 гг.

Год	Изобретатель/Экспериментатор	Страна	Описание
Пионеры авиации*			
1866	Фрэнсис Уэнем	Великобритания	Выдвинул идею использования в летательных аппаратах расположенных друг над другом крыльев. Эта идея была запатентована в 1866 г. В своей работе «Передвижение по воздуху», которая была опубликована в 1890 г., он подчеркивал значимость многопланов с большим удлинением крыла. Эта конструкция стала основой для бипланов, трипланов и многопланов.
1870-е	Альфонс Пено	Франция	Первым спроектировал модель самолета с неподвижным крылом, которая была относительно стабильна. Это была модель, в качестве двигателя в которой использовалась закрученная резиновая полоса, с крыльями с поперечным V и наклонным рулем высоты. Кроме того, он спроектировал полномасштабный летальный аппарат с системой управления.
1890-е	Отто Лилиенталь	Германия	Проводил и фиксировал испытания планеров в полевых условиях. Его демонстрации вдохновили многих к совершению полетов.
1890-е	Лоренс Харгрейв	Австралия	Первым использовал конструкцию, аналогичную воздушному змею, для повышения устойчивости летательного аппарата. В 1893 г. представил свои выводы на Международной конференции по воздушной навигации в Чикаго, США.
1890	Клеман Адер	Франция	Самостоятельно взлетел на летательном аппарате «Эол» с паровым двигателем и пролетел приблизительно 50 метров. Таким образом совершил первый самостоятельный взлет, однако в воздухе самолет не поддавался управлению.
1903	Орвилл и Уилбур Райт	США	Разработали конструкцию, предусматривающую закручивание крыла и наличие рулей, благодаря чему обеспечивалась поперечная стабилизация летательного аппарата. Подали патентную заявку в 1903 г., получили патент в 1906 г.
Теории аэродинамики и их применение к конструкции корпуса летательного аппарата			
1904	Людвиг Прандтль	Германия	Теоретически обосновал образование вихрей в движущихся жидкостях. В 1917 г. эта работа наряду с теоремой Кутты-Жуковского была положена в основу теории аэродинамического профиля. Позднее она была уточнена его коллегами Альбертом Бетцем и Максом Мунком.
1910	Хуго Юнкерс	Германия	В 1910 г. подал патентную заявку на «свободнонесущую конструкцию крыла».
1911	Теодор фон Карман	Венгрия	Его теорема вихревой дорожки позволила объяснить, почему поток воздуха отделяется от крыла под большим углом атаки. Объяснил причины сваливания самолетов.
1913	Арман Депердюзсен	Бельгия	Получил патент на первый вариант конструкции фюзеляжа с работающей обшивкой (монокока).
1918	Адольф Рорбах	Германия	Применил в разработанном им проекте четырехмоторного пассажирского самолета «Штаакен E.4/20» конструкцию с несущей обшивкой.
1925	Герберт Вагнер	Германия	Коллега Адольфа Рорбаха. Разработал теоретическую основу полей диагонального растяжения для расчета конструкции несущей обшивки. Благодаря его исследованиям были усовершенствованы свойства несущих обшивок фюзеляжа и крыльев самолетов.
1927	Беннетт М. Джонс	США	Разработал аэродинамически совершенный самолет, вес которого приходился не только на крылья, а был распределен по всей конструкции. Аэродинамическая оптимизация фюзеляжа снизила сопротивление воздуха и расход топлива самолета. Эта концепция создала предпосылки для появления рентабельной гражданской авиации.
1928	Хьюберт Тауненд	Великобритания	Предложил устанавливать на радиальный мотор кольцевой обтекатель для гашения вихревых потоков из цилиндров.
Разработка реактивных двигателей			
1922	Максим Гийом	Франция	Получил первый патент на реактивный двигатель с турбокомпрессором.
1930	Фрэнк Уиттл	Великобритания	Получил патент на один из первых прототипов турбореактивного двигателя; в 1935 г. он не был продлен из-за отсутствия средств.
1932	Эрнст Хайнкель	Германия	Представил аэродинамически оптимизированный самолет «HE 70». Участвовал в проектировании авиадвигателя, а также финансировал работу фон Охайна по созданию реактивного двигателя.
1935	Ханс фон Охайн	Германия	Подав патентную заявку на разработанную им конструкцию реактивного двигателя. Оснащенный этим двигателем летательный аппарат стал первым действующим реактивным самолетом.

* Для изобретений первых изобретателей/экспериментаторов указаны приблизительные даты.
Источник: Crouch (2000), Gibbs-Smith (2003), Neilbron (2003), Meyer (2013), Budrass (2015) и Mowery (2015).

Рост зависимости от воздушного транспорта

Повышение надежности самолетов и их прочности способствовало становлению воздушного транспорта как приемлемого способа передвижения, который начал конкурировать с такими видами наземного транспорта, как железнодорожный и морской транспорт. Воздушный транспорт позволил сократить время перемещения на большие расстояния. К 1930 г. пассажиры могли перемещаться между такими европейскими городами, как Берлин, Лондон, Париж и Вена, и возвращаться обратно в тот же день. Это делало воздушный транспорт серьезным конкурентом железнодорожного транспорта.

Кроме того, создание реактивного двигателя и повышение объема возможной загрузки привело к значительному снижению затрат на эксплуатацию самолетов. Благодаря этому в 1958 г. появился «экономический» класс, и воздушные перевозки стали доступны для более широких слоев населения. В тот же год наблюдалось резкое снижение числа пассажиров, путешествующих через Северную Атлантику по морю¹³. В таблице 2.2 показан процесс повышения эффективности самолетов и рост возможностей по перевозке пассажиров у разных моделей самолетов и с течением времени.

Снижение издержек также способствовало росту доли товаров, перевозимых по воздуху: в период 1955–2004 гг. средняя прибыль на тонно-километр перевозимых товаров снизилась на 92 процента¹⁴.

13. ICAO (1960).
14. Hummels (2007).

Таблица 2.2. Повышение эффективности самолетов и рост пассажировместимости, 1936–1974 гг.

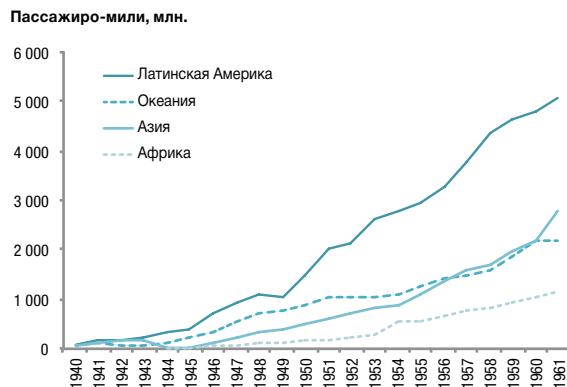
Тип самолета	Год ввода в эксплуатацию	Пассажирская загрузка	Средняя крейсерская скорость (миль/ч)	Результативность в час (загрузка/тонно-миль в час)	Количество выпущенных самолетов
Поршневой					
«Дуглас ДС-3»	1936	28	180	400	13,500
«Дуглас ДС-4»	1946*	40	205	1,000	2,300
«Боинг Стратокрузер»	1948	60	300	2,300	56
«Дуглас ДС-6В»	1951	66	315	1,950	362
«Локхид Л-1049 Супер Созвездие»	1951	80	310	2,800	286
«Дуглас ДС-7»	1956	112	335	2,700	338
Турбовинтовой					
«Виккерс Вискаунт 700»	1953	52	310	1,200	283
«Бристоль Бриттания 300»	1957	110	385	4,300	60
«Локхид Электра»	1959	85	405	3,200	174
Самолет с турбореактивным двигателем					
«Боинг 707»	1958	132	570	10,500	913
«Дуглас ДС-8»	1959	142	535	9,500	208*
«Сюд Авиасьон Каравелла»	1959	87	455	3,000	87*
«Боинг 747»	1969	340-493	595	30,000	1,235
«Аэробус А300В»	1974	245	552		

* касается только ранних моделей.

Источник: Staniland (2003).

Наконец, воздушные перевозки помогли обеспечить связь между отдаленными районами и городами. К 1930-м гг. в Канаде направление «север-юг» обслуживали небольшие частные авиалинии. Были регулярные рейсы, следовавшие из США, Франции и Германии в города Центральной и Южной Америки. Пассажиры из регионов за пределами Европы и США все чаще использовали самолеты как приемлемый вид транспорта (см. рисунок 2.1). Многие национальные авиакомпании европейских стран были основаны в 1920-е годы, и некоторые из них обеспечивали связь между городами европейских стран и их колониями в различных частях Азии, Ближнего Востока, Латинской Америки и Океании¹⁵.

Рисунок 2.1. Количество пассажиров в Латинской Америки, Азии, Африке и Океании, использующих воздушный транспорт, существенно увеличилось в период 1940–1961 гг.



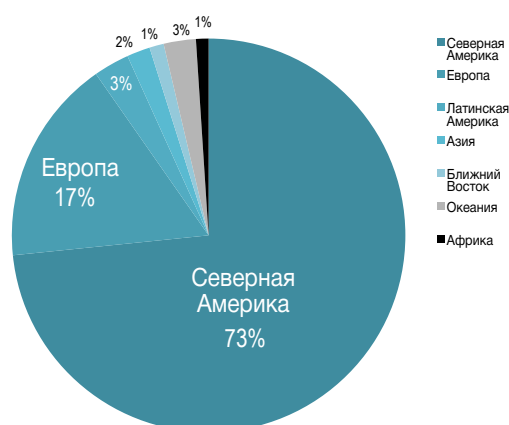
Источник: Davies (1964).

15. Brooks (1967).

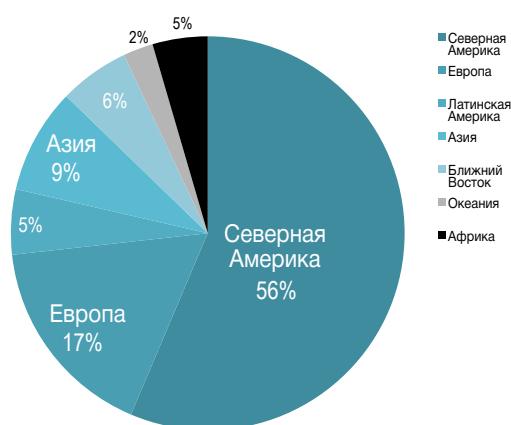
К середине 1970-х гг. страны за пределами США и Европы также покупали самолеты для собственных национальных авиакомпаний (см. рисунок 2.2 ниже).

Рисунок 2.2. Доля продаж самолета «Боинг» по регионам в 1968 г. и в 1978 г. (включая продажи компании McDonnell Douglas)

Совокупные поставки самолетов "Боинг", 1968 г.



Совокупные поставки самолетов "Боинг", 1978 г.



Источник: Boeing (2015).

Важная роль в обеспечении экономического роста

С момента своего создания самолеты оказывали значительное влияние на экономический рост.

Во-первых, важный вклад в экономический рост вносили крупные вложения капитала, которые были необходимы для создания национальной авиакомпании и строительства той инфраструктуры, которая требовалась для обеспечения воздушных перевозок, в частности работы аэропортовых комплексов, взлетно-посадочных полос, системы регулирования воздушного движения и деятельности связанных с ними служб. В исследовании, опубликованном в 2006 г. ИКАО, было подсчитано, что в 1998 г. размер непосредственного вклада гражданской авиации в мировую экономику составил 370 млрд. долл. США. Кроме того, в этой отрасли было создано приблизительно шесть миллионов рабочих мест¹⁶. По оценкам еще одного исследования, в 2004 г. в различных регионах на воздушный транспорт приходилось от 11,3 млрд. долл. США до 410 млрд. долл. США в валовом внутреннем продукте (ВВП)¹⁷.

Кроме того, инвестиции имеют мультипликационный эффект, стимулируя многие другие виды экономической деятельности, связанные с ростом. Аналогичный вывод содержится в докладе ИКАО: «В мировой экономике каждые 100 долл. США и каждые 100 рабочих мест, созданные отраслью воздушных перевозок, стимулируют дополнительный спрос в размере 325 долл. и способствуют созданию 610 рабочих мест в других отраслях»¹⁸.

Во-вторых, повышение надежности авиаперевозок, сокращение времени пребывания в пути и расходов — все это способствовало глобализации. И люди и товары могут преодолевать большее расстояние за более короткий срок, что упрощает трансграничное перемещение товаров и услуг. В период 1951–2004 гг. темпы роста объемов товаров, перевозимых по воздуху, росли в среднем на 11,7 процентов, тогда как тот же показатель для морских перевозок рос в среднем на 4,4 процента¹⁹. Кроме того, начался расцвет туризма²⁰.

Расширение использования воздушного транспорта, в свою очередь, способствовало реорганизации производственно-сбытовых цепочек и созданию новых бизнес-моделей, каждая из которых предполагала использование относительных сравнительных преимуществ той или иной страны.

16. ICAO (2006).

17. 11,3 млрд. долл. США (Африка), 148 млрд. долл. США (АТР), 274 млрд. долл. США (Европа), 20,6 млрд. долл. США (Латинская Америка и Карибский бассейн), 16,1 млрд. долл. США (Ближний Восток) и 410 млрд. долл. США (США) (ATAG, 2005). Более новые данные доступны за 2014 г. на сайте ATAG.

18. ICAO (2006).

19. Hummels (2007).

20. В 2004 г. 40 процентов туристов использовали воздушный транспорт.

2.1.2 Инновационная экосистема в сфере самолетостроения

Развитие авиации — от революционных изобретений братьев Райт, которым в 1903 г. удалось осуществить контролируемый и самостоятельный полет на самолете с двигателем в течение 56 сек, до создания надежного воздушного сообщения на большие расстояния в 1970-х гг. — это результат множества важных инноваций и усовершенствований в самых разных областях техники.

Эти инновации стали результатом взаимодействия множества элементов инновационной экосистемы, среди них — роль изобретателя, научных институтов и правительства, а также экономические условия создания инноваций.

На динамику создания инноваций в сфере самолетостроения повлияли три важных фактора. Во-первых, произошел ощутимый сдвиг во взаимодействии изобретателей: сначала попытки осуществить полет носили экспериментальный характер, но уже в конце 1910-х гг. появилась новая отрасль, которая занималась коммерческим производством и продажей летательных аппаратов и моторов для гражданского и военного применения. На стадии экспериментов изобретатели обменивались знаниями и сотрудничали друг с другом. Но по мере формирования авиационной промышленности активность такого сотрудничества начала снижаться.

Во-вторых, сложность авиационных инноваций росла по мере развития авиации от лишь экспериментального применения базовых принципов инженерной механики до активного использования научных знаний о циркуляции воздуха и, наконец, до современной оптимизации работы самолетов с помощью интеграции сложных подсистем, использующих принципы электроники, гидравлики и материаловедения. На каждом этапе развития авиации для создания успешного продукта требовались разные навыки и знания. Кроме того, по мере своего усложнения модели самолетов включали в себя все больше систем, что требовало увеличения объема инвестиций в инновации, а деятельность в этой области стала сопряжена со значительной степенью неопределенности. В частности, успех нового авиационного продукта стал зависеть от оптимизации проекта и возможности интеграции в него сложных систем. Но нередко сложно предсказать, как именно такие системы будут взаимодействовать друг с другом.

В-третьих, по мере появления перспективных сфер применения авиационных достижений (особенно в области национальной обороны) к самолетостроению начали проявлять интерес правительства.

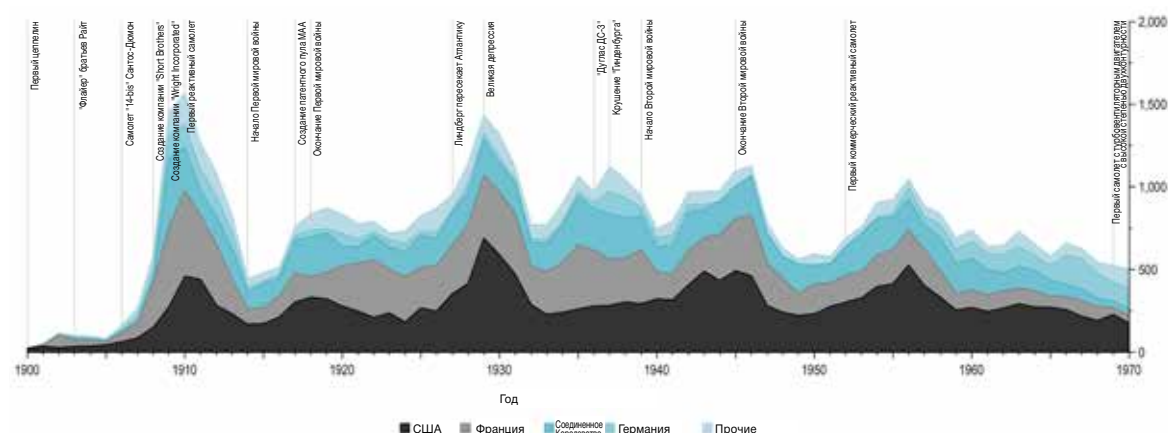
Несмотря на такие изменения в динамике инновационной экосистемы в авиационной области, один элемент оставался неизменным с 1900 г. по 1970 г.: основная доля инноваций в сфере авиации была сосредоточена в США и Европе (в частности во Франции, Германии и Соединенном Королевстве), хотя значимость исследований, проводимых в этих странах, менялась с течением времени. Динамика подачи патентных заявок в мире в этот период подтверждает такую тенденцию.

На рисунке 2.3 показано, где подавались первые патентные заявки в сфере авиации в период 1900–1970 гг. (по месту проживания первого заявителя). В 1910 г. и в 1929 г. число патентных заявок в мире достигало пиковых значений. При этом первая дата относится к тому периоду (1905–1910 гг.), когда были разработаны первые модели самолетов и продемонстрированы на выставках в странах Европы, а второй пик связан с вводом в эксплуатацию надежных моделей пассажирских самолетов, таких как «Дуглас ДС-3»²¹.

21. Как было отмечено выше, проекты самолетов 1930-х гг. содержали множество важных инноваций, которые позволили повысить эффективность и надежность самолетов.

Рисунок 2.3. В период 1900–1970 гг. патентные заявки в сфере авиации подавались в основном в США, Франции, Германии и Соединенном Королевстве.

Подача первых патентных заявок, по месту происхождения, 1900–1970 гг.



Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Изменение динамики сотрудничества

В первые годы развития авиации (примерно в 1890–1905 гг.) основную роль в создании инноваций в этой области играли отдельные лица, а не государство или институты. Изобретателями были любители и энтузиасты авиации, действовавшие в основном из любопытства. Некоторые также хотели славы, но никто — во всяком случае в начале — не ожидал финансовой выгоды.

Многие из них действительно были довольно состоятельны (они заработали деньги до начала своих авиационных экспериментов). На этом раннем этапе новички легко могли стать частью авиационного сообщества, так как авиационные достижения носили в основном механический характер и легко поддавались копированию. Изобретатели могли использовать опыт более ранних экспериментов, немного изменить свою модель, а затем испытать ее.

Более того, новейшие технические достижения и ноу-хау свободно распространялись в авиационном сообществе, что позволяло экспериментаторам использовать имеющуюся базу знаний²². В Берлине, Лондоне и Париже действовали основанные на членстве клубы и общества, посвященные «воздушной навигации». Проводились выставки и конференции, на которых выставлялись последние достижения в сфере воздухоплавания. Первое подобное мероприятие было проведено в 1868 г. в Хрустальном дворце в Лондоне Авиационным обществом Великобритании.

К 1909 г. существовало 21 периодическое издание, посвященное авиации. Такие издания распространяли новейшую информацию в этой области. Самое важное издание выпускал француз Октав Шанют. В 1894 г. он собрал информацию обо всех связанных с авиацией экспериментах и опубликовал их в книге «Прогресс летающих машин», сделав такую информацию доступной для общественности. Он также играл роль связующего звена между отдельными изобретателями, взаимодействуя с ними и предлагая свои идеи. Время от времени Шанют финансировал изобретателей, которым не хватало средств, что позволяло им продолжать свои эксперименты²³.

22. Meyer (2013).

23. Он также помогал финансировать эксперименты Луи Муйар с планерами.

Еще до того, как братья Райт изобрели свою технику перекашивания крыла, они вели переписку и участвовали в жизни такого сообщества энтузиастов авиации. В этот период поддержка государства была минимальной.

По мере того, как летающая машина становилась реальностью, элемент сотрудничества уходил из процесса создания авиационных изобретений²⁴. Все началось с того, что братья Райт держали в секрете свое изобретение, пока не получили патент на него в 1906 г.²⁵. Через два года после получения патента от ВПТЗ США Уилбур продемонстрировал их модель самолета во Франции²⁶.

Инвестиции в авиацию полились рекой как из частного, так и из государственного сектора. Анри Дойч де ла Мерт, пионер европейской нефтяной промышленности, финансировал автомобильные и авиационные исследования во Франции вплоть до своей смерти в 1919 г. Хуго Юнкерс финансировал собственные авиационные исследования и даже построил две аэродинамические трубы для своего частного исследовательского института.

Такие изобретатели самолетов, как братья Райт (1908 г.), Габриэль Вуазен (1910 г.) и Глесс Кертисс (1916 г.), основали собственные компании для получения прибыли от своей деятельности. В период 1903–1913 гг. было представлено около 200 прототипов самолетов, но произведены были лишь некоторые²⁷. Большинство из них были проданы правительству.

На пути к научно-обоснованным инновациям

Надежность и эффективность самолетов значительно повысилась, когда изобретатели начали понимать принципы, лежащие в основе функционирования самолета. Усовершенствование конструкции самолета благодаря применению теории аэродинамики дало техническое преимущество той стране, которая могла создавать инновации в этой области, — Германии — по отношению к другим странам, таким как Соединенное Королевство, Франция и США.

Некоторые факторы, существовавшие в Германии, способствовали достижению технического превосходства. Во-первых, почти все немецкие изобретатели в области авиации были либо учеными, либо инженерами, а также были в состоянии применить теории аэродинамики к производству сложно устроенных самолетов²⁸. Даже у некоторых пилотов было высшее инженерное образование, и они могли участвовать в расчете, измерении и испытании эффективности самолетов. Во-вторых, некоторые из этих изобретателей были также университетскими профессорами и активно использовали взаимодействие друг с другом в научной среде. Идею использовать гофрированные листы из дюралюминия выдвинул Ханс Райсснер, коллега Юнкерса, когда они оба были профессорами Технического университета Ахена. В-третьих, опыт строительства дирижаблей-цепелинов помог Германии добиться прогресса в самолетостроении. И Клод Дорнье, и Адольф Рорбах работали с цепелинами до того, как начали заниматься самолетами. Аэродинамические трубы, разработанные Прандтлем в 1908 г., чтобы усовершенствовать форму цепелинов, использовались для проверки теории крыла Прандтля-Бетца-Мунка вплоть до конца Первой мировой войны. Результаты этих испытаний повлияли на проектирование и конструкцию самолетов в последующие годы.

Но, по мере того как в авиационном проектировании увеличивалась научная составляющая, росли и затраты на создание инноваций в сфере самолетостроения. Для проведения испытаний авиационных моделей требовались инвестиции в крупные исследовательские и экспериментальные объекты, такие как аэродинамические трубы. В 1917 г. Густав Эйфель построил в г. Отей (Франция) аэродинамическую трубу, в которой можно было испытывать модели самолетов, но из-за нехватки финансирования авиационных исследований ее возможности использовались не полностью.

Вскоре начал нарастать разрыв между объемами авиационных знаний, которыми обладали различные государства²⁹. Изобретателям других стран нередко не хватало навыков или образования для имитации или усовершенствования научно-обоснованных авиационных моделей, разработанных их конкурентами из Германии, как, например, французским и британским разработчикам. В 1922 г. компания Short Brothers смогла скопировать немецкий самолет из дюралюминия, так как тогда такие самолеты были популярны, но не смогла усовершенствовать его.

24. Такие изменения характерны не только для авиационной отрасли.

25. Братья Райт рассказали о том, что им удалось провести успешный полет, в письме к французскому изобретателю Фердинанду Ферберу 9 октября 1905 г., а на основе их американской патентной заявки во Франции была написана статья с описанием их достижений. Но европейское авиационное сообщество не обратило внимания на эту информацию, вероятно, по недосмотру (Gibbs-Smith, 2003).

26. Братья Райт провели несколько демонстраций в США, но им не удалось заинтересовать федеральное правительство.

27. Zhegu (2007).

28. Budrass (1998). Генрих Фокке был одним из создателей винтокрылого летательного аппарата; Ханс Клемм занимался легкими самолетами; Мессершмитт, Хайнкель и Арадо специализировались на применении принципов аэродинамической революции к конструкции летательных аппаратов.

29. Constant II (1980), Crouch (2002).

Кроме того, существовал и языковой барьер. Передача авиационных знаний через границы государств нередко зависела от перевода. Роль Ханса Райсснера как одного из первых, кому удалось принести созданные во Франции знания в Германию, отчасти была обусловлена тем, что он хорошо знал французский язык. А первый перевод теории аэродинамического профиля Прандтля на английский язык был сделан британским ученым немецкого происхождения Германн Глоертом. Кроме того, британский журнал «Engineering» переводил отрывки из работ Прандтля и снабжал их подробными комментариями для англоговорящих читателей.

Хотя новейшие научные знания, на основе которых были созданы немецкие самолеты, распространялись через научное сообщество посредством научных публикаций и конференций, этого было не всегда достаточно для преодоления технологического отставания. По сути дела, одним из ключевых каналов распространения немецких знаний была миграция ученых и конфискация немецких авиационных ноу-хау после Второй мировой войны (см. вставку 2.1).

Вставка 2.1. Конфискация немецких авиационных ноу-хау после Второй мировой войны

После окончания Второй мировой войны Германии было запрещено вести какую бы то ни было деятельность в сфере авиации до 1955 г. Кроме того, немецкие патенты за границей были конфискованы и предоставлены для свободного использования. Президент США Трумэн подписал президентский указ, в котором говорилось, «что необходимо обеспечить скорейшее, публичное, бесплатное и всеобщее распространение научной и промышленной информации врага»³⁰. Таким образом, немецкие патенты стали общественным достоянием и могли использоваться гражданами стран-союзников.

В зонах оккупации Германии союзники изъяли огромные объемы документации и оборудования, собрав до 1946 г. приблизительно 1200 тонн технических отчетов, документов и патентов, а также исследовательского оборудования.

Поскольку немцы не могли заниматься авиацией в Германии, значительная часть научной элиты Германии переехала в страны-союзники. Около 1000 немецких ученых переехали в США, причем 40 процентов из них считались специалистами в самолетостроении.

Источник: Budrass (2015).

Стимулирование развития самолетостроения с помощью государственных инициатив

Государство сыграло важную роль в развитии самолетостроения, особенно в интересах обеспечения национальной обороны. Оно способствовало разработке самолетов и распространению знаний внутри отдельных стран, а также передаче знаний из Германии, которая была технологическим лидером, в другие страны. Кроме того, для самолетостроения государство было основным источником финансирования.

Среди основных государственных мер можно выделить следующие:

- поддержка авиационных исследований путем создания и финансирования государственных исследовательских организаций, занимающихся авиационными исследованиями (такие организации были созданы во Франции (1908 г.), в Соединенном Королевстве (1909 г.), в Германии (1912 г.), в США (1915 г.) и в Италии (1935 г.);
- спонсирование престижных международных выставок, на которых выставлялись новинки самолетостроения, в частности, таких как Salon international de l'aéronautique et de l'espace в Париж-Ле-Бурже (Франция) (1909), Авиашоу Королевских военно-воздушных сил в Хендоне (Соединенное Королевство) (1912 г.) и Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung в Германии (1912 г.);
- систематизация данных о новейших авиационных разработках и распространение их среди исследователей и производителей: в ходе Первой мировой войны военные Германии ограничили доступ к публикациям, связанным с авиацией, но публиковали данные о новейших разработках в Technische Berichte der Flugzeugmeisterei для внутреннего использования; в США НАСА регулярно публиковались переводы важных авиационных исследований, чтобы держать своих исследователей в курсе новейших европейских знаний в этой области;
- покупка самолетов и субсидирование национальных авиакомпаний (см. таблицу 2.3 ниже).

Таблица 2.3. Доля дохода авиакомпаний, которая приходилась на государственные субсидии, в процентах

	1930	1931	1932	1933
Бельгия	79,8	83,0	73,5	74,8
Франция	79,6	81,8	79,6	79,0
Германия	63,3	68,9	69,8	64,6
Нидерланды	50,9	40,4	41,0	24,0
Швеция	62,6	65,8	68,3	52,0
Швейцария	78,6	81,5	80,9	67,0
Соединенное Королевство	69,2	48,8	35,7	39,0

Источник: Miller and Sawers (1968).

30. Executive Order 9604, Providing for the Release of Scientific Information.

Можно выделить две страны, где были созданы особые условия для создания инноваций и где правительство играло особую роль в области стимулирования развития самолетостроения. Это Германия и США.

Германия

До, во время и после обеих мировых войн правительство Германии прилагало активные усилия, направленные на ускорение разработки и производства немецких военных самолетов.

Во-первых, правительство создало и обеспечило финансирование институтов, которые должны были проводить, систематизировать и распространять данные о новейших разработках в сфере авиации среди немецких производителей³¹. Одним из тех, кто воспользовался такими преимуществами, был Антон Фоккер, который первым начал использовать толстый профиль, разработанный и проанализированный в Геттингенском университете во время Первой мировой войны. В результате разработанные им самолеты отличались большей скороподъемностью и лучшей маневренностью по сравнению со всеми самолетами союзников³².

Во-вторых, правительство создало военную ассоциацию производителей самолетов, в которую вошли все немецкие производители самолетов и изобретатели. Между членами этой ассоциации постоянно осуществлялся обмен запатентованными технологиями и ноу-хау, что очень помогало тем производителям, которые отставали с технологической точки зрения.

В-третьих, правительство призывало небольших авиапроизводителей создавать совместные предприятия, чтобы обеспечить ускорение развертывания военных самолетов, произведенных с использованием новых технологий. Например, правительство инициировало создание совместного предприятия между Фоккером и Юнкерсом во время Первой мировой войны, чтобы использовать опыт Фоккера в области массового производства для реализации новейших инноваций Юнкерса³³.

Наконец, правительство Германии было основным покупателем самолетов, создавая постоянный спрос. Это приносило выгоду Юнкерсу. Правительство обеспечило финансирование его нескольких исследовательских проектов, в рамках которых новейшие аэродинамические принципы применялись к разработке конструкции самолетов. К началу Второй мировой войны договоренности между Юнкерсом и немецким правительством были аналогичны обязательствам об авансовых закупках.

США

Во время Первой мировой войны авиационная промышленность США была настолько отсталой, что большинство военных самолетов были произведены по европейским проектам. Для исправления ситуации правительство начало активно содействовать передаче технологических знаний из Европы и формированию собственных исследовательских возможностей в сфере авиации.

Во-первых, в 1915 г. была основана федеральная исследовательская организация, НАСА, задача которой состояла в проведении и финансировании НИОКР в сфере авиации и двигателестроения как для военного, так и для гражданского применения. В 1927 г. ей была построена первая большая аэродинамическая труба, которая вмещала крупные летательные аппараты. Здесь было разработано серьезное усовершенствование конструкции самолета — обтекатель НАСА для звездообразных поршневых двигателей воздушного охлаждения, который позднее был использован в конструкции самолета «Дуглас ДС-3».

Во-вторых, правительство через военные расходы финансировало значительную долю инвестиций в НИОКР, которые пошли на разработку военных летательных аппаратов, двигателей и связанных с ними компонентов. При этом в период 1945–1982 гг. сама отрасль финансировала менее 20 процентов инвестиций в НИОКР. Военные закупки и расходы на НИОКР создали значительный стимул для инноваций, связанных с двигателями пассажирских самолетов. Разработку первого реактивного двигателя в США во время Второй мировой войны полностью финансировало военное ведомство США. Кроме того, хотя цель военных расходов на НИОКР состояла не в том, чтобы стимулировать инновации в области пассажирского самолетостроения, перенос технологий из военной сферы в гражданскую стал важным источником инноваций в сфере пассажирского самолетостроения.

В-третьих, в 1919 г. под давлением американского правительства была создана Ассоциация самолетостроительных предприятий (МАС) в целях активизации разработки и производства самолетов. МАС обладала пулом патентов, через который все патенты, связанные с проектированием самолетов, предоставлялись членам этой ассоциации (в подразделе 2.1.3 роль МАС описана более подробно).

И в-четвертых, правительство способствовало поступлению научных знаний в области авиации в США, пригласив известным немецких ученых, таких как Макс Мунк и Теодор Карман, на работу в НАСА и в американские университеты в целях расширения их исследовательского потенциала. Кроме того, Людвиг Прандтль получил крупный контракт с НАСА на подготовку доклада о новейших изобретениях в области авиации (см. таблицу 2.1, где более подробно описан вклад Мунка, Кармана и Прандтля в развитие авиации)³⁴.

31. Например, *Auskunfts- und Verteilungsstelle für flugwissenschaftliche Arbeiten der Flugzeugmeisterei, Deutsches Forschungsinstitut für Segelflug und Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren*. Правительство Германии также создало исследовательские подразделения в ряде университетов, в частности, в Ахене, Берлине, Дармштадте и Штутгарте (Trischler, 1992).

32. Anderson (1997).

33. Anderson (1997) и Budrass (1998).

34. Hanle (1982), Hansen (1987) и Anderson (1997).

2.1.3 Самолеты и система ИС

Большинство исследователей, изучающих историю самолетостроения, считают, что патенты не играли важной роли как инструменты конкурентной и технической стратегии. И действительно, в сложившейся в том время ситуации ключевую роль в развитии этой отрасли сыграл спрос со стороны государства на массовое производство самолетов и его вмешательство в эту сферу. Спрос являлся отражением военной значимости самолетов, и благодаря этому авиация заняла уникальное место среди наукоемких отраслей XX в. Сложно предположить, возможно ли было гипотетически достичь тех же результатов, которые были достигнуты на авиационном рынке в беспокойные времена войны или угрозы войны, при более «нормальных» обстоятельствах.

Кроме того, нет данных о получении в 1930-х или 1950-х годах критически важных «блокирующих» патентов на революционные инновации в сфере авиации³⁵. Отчасти это обусловлено самим характером авиационных инноваций, которые требуют оптимальной интеграции комплексной подсистемы, состоящей из самых разных технологий — от сферы электроники до материаловедения.

Тем не менее патентование сыграло определенную роль на раннем этапе развития авиации, хотя точно оценить его значимость довольно сложно. В определенной степени патенты помогли первым изобретателям обеспечить возврат своих инвестиций, а также способствовали распространению технологий в других странах.

Обеспечение возврата инвестиций

Патентование помогло первым изобретателям самолетов обеспечить возврат своих инвестиций. Они подавали патентные заявки на свои изобретения и строили на этой основе свой бизнес. Патенты не позволяли другим лицам использовать инвестиции изобретателей и помогали сохранять конкурентоспособность. Например, Юнкерсу удалось не допустить импорта самолетов Ford Trimotor в Германию на основании того, что модель этих самолетов включала определенные элементы, нарушавшие права на его запатентованную технологию³⁶.

Кроме того, изобретатели получали прибыль с помощью лицензирования своих изобретений. Например, Рорбах выдавал лицензии на свою конструкцию самолета с несущей оболочкой британским, японским и итальянским производителям вплоть до 1930-х гг.³⁷. Бывший немецкий пилот Лахманн и британская компания Handley Page продавали свое изобретение разрезного крыла правительствам, заработав на этом около 3,75 млн. долл. США³⁸. Юнкерс смог частично обеспечить возврат своих инвестиций в НИОКР с помощью роялти, которые он получал от английской инженерной фирмы William Doxford and Sons за изобретение толстого крыла³⁹. Он также получил выплаты на сумму примерно два миллиона марок от немецкого правительства за использование его запатентованного изобретения крыла во время Первой мировой войны⁴⁰.

Кроме того, патентование способствовало распространению запатентованных технологий с помощью лицензирования. И Юнкерс, и компания Curtiss-Wright использовали по лицензии чужие разработки воздушного винта вместо того, чтобы изобретать их самостоятельно⁴¹. В 1923 г. авиационный завод Kawasaki в Японии получил по лицензии модель самолета Дорнье и начал ее производство.

Однако раскрытие отдельных элементов патентной документации, судя по всему, не оказывало значительного влияния на распространение инноваций. В январе 1906 г. французский авиационный журнал L'Aérophile опубликовал неполный текст патента 393 братьев Райт. В нем содержались некоторые подробности того, как братьям удалось обеспечить поперечное управление, но это не оказало влияния на развитие авиации в Европе⁴². В качестве еще одного примера можно привести случай, когда Лахманн и компания Handley Page независимо друг от друга решили проблему сваливания самолета в воздухе. Хотя компания Handley Page подала патентную заявку позже, чем Лахманн, она заявила о том, что в компании не знали о патенте Лахманна.

35. Mowery (2015).

36. Судя по всему, самолеты Ford Trimotor содержали элементы созданной Юнкерсом конструкции (Budrass, 2015).

37. Budrass (2015).

38. Miller и Sawers (1968).

39. Byers (2002).

40. Budrass (1998).

41. Miller и Sawers (1968).

42. Gibbs-Smith (2003).

Чтобы сохранить конкурентоспособность, некоторые из этих изобретателей отстаивали свои патентные права в суде. Как правило, в собственной стране, а не за границей, так как судебные издержки на ведение судебного разбирательства за границей были весьма значительны. Например, Юнкерс защищал патентные права в ходе судебных разбирательств со своими конкурентами в сфере производства самолетов, такими как Мессершмитт, Рорбах и Дорнье, а также многими другими. В качестве компромиссного решения и способа избежать финансовых проблем Мессершмитт, и Рорбах договорились о частичном обмене патентами с Юнкерсом. Однако в США Юнкерс не стал отстаивать свои патентные права в суде и предпочел заключить лицензионные соглашения с Ford Trimotor, когда его компания столкнулась с финансовыми трудностями.

Братья Райт успешно подавали в суд на нескольких своих конкурентов, особенно в собственной стране. Это было связано с тем, что американские суды очень широко трактовали их изобретение и считали, что оно охватывает «все известные методы обеспечения поперечной устойчивости самолета». В Европе немецкие и французские суды были более скептически настроены в отношении изобретения братьев Райт и использовали более узкое толкование их формулы изобретения⁴³.

Чрезвычайные меры в военное время

Деятельность по отстаиванию патентных прав в суде, которую вел Юнкерс и братья Райт, показала, во-первых, что патентное разбирательство может быть затратным, а, во-вторых, что защита патентных прав может негативно влиять на развитие самолетостроения. Последний аргумент использовался в качестве основания для того, чтобы создать патентные пулы в США и заставить Юнкерса вступить в аналогичную ассоциацию, подобную патентному пулу.

МАС

Ассоциация МАС представляла собой созданный в 1917 г. патентный пул, цель которого состояла в стимулировании массового производства военных самолетов. Все члены МАС должны были предоставить другим членам ассоциации доступ к своим патентам, связанным с конструкцией самолета, но не к тем патентам, которые касались инструментов и двигателей. Допускалась выдача лицензий на патенты нечленам, но условия такого лицензирования не должны были быть более благоприятными, чем условия, предоставляемые членам. Любой патент, касающийся конструкции самолета, который был получен на основе финансируемых государством исследований или иной аналогичной деятельности, мог использоваться без уплаты роялти как членами, так и нечленами. Прочие патенты, которые не охватывала МАС, но которые являлись результатом осуществления государственных проектов, должны были предоставляться по лицензии без уплаты роялти федеральным агентствам. МАС был распущен в 1975 г.

МАС влияла на авиационную промышленность несколькими путями. Во-первых, она признала значимость патентов, принадлежащих братьям Райт и Кертиссу, предоставив им всем финансовые льготы. Во-вторых, она устранила угрозу судебного преследования со стороны фирм братьев Райт и Кертисса против других компаний, занимающихся производством самолетов. В-третьих, она ослабила исключительный характер патентных прав внутри отрасли. В целом МАС занималась обеспечением того, чтобы любой авиапроизводитель имел доступ и мог использовать все технологии, имеющиеся в патентном пуле.

Влияние МАС на авиационные инновации сложно оценить. В США наблюдался резкий рост авиационного производства: с 328 единиц в 1920 г. до 5856 единиц в 1939 г., из которых 256 и 2195 единиц соответственно были предназначены для военного использования. Но рост объемов производства самолетов в США также совпал с увеличением государственных расходов на военные нужды и с реализацией других инициатив, направленных на стимулирование массового производства самолетов в военное время.

В исследовании 1988 г. было установлено, что в период 1968–1972 гг. в патентный пул был добавлен 121 патент, связанный с аэрокосмической отраслью⁴⁴. Это лишь 7,8 процентов от общего числа патентов в этой области, зарегистрированных за тот же период. Несмотря на то, что эта цифра, вероятно, не является адекватным отражением инновационной деятельности в этой отрасли (так как патентоспособные изобретения в сфере авиации могли не раскрываться в национальных интересах), она говорит о том, что патентный пул не оказывал значительного влияния на стимулирование инноваций в сфере самолетостроения. Но этот вопрос требует дальнейшего изучения.

43. В марте 1904 г. братья Райт подали патентные заявки в патентные ведомства Франции и Германии. Немецкие суды отказались признать патент братьев Райт на основании того, что они опорожили новизну своего изобретения, раскрыв его общественности до подачи заявки (Crouch, 2000). Французские суды более благосклонно отнеслись к заявке братьев Райт, но принятие окончательного решения затянулось до того момента, когда их патент уже истек.

44. Bittlingmayer (1988). В ВПТЗ США код CPC 244 относится к аэрокосмической сфере.

Вставка 2.2. Передача авиационных технологий между Соединенным Королевством и США в ходе Второй мировой войны

В 1941 г. Соединенное Королевство и США подписали Британско-Американское соглашение об обмене патентами, чтобы стимулировать обмен технологиями. В соответствии с этим соглашением авиапроизводителям из США и Соединенного Королевства разрешалось использовать авиационные патенты обеих стран во время войны без уплаты лицензионных сборов. Задача состояла в том, чтобы помочь силам союзников произвести необходимое число самолетов. По окончании войны патенты были возвращены владельцам вместе с соответствующими правами и привилегиями.

Источник: Eubank (1952).

Ассоциация немецких авиапроизводителей

Во время Первой мировой войны в Германии были предприняты попытки создать патентный пул для авиапроизводителей на базе Ассоциации немецких авиапроизводителей. Эта ассоциация была основана в 1917 г. параллельно с Auskunfts- und Verteilungsstelle für flugwissenschaftliche Arbeiten der Flugzeugmeisterei в целях активизации обмена авиационными технологиями между немецкими авиапроизводителями⁴⁵. Те авиапроизводители, которые хотели использовать такой канал распространения, должны были добровольно предоставить свои запатентованные технологии другим членам Ассоциации.

Ассоциация должна была заниматься регулированием патентного пула, но она была слишком слаба. Одним из ее недостатков было то, что ей не удалось убедить Юнкерса, одного из пионеров авиации Германии, вступить в нее и предоставить свои патенты.

В 1933 г. нацистское правительство заставил Юнкерса передать свои патенты Ассоциации. После этого все авиационные патенты подлежали обязательному лицензированию по мере необходимости. Единственным органом, который занимался разработкой норм лицензирования и определением размера последующих сборов, было Министерство ВВС Германии⁴⁶.

Хотя этот патентный пул был полезен с точки зрения обмена новейшей информацией в сфере авиации между немецкими производителями во время Первой мировой войны (см. более подробное описание истории авиации в Германии в подразделе 2.1.2), его влияние на последующие инновации в Германии оценить сложнее. После окончания Второй мировой войны союзники запретили ведение в Германии какой бы то ни было деятельности, связанной с авиацией, и конфисковали все имеющие отношение к авиации технические документы. Все запатентованные авиационные технологии стали общедоступными и могли свободно использоваться (см. вставку 2.1).

45. Бюро по распространению информации об авиационных исследованиях.

46. Budrass (1998), Byers (2002).

2.2 Антибиотики

«К 1931 г. люди научились летать через океан и мгновенно устанавливать связь с любой точкой мира. Они изучали квантовую физику и применяли психоанализ, испытывали на себе воздействие массовой рекламы, стояли в пробках, разговаривали по телефону, возводили небоскребы и переживали по поводу собственного веса. В западных странах люди были циничны и ироничны, любили деньги и были бесконечно счастливы. Они любили ходить в кино, слушать джаз и обожали все новое. То есть в целом они были достаточно современны. Однако в одном они недалеко ушли от пещерного человека. Они были практически беззащитны перед бактериальной инфекцией».

Томас Хейгер

«Демон под микроскопом», 2006 г.

Открытие антибиотиков в 1930-е гг., безусловно, внесло революционные изменения в здравоохранение, клиническую практику и промышленную деятельность⁴⁷. Благодаря созданию антибиотиков за очень короткий срок резко снизилась смертность и в целом возросла продолжительность жизни. Поразительны масштабы снижения уровня смертности от ряда инфекционных заболеваний в различных регионах мира после той революции, которую совершили антибиотики. Глобальное распространение этих лекарств также способствовало сближению уровней ожидаемой продолжительности жизни как внутри стран, так и между ними⁴⁸.

2.2.1 Открытие и разработка антибиотиков. Их экономическая роль

Если рассматривать антибиотики в широком смысле как химические вещества, обладающие способностью бороться с микроорганизмами, то в последующем историческом экскурсе можно в качестве основных революционных инноваций выделить создание трех антибиотиков⁴⁹. сульфаниламидов в Германии в 1930-х гг., пенициллина в Соединенном Королевстве в 1930-х гг. (хотя его массовое производство началось позднее в США) и стрептомицина в США в 1940-х гг.

Безусловно, открытия сульфаниламидов, пенициллина и стрептомицина относятся к крупнейшим революционным инновациям XX века. Они были отмечены нобелевскими премиями по физиологии и медицине: в 1939 г. нобелевскую премию получил Герхард Домагк, в 1945 г. — Александр Флеминг, Эрнст Чейн и Говард Флори, а в 1952 г. — Зельман Ваксман. Кроме того, эти открытия также способствовали появлению целого спектра связанных с ними инноваций, включая полусинтетический пенициллин, цефалоспорины и множество антибиотиков широкого спектра действия.

1930-е гг.: сульфаниламиды. Начало революции антибиотиков

Разработка сульфамидных препаратов стала ответом на огромные жертвы среди солдат из-за инфекций во время Первой мировой войны. В частности, стрептококковые инфекции стали причиной смерти множества солдат с обеих сторон конфликта, а также высокой заболеваемости среди гражданских лиц⁵⁰.

Первым эффективным лекарством от стрептококковых инфекций стали сульфаниламиды (также называемые сульфамидными препаратами), открытые в Германии после Первой мировой войны. В конце XIX в. немецкие химические компании начали работу над производством каменноугольной смолы, побочного продукта при производстве угля, который стал важным источником новых химических веществ и основой для отрасли синтетических красителей. Ранее, в 1910 г., немецкий химик Пауль Эрлих доказал, что вещества, получаемые из красителей, могут использоваться для уничтожения бактерий. Хотя эти вещества оказались токсичными (и впоследствии были заменены пенициллином), работа Эрлиха показала, что синтетические химические соединения могут лечить болезни. Благодаря этому другие исследователи, работающие в немецких университетах и в химической промышленности, начали искать химические вещества, способные лечить инфекционные заболевания. Исследователям немецкой компании Bayer во главе с Герхардом Домагком, директором подразделения патологии и бактериологии, удалось найти группу азокрасителей, которые могли достаточно эффективно уничтожать бактерии в пробирке.

47. Mokyr (2002).

48. В основе этого раздела лежит работа Sampat (2015).

49. Bentley and Bennett (2003) и Bentley (2009).

50. Hager (2006).

К 1932 г. ученые компании Bayer создали один из вариантов азокрасителей путем присоединения сульфаниламида. После испытаний на мышах было установлено, что вещество может оказывать сильное воздействие на стрептококковые инфекции. В том же году пациенты местных больниц начали получать первый сульфамидный препарат — стрептозон. В 1935 г. он был переименован в прontosил, когда в ходе испытаний Bayer была получена информация о том, что этот препарат эффективен не только в отношении стрептококковой, но и других инфекций, включая стафилококковые инфекции и гонорею. Вскоре после этого ученые по всему миру начали проводить лабораторные и клинические испытания прontosила, используя образцы компании. Важный момент, связанный с первоначальным открытием этого вещества, заключается в том, что оно стало исследовательским инструментом или платформой для последующих инноваций. Включив надлежащим образом в структуру азокрасителей сульфаниламид, исследователи компании Bayer создали возможности для разработки новых лекарств для борьбы с инфекциями и положили начало невероятно обширной фармацевтической отрасли⁵¹.

К концу 1935 г. исследователи из Института Пастера во Франции, во главе которого стоял Эрнст Фурно, смогли воспроизвести примерные варианты прontosила и, что важнее, установить, что терапевтический эффект связан именно с сульфаниламидом. Это открытие положило начало исследованиям сульфамидных препаратов по всему миру, и ученые начали открывать новые варианты, эффективные в борьбе с целым рядом инфекционных заболеваний. Это, в свою очередь, способствовало быстрой разработке лекарственных средств, содержащих сульфаниламиды. К концу 1937 г. потребители могли купить без рецепта в любой аптеке чистый сульфаниламид, который продавался под более чем 20 коммерческими наименованиями. А к 1945 г. появились тысячи новых вариантов сульфамидных препаратов⁵².

1940-е гг.: пенициллин — «волшебная таблетка»

Открытие пенициллина — это один из наиболее часто приводимых примеров научного открытия, сделанного по счастливой случайности. Александр Флеминг проводил исследования, спонсируемые Медицинским исследовательским советом Соединенного Королевства, в ходе которых в оставленную им чашку с бактерией *Staphylococcus* попали споры гриба. Он установил, что этим грибом был *Penicillium notatum*. Флеминг предположил, что плесень мешает росту бактерий. В 1929 г. он опубликовал работу о воздействии пенициллина⁵³. В этой работе не был сделан акцент на клиническом или медицинском применении, но было отмечено, что медицинское применение потенциально возможно. В последующие годы Флеминг и его коллеги из Больницы Святой Марии в Лондоне провели несколько экспериментов на людях, но получили смешанные результаты из-за сложностей с производством достаточного объема чистого пенициллина, необходимого для проведения испытаний⁵⁴.

Начиная с 1930-х гг. лаборатория в Оксфорде (финансирование которой осуществлял Фонд Рокфеллера) во главе с Говардом Флори и Эрнстом Чейном работала над созданием антибиотиков, отчасти используя успехи, достигнутые при работе с сульфамидными препаратами⁵⁵. В 1940 г. под влиянием заинтересованности британского правительства в поиске новых лекарств от характерных для военного времени инфекций Флори, Чейну и Норману Хитли удалось впервые очистить пенициллин. Это позволило провести надлежащие клинические испытания, которые доказали невероятную эффективность пенициллина в борьбе с широким спектром инфекций.

После проведения первых клинических испытаний была поставлена следующая задача: было необходимо научиться производить пенициллин в больших масштабах. В 1941 г., работая совместно с Флори и Хитли, Эндрю Мойер и другие ученые из Министерства сельского хозяйства США (USDA) разработали способ массового производства пенициллина. Год спустя правительство США убедило частные компании принять участие в производстве. Хотя изначально речь шла об ограниченном круге фирм, в итоге правительство США стало покупать пенициллин у любой фирмы, если ее пенициллин обладал доказанным действием. В производстве пенициллина в военное время участвовали некоторые крупные американские компании, включая Pfizer, Squibb и Merck. Предпринятые в 1940-х гг. усилия по производству пенициллина имели огромный успех, обеспечив переход от лаборатории к массовому производству в поразительно короткие сроки, при этом производительность увеличилась на два порядка. После этого компании, занимавшиеся производством пенициллина, использовали свой наработанный потенциал для изучения других возможностей, в частности, в области поиска новых антибиотиков.

51. См. Hager (2006), с. 137 и 143, Lesch (2007) и Bentley (2009).

52. Hager (2006, p.196).

53. A. Fleming, Br. J. Exp. Pathol. 10, 226 (1929).

54. Wainwright (1990), Kingston (2000).

55. Neushul (1993).

Природный пенициллин, производимый во время войны и в течение короткого периода после ее окончания, имел некоторые недостатки, включая трудности, связанные с введением, ограниченное воздействие на некоторые организмы и растущую резистентность. В 1957 г. химик-органик Джон Шейхан из Массачусетского технологического института (MIT) при финансовой поддержке Bristol Laboratories создал первый чистый синтетический аналог пенициллина. В ходе этого процесса было также синтезировано промежуточное соединение 6-АРА. Примерно в это же время Чейн и ученые из британской компании Beecham Group нашли способ изолировать 6-АРА из ферментативного бульона. Это создало возможности для разработки пенициллина с практически любой новой структурой⁵⁶. Вскоре было налажено сотрудничество между Bristol Laboratories и компанией Beecham Group, так как ей требовалась методика Шейхана для производства других пенициллинов из 6-АРА и имеющиеся у компании Bristol Laboratories производственные возможности для расширения масштабов производства собственного пенициллина. Это положило начало производству первых полусинтетических пенициллинов, включая фенетициллин, ампициллин и амоксициллин. Благодаря этой технологии эта и многие другие компании разработали несколько улучшенных вариантов пенициллина, которые используются и сегодня.

1950–60-е гг.: стрептомицин и другие антибиотики широкого спектра действия

Еще до начала успешного применения пенициллина многие ученые были уверены, что для борьбы с микроорганизмами могут использоваться почвенные бактерии⁵⁷. В 1939 г. компания Merck подписала соглашение о проведении исследований с химиком-почвоведом из Ратгерского университета по имени Зельман Ваксман, который уже занимался исследованием конкретного типа почвенных бактерий — актиномицетов. Благодаря этому соглашению Ваксман получил ресурсы для скрининга образцов почв и проведения фармакологической оценки полученных антибиотиков, а также доступ к крупногабаритному оборудованию для производства любых представляющих интерес открытий. В 1943 г. один из студентов Ваксмана по имени Альберт Шатц выделил из образцов почвы и других источников бактерию, которая была эффективна против возбудителя туберкулеза, и назвал ее стрептомицин. К 1950 г. после прохождения испытаний на животных и людях лекарство поступило на рынок.

Открытие стрептомицина было важно по нескольким причинам. Во-первых, ни сульфамидные препараты, ни пенициллин не оказывали значительного воздействия на туберкулез, от которого в 1950-х гг. по-прежнему страдало и умирало множество людей. Кроме того, стрептомицин оказался эффективен против множества других заболеваний, среди которых был брюшной тиф, бубонная чума и инфекции мочевыводящих путей. Но, пожалуй, важнее всего то, что открытие стрептомицина было связано не только с созданием нового лекарства, но и с использованием нового исследовательского инструмента: ученые начали исследовать образцы почвы и другие природные источники в поисках антибиотиков⁵⁸.

После открытия стрептомицина другие компании также начали исследовать образцы почвы в поисках антимикробных веществ. Среди первых успехов можно отметить хлортетрациклин (1948), хлорамфеникол (1948), окситетрациклин (1950) и тетрациклин (1955)⁵⁹. Еще один важный класс препаратов, который был открыт одним из первых, — это цефалоспорины (1964), в основе которых лежало открытие итальянского ученого Джузеппе Бротцу бактерии *Cephalosporium acremonium* в местных сточных водах. Многие из лекарств этой группы обладают более широким спектром действия, чем пенициллин, а также рядом других достоинств. Тем не менее в последующие годы были разработаны новые классы антибактериальных препаратов, такие как нитроимидазолы, хлорамфениколы, хинолоны, монобактамы, амоксициллин/клавулановая кислота и имипенем/циластатин.

После революции антибиотиков возникла новая фармацевтическая отрасль, в которой осуществлялись инновации по множеству направлений, включая разработку новых классов лекарств, создание препаратов, действующих на различные типы бактерий или имеющих меньше побочных эффектов, а также совершенствование и упрощение способов введения.

56. Mann (2004).

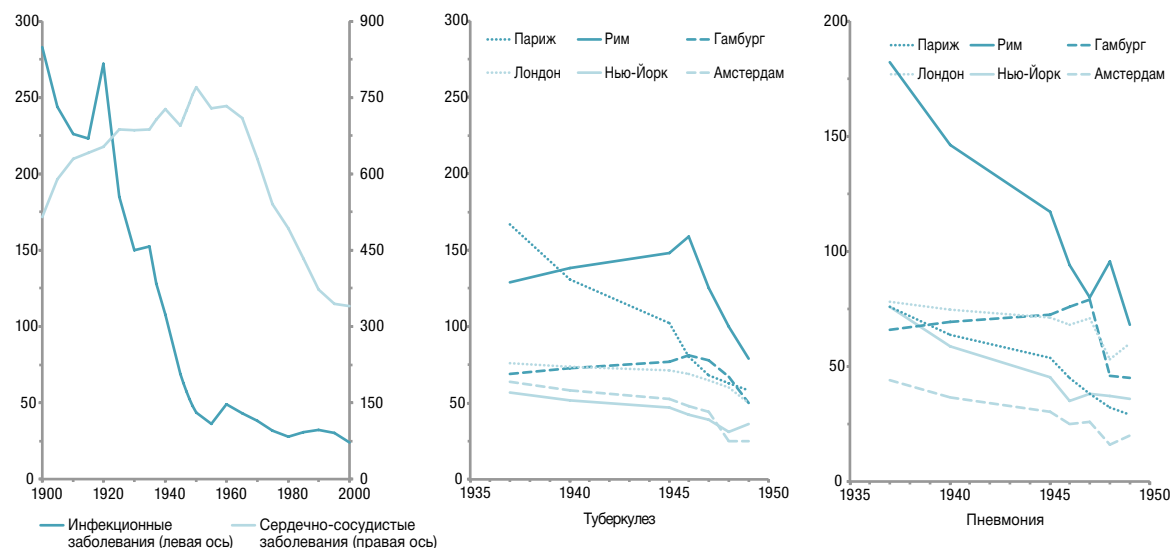
57. Kingston (2004).

58. Temin (1980).

59. Landau et al (1999).

Рисунок 2.4. Антибиотики оказали огромное влияние на здоровье человека

Смертность от инфекционных заболеваний по сравнению со смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах

Источник: Cutler *et al* (2006) and Achilladelis (1993).**Экономическая роль антибиотиков**

Антибиотики, несомненно, оказали значительное положительное воздействие на здоровье человека. В период 1937–1943 гг. использование сульфамидных препаратов способствовало резкому сокращению смертности от целого ряда причин, включая материнскую смертность, пневмонию и скарлатину⁶⁰. За этот период общая средняя продолжительность жизни в США возросла на 8–16 процентов. Открытие сульфаниламида и пенициллина повлекло за собой заметное снижение смертности от инфекционных заболеваний в США, а к 1960 г. уровень смертности от различных инфекционных заболеваний достиг нынешнего уровня⁶¹. Есть подтверждения и того, что после революции антибиотиков резко снизилась смертность от туберкулеза и пневмонии по всему миру⁶². Конечно, такому снижению способствовали и другие факторы, включая повышение качества питания и уровня здравоохранения. Но следует еще раз отметить, что антибиотики также способствовали развитию других форм лечения (в частности, в области хирургии и лечения рака), тем самым стимулируя борьбу и с другими заболеваниями⁶³. В любом случае примечательно, как после революции антибиотиков происходило снижение уровня смертности от некоторых инфекционных заболеваний в разных регионах мира (см. рисунок 2.4).

Как и многие другие новые технологии, антибиотики распространялись неравномерно. Однако в итоге их глобальное распространение способствовало выравниванию уровня продолжительности жизни в разных странах⁶⁴. Сульфамидные препараты широко распространились в Европе и США довольно быстро после открытия. Как Организация Объединенных Наций (ООН), так и правительство США проводили программы по распространению пенициллина и стрептомицина по всему миру. Кроме того, ООН финансировала постройку новых заводов, в том числе в Китае, Чехословакии, Италии, Польше, Югославии и в других странах⁶⁵.

В целом, конечно, сложно определить точную экономическую ценность тех преимуществ, которые дают новые медицинские технологии, но экономический вклад антибиотиков в первой половине XX в. был, безусловно, значительным. По некоторым оценкам, ценность увеличения продолжительности жизни в этот период времени можно оценить в цифрах того же порядка, что и повышение благосостояния в связи с ростом ВВП на душу населения за тот же период⁶⁶.

60. Jayachandran *et al* (2010).61. Cutler *et al* (2006).

62. Achilladelis (1993).

63. Le Fanu (2011).

64. Acemoglu and Johnson (2007).

65. FTC (1958).

66. Nordhaus (2002).

Беспрецедентное воздействие антибиотиков на здоровье человека, конечно, способствовало экономическому росту благодаря повышению качества рабочей силы и накоплению человеческого капитала. Как упоминалось ранее, глобальное распространение антибиотиков повлияло на продолжительность жизни, содействовав значительному увеличению общего объема рабочей силы и, вероятно, повышению уровня участия на рынке труда⁶⁷. Кроме того, улучшение медико-санитарных условий повысило качество рабочей силы. Антибиотики улучшили медико-санитарные условия, что в краткосрочной перспективе позволило обеспечить более высокий уровень присутствия на рабочем месте, а это, в свою очередь, повлияло на производительность труда. Кроме того, улучшение здоровья детей, несомненно, улучшило показатели посещаемости школы и способствовало расширению учебных возможностей, что также положительно повлияло на производительность труда в долгосрочной перспективе⁶⁸.

Одно из последствий широкого распространения антибиотиков и их воздействия на экономику связано с растущими опасениями по поводу резистентных штаммов бактерий, появляющихся из-за систематического использования антибиотиков не только в сфере здравоохранения.

2.2.2 Инновационная экосистема в области антибиотиков

Инновационная экосистема, в условиях которой совершалось каждое открытие нового антибиотика, сыграла ключевую роль в создании инноваций. Все исторические факты говорят о том, что основу для последующей коммерческой разработки антибиотиков заложили предпринятые ранее научные усилия, которые были сосредоточены в основном в государственных научных учреждениях. Кроме того, внешние факторы (например, война) создали значительные стимулы для государственного и частного сектора к ведению инновационной деятельности в этой области. В то же время революция антибиотиков в целом создавала инновационную экосистему, которая способствовала созданию новых антибиотиков и лекарств. На формирование инновационной среды повлияли не только новые открытия, но и их коммерциализация, что способствовало становлению как структуры этой отрасли, так и ее нормативной базы в ее нынешнем виде.

Стимул со стороны науки и трудности военного времени

В случае всех трех типов антибиотиков в основе инноваций, связанных с технологиями производства и выделения целевого продукта, лежали существующие научные знания, что подтверждало наличие прочной связи между наукой и промышленностью. Ученые способствовали созданию промышленных инноваций различными способами: от «простого» проведения фундаментальных исследований до создания зачатков идей, которые затем находили свое развитие в промышленности, и до осуществления деятельности по разработке потенциального продукта при поддержке промышленности. Научные исследования находили промышленное применение также через различные каналы, включая публикации, консультирование и перемещение рабочей силы. Имело место и получение фирмами лицензий на патенты, но такое лицензирование очень сильно отличалось от того, что типично сегодня.

Как показывает история многих других революционных инноваций, трудности, возникшие в военное время, стали важным фактором изменений, а военные закупки и оборонные НИОКР сыграли особую роль в разработке технологий общего назначения⁶⁹. В некотором смысле война сыграла ключевую роль в разработке как сульфаниламидов, так и лекарств на основе пенициллина. Что касается сульфаниламидов, то компания Bayer потеряла контроль над своими американскими патентами и товарными знаками в результате их конфискации американским правительством, что косвенно заставило ее разрабатывать новые синтетические химические продукты для компенсации убытков⁷⁰. Что касается пенициллина, то здесь правительство играло более активную роль в стимулировании инноваций, а огромная потребность в эффективных лекарственных препаратах в ходе Второй мировой войны содействовала осуществлению масштабных программ по их разработке и производству в США.

67. Acemoglu and Johnson (2007).

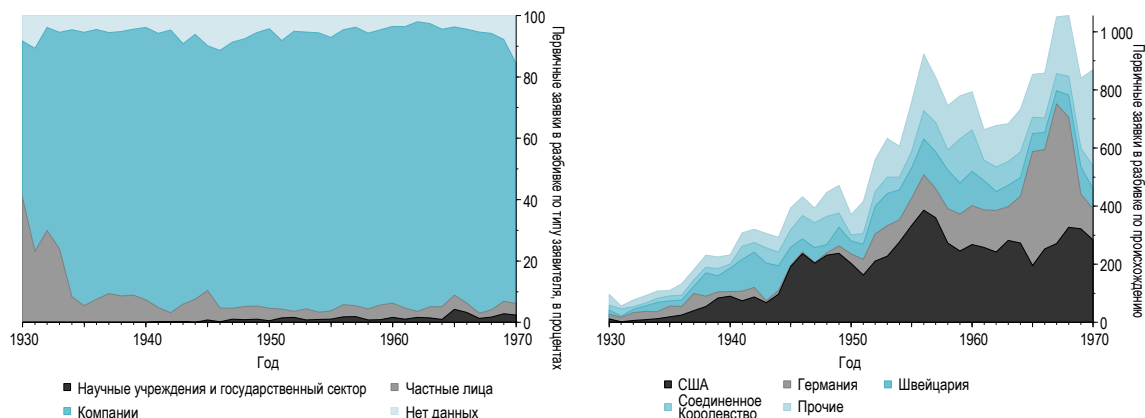
68. Bhalotra and Venkataramani (2012).

69. Rosenberg (1969) и Ruttan (2000, 2006).

70. Hager (2006).

Рисунок 2.5. Меняющийся характер революции антибиотиков

Первые заявки, связанные с сульфаниламидами, пенициллинами и стрептомицинами; по типу и географическому происхождению заявителя, 1930–1970 гг.



Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Примечательно, что в обоих случаях трудности военного времени и настоящая потребность в лекарствах, конечно, способствовали спросу на инновации, но в основе их разработки лежали научные знания, уже существовавшие на тот момент. Тем не менее война способствовала более быстрой практической реализации финансируемых государством научных достижений. Конечно, определить точную силу такого «давления» со стороны науки довольно сложно. Однако анализ патентных данных того периода показывает, что около трети всех изобретений, связанных с антибиотиками, в начале 1930-х гг. были сделаны изобретателями, не имеющими отношения к промышленности (см. рисунок 2.5). Скорее всего, эта цифра занижена, потому что по результатам научных открытий далеко не всегда регистрировался патент (как это было с Флемингом), а когда патент все же выдавался, научные учреждения могли не фигурировать в нем в качестве заявителей, так как такая практика в то время была менее распространена, чем сегодня.

От открытия до массового производства и коммерциализации

Частный сектор сыграл важную роль в выводе антибиотиков на рынок. Частные компании обеспечили увеличение масштабов производства и создание коммерческих каналов для распространения новых лекарств. Это подразумевало также массовое производство и распространение на стадии испытаний. Более того, во многих случаях компании также оказывали финансовую поддержку работе над научными открытиями. Сульфаниламиды — это самый очевидный пример такого участия: компания Вауер финансировала исследование и обеспечила их проведение на своей территории⁷¹.

Роль частного сектора состояла не только в работе над изобретениями, но и в создании последующих инноваций. Например, основными субъектами, получившими прибыль от создания сульфамидной платформы (даже без азокрасителей), стали химические компании, обладавшие опытом работы с красящими веществами. Многие из них находились в Германии и Швейцарии⁷². На рисунке 2.5 показано, как росло количество патентов, связанных с сульфаниламидами, пенициллином и стрептомицином. Заявки на такие патенты подавались в основном заявителями из Германии, Швейцарии и США (как правило, это были частные компании) даже через десятилетия после основных открытий.

Пенициллин — это хороший пример того, какое количество усилий требуется, чтобы выгоду от научного изобретения могли получить конечные пользователи. Как упоминалось выше, одна из основных трудностей при разработке препаратов на основе пенициллина была связана с необходимостью обеспечить рентабельное массовое производство чистого пенициллина. Примечательно, что после того, как Флори и Чейну удалось синтезировать чистый пенициллин, они действительно обсуждали эту идею с несколькими британскими фармацевтическими компаниями (включая Glaxo и Imperial Chemical Industries), но этим компаниям не хватало возможностей для массового производства пенициллина, что было отчасти связано с военными бомбардировками и опасениями по поводу возможного немецкого вторжения⁷³. Даже после разработки учеными USDA способа массового производства правительству США с трудом удалось убедить частные компании принять участие в производстве. В этих целях правительству пришлось координировать клинические испытания и финансировать передачу технологий и оборудования, поддерживать университетские исследования, направленные на преодоление технических трудностей при увеличении масштабов производства, и содействовать обмену технической информацией⁷⁴.

71. Hager (2006).

72. Achilladelis (1993).

73. Wainwright (1990).

74. Neushul (1993).

В результате наращивания масштабов производства пенициллина в военное время фармацевтическая отрасль прошла через полную перестройку: компании сумели интернализировать и формализовать процессы НИОКР. Компании стали вертикально интегрированными: в них существовали подразделения, отвечающие за исследования, производство и продажи, а основная задача заключалась в разработке, производстве и коммерциализации лекарственных препаратов. Важными компонентами бизнес-модели стали патенты, товарные знаки и агрессивный маркетинг. Кроме того, имела место существенная экономия на масштабе, которая способствовала концентрации⁷⁵. Если после первоначальных инноваций, связанных с пенициллином, (во время и после Второй мировой войны) фирмы быстро входили на рынок, то затем этот процесс замедлился, а позднее многим компаниям пришлось уйти с рынка⁷⁶. Компании, первыми вошедшие на рынок, производили бóльшую часть пенициллина до 1970-х годов, что позволило увеличить уровень возврата инвестиций в НИОКР. Разработка синтетического пенициллина способствовала появлению на рынке новых компаний, однако к числу сильнейших все равно принадлежали компании, давно действующие на рынке. Стрептомицин по-прежнему поставляло относительно большое число поставщиков, а лекарства, появившиеся позднее, как правило, поставляла одна или несколько компаний на каждом рынке.

Революционные инновации и нормативно-правовая база

На начальном этапе разработки антибиотиков отсутствовали требования относительно проведения масштабных испытаний. После серии смертей в США, связанных с некоторыми из первых сульфаниламидов, в 1938 г. был принят Закон о пищевых продуктах, лекарственных препаратах и косметических средствах, который наделил Управление США по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) полномочиями в области регулирования безопасности и эффективности лекарств⁷⁷. Одно из положений этого закона касалось того, что теперь лекарства должны были прописывать врач, т.е. они не должны были продаваться без рецепта. В 1950-х и 1960-х гг. сообщения о врожденных дефектах, связанных с приёмом талидомида, и широкое использование агрессивного маркетинга стали причиной принятия целого ряда новых законов. Особую озабоченность в фармацевтической отрасли вызывало избыточное назначение комбинаций антибиотиков в фиксированных дозах, в частности, пенициллина и стрептомицина. Компании широко рекламировали такие комбинации, не имея достаточных подтверждений их эффективности, что способствовало росту бактериальной резистентности⁷⁸. Одна из мер борьбы с этим явлением, предусмотренная в принятых законах, заключалась в создании стандарта эффективности в FDA, чтобы удостовериться в том, что новые лекарства действительно работают, и повысить уро-

вень конкуренции⁷⁹. В 1962 г. принятие Закона о поправке Кефаувера-Харриса способствовало модернизации FDA, так как было институционализировано требование о проведении рандомизированных клинических испытаний того или иного препарата перед его утверждением.

С 1960-х гг. большинство европейских стран ужесточили нормы, касающиеся утверждения продуктов. Принятый в Соединенном Королевстве Закон о лекарственных средствах 1971 г. был очень похож на закон, принятый в США, однако в других странах Европы законы по-прежнему были не такими жесткими. В Германии, даже когда начала разворачиваться трагедия, связанная с приемом талидомидов, идеи регулирования продажи лекарств встречали серьезное сопротивление, так как многие были уверены, что в фармацевтической отрасли возможно саморегулирование. Франция, Япония и Италия также ввели гораздо меньше требований по сравнению с США. Вплоть до 1990-х гг. национальное законодательство стран Европы в области лекарственного регулирования отличалось значительным разнообразием⁸⁰.

Изменения в системе регулирования США, введенные в конце 1930-х гг., безусловно, помогли вытеснить с рынка множество розничных компаний, торгующих лекарствами низкого качества, а также способствовали проведению исследований в целях поиска более безопасных и менее токсичных сульфаниламидов. Ужесточение регулирования в США и Соединенном Королевстве в 1960-х и 1970-х гг. также изменило структуру отрасли, заставив уйти с рынка слабые компании и компании, не имевшие международного характера. Подобные изменения повысили издержки, связанные с разработкой и утверждением лекарств, но вполне возможно, что они также вытеснили менее инновационные компании. В любом случае эти изменения заставили фармацевтические компании в последующие десятилетия трансформировать свои маркетинговые стратегии. Кроме того, принятие этих регуляторных норм упрочило связи между отраслью и университетами, так как для проведения все более сложных и затратных клинических испытаний требовался доступ к больницам, способным их подготовить и провести⁸¹.

2.2.3 Антибиотики и система ИС

Роль ИС в истории антибиотиков была различной. Существует множество отдельных примеров, свидетельствующих о потенциале и ограничениях охраны ИС: в некоторых случаях научные открытия и производственные методы патентовались, а во многих других — нет. Отмечалось также систематическое использование товарных знаков, о котором часто забывают и роль которого недооценивают. Более того, как и в других аспектах регулирования, революционные инновации в сфере антибиотиков повлияли на систему ИС, во всяком случае, в той же мере, что и сама эта система стимулировала инновации в этой области.

75. Temin (1979, 1980).

76. Klepper and Simons (1997).

77. Temin (1979, 1980).

78. Podolsky (2015).

79. Carpenter (2014).

80. Vogel (1988), McKelvey et al (2004) и Carpenter (2014).

81. McKelvey et al (2004).

Обеспечение присвоения прав на инновации с помощью патентов

Одна из функций патентной системы состоит в том, чтобы способствовать инновациям посредством обеспечения присвоения прав на изобретения. Судя по всему, это стало достаточным стимулом для компании Bayer, чтобы разработать сульфамидные препараты. 25 декабря 1932 г. компания подала первую патентную заявку, связанную с сульфамидным препаратом, под названием «Процессы производства азосоединений». Патент был выдан в 1935 г.⁸². Домагк и другие ученые компании сразу же начали не только патентование этого соединения, но и разработку и патентование всех связанных с ним работающих соединений. К 1960-м годам они зарегистрировали более 50 патентов, связанных с сульфамидными препаратами. Такая активная практика патентования уже была широко распространена в химической отрасли Германии. В период 1905–1915 гг. немецкая химическая компания Hoechst зарегистрировала порядка 20 патентов на основе исследований Эрлиха. Эти патенты в основном относились к процессам, так как в Германии (как и в большинстве стран в то время) не разрешалось патентовать продукты в фармацевтической отрасли⁸³. С практической точки зрения компания Bayer патентовала не молекулу, а исследовательскую платформу для соединения азокрасителей и сульфаниламидов, которая стала неактуальна после открытия, совершенного Институтом Пастера.

В то же время история пенициллина часто рассматривается как пример ситуации, в которой патенты не играли особой стимулирующей роли, учитывая, что открытие пенициллина и синтез чистого пенициллина не были запатентованы⁸⁴. Хотя есть мнение, что одна из причин затянувшейся коммерциализации пенициллина заключалась в том, что Флеминг не запатентовал его, многие отвергают такую идею, заявляя, что в работах Флеминга содержалось недостаточно материала для получения патента. Есть также мнение, что даже если бы Оксфордская группа попыталась получить патентную охрану, такая попытка могла закончиться неудачей по нескольким причинам: содержащая пенициллин плесень представляла собой природный продукт; вплоть до 1949 г. в Соединенном Королевстве невозможно было запатентовать фармацевтический продукт; и кроме того, исследовательская группа раскрыла процесс синтеза в одной из публикаций до того, как у нее появился интерес в его патентовании.

Тем не менее на процесс массового производства пенициллина были получены несколько патентов. В 1944 г. Эндрю Мойер и Роберт Когхилл подали патентную заявку на «Метод производства пенициллина в больших масштабах». Патент был выдан в 1947 г. и переуступлен USDA⁸⁵. Отсутствие упоминания сотрудничества с британскими учеными впоследствии станет причиной противоречий в Соединенном Королевстве, где некоторые исследователи будут заявлять о том, что американские исследователи присвоили открытие, имеющее общественный характер. Представление о том, что Соединенное Королевство проиграло в борьбе за пенициллин, заставило британских исследователей впоследствии более активно патентовать другие медицинские открытия⁸⁶. Следует также отметить, что примерно в тот же период многие британские и американские компании (такие как May & Baker, Glaxo, Eli Lilly и Merck) подавали патентные заявки на процессы, связанные с производством пенициллина.

Гораздо очевиднее роль патентов в создании стимулов для разработки антибиотиков в более поздний период. В эпоху, когда конкуренция цен на антибиотики первого поколения сделала эту отрасль неприбыльной, поиск новых антибиотиков был связан исключительно с созданием абсолютно новых молекул. Результатом применения этого подхода стало, в частности, открытие стрептомицина, хотя в итоге связанная с ним ИС была защищена относительно неограничительным образом. Это открытие было сделано в ходе исследований, проводимых в рамках соглашения между компанией Merck и Зельманом Ваксманом. Цель этого соглашения состояла в том, чтобы создавать антибиотики для последующего патентования в обмен на поддержку НИОКР и клинических испытаний. В 1945 г. Ваксман и Шатц подали первую патентную заявку, связанную со стрептомицином. В 1948 г. права на этот патент были переуступлены Ратгерскому благотворительному фонду исследований⁸⁷. С практической точки зрения это означало, что молекула стрептомицина была защищена патентом (хотя и не принадлежащим компании Merck), тогда как исследовательская платформа осталась частью общественного достояния. Некоторые исследователи утверждают, что такая ситуация была очень важна для содействия последующим инновациям⁸⁸. Возможность патентовать продукты природы и свободно использовать различные методы для их поиска повысила вероятность патентования многих антибиотиков, которые были открыты позднее, не только для компании Merck, но и для всей отрасли⁸⁹.

82. Patent DE 607 537.

83. Этот закон действовал в Германии до 1968 г. Точно так же и в Соединенном Королевстве патентование продуктов было разрешено только в 1949 г., во Франции — в 1967 г., а в Италии — в 1978 г. См. Dutfield (2009).

84. Bentley (2009).

85. Patent US 2,423,873.

86. See Wainwright (1990). Например, в 1952 г. Флори подал патентную заявку, касающуюся процесса производства цефалоспорины на основе открытия Бротцу (патент CLJA US 2 883 328).

87. Patent US 2,449,866.

88. Temin (1980) и Merges and Nelson (1990).

89. Kingston (2001).

История синтетического пенициллина также отражает изменившуюся роль патентов в сфере антибиотиков. По словам Шейхана, после войны перспектива получения патента на синтетический пенициллин была гораздо важнее для фармацевтических компаний, чем возможность получения патента на природный пенициллин во время войны. В 1957 г. Шейхан (чье имя как изобретателя на тот момент уже значилось в более чем 10 патентных заявках, связанных с пенициллином и стрептомицином, в компании Merck) подал в США патентную заявку на синтетический пенициллин. В том же году компания Beecham Group подала патентную заявку на синтетический пенициллин в Соединенном Королевстве. Этот патент был выдан в 1960 г.⁹⁰. По словам Beecham Group, если бы не возможность получения патентной охраны, первоначальное решение о расширении фармацевтических исследований на полусинтетические пенициллины не было бы принято, а значит не была бы начата работа, которая в итоге привела к созданию новых пенициллинов⁹¹.

Товарные знаки: еще один способ присвоения прав

Несмотря на то, что после сделанного Институтом Пастера открытия у компании Bayer отсутствовал патент, ей удалось получить существенную прибыль от продажи сульфаниламидов. Компании удалось получить конкурентное преимущество благодаря своим прочным позициям, бренду и стабильным объемам продаж. Ставка на узнаваемость защищенного товарными знаками бренда стала выгодной стратегией не только для компании Bayer, но и для отрасли в целом⁹². Компания Bayer продавала производимые сульфаниламиды сначала под брендом стрептозон, а затем под брендами пронтозил, пронтилин и пронтальбин.

Подобно тому, какую стратегию немецкие компании использовали с сульфаниламидами, фирмы в других странах начали более активно использовать бренды в целях укрепления своих рыночных позиций. Это было особенно важно в тех случаях, когда имела место значительная конкуренция внутри одного класса лекарств, что создавало ценовое давление на первые антибиотики⁹³. К 1954 г. на рынке США продавалось более 100 антибиотиков под более чем 600 торговыми наименованиями, что создавало для врачей значительную путаницу⁹⁴. Поэтому фирмы начали вкладывать средства в разработку маркетинговых стратегий, ориентированных на врачей. Большинство крупных компаний активно инвестировали в расширение своих возможностей в сфере продаж. В результате для фармацевтических компаний маркетинг и продажи стали занимать не менее важное место, чем НИОКР. В среднем компании тратили порядка трети своих доходов от продаж на маркетинг и менее одной шестой — на НИОКР⁹⁵.

Раскрытие, сотрудничество и распространение

Еще одна задача патентной системы состоит в том, чтобы способствовать раскрытию. История разработки сульфаниламидов показывает, что у компании Bayer были опасения по поводу обнародования своего изобретения, что заставило ее отложить подачу патентной заявки до обнаружения других видов сульфамидных препаратов. В этой области было невозможно обеспечить длительную охрану, потому что проделанная до этого работа свидетельствовала о том, что любые производные азокрасителей могут использоваться в качестве лекарств. Компания Bayer не могла запатентовать их все, но промедление с подачей заявки дало ей время на выявление и патентование лучших из них⁹⁶. После получения первого патента Домагк опубликовал статью об этом открытии, а компания Bayer начала более широкий выпуск этих лекарств для проведения испытаний и поставки в больницы⁹⁷. Однако из-за опасений по поводу обратного проектирования компания Bayer, очевидно, стремилась не допустить полного раскрытия в описании патента. В опубликованном основном патенте на сульфаниламиды содержалась лишь самая общая информация о том, как воспроизвести стрептозон⁹⁸. Вне зависимости от того, что стало источником — научная публикация или патентная документация — раскрытие в итоге позволило исследователям из Института Пастера путем экспериментов определить, что основным компонентом является уже известная молекула сульфаниламида. Раскрытие и создание последующих изобретений вокруг существующих патентов, безусловно, способствовало этому открытию, что обесценило патенты компании Bayer.

Создание условий для раскрытия также способствует сотрудничеству. По словам самих первых исследователей, патенты позволили ученым сотрудничать с представителями промышленности при разработке первых полусинтетических пенициллинов. Одним из мотивов Шейхана для получения патента была возможность более свободно сотрудничать с Bristol Laboratories⁹⁹, а наличие патентной охраны позволило компании Beecham убедить Bristol Laboratories поделиться своими производственными ноу-хау. К сожалению, эта попытка сотрудничества в итоге провалилась, и между Шейханом и компанией Beecham Group долго длился спор о приоритете в отношении 6-APA. В 1979 г. этот спор разрешился в пользу Шейхана. Как уже упоминалось выше, сотрудничество между Ратгерским университетом и компанией Merck, в результате которого был открыт стрептомицин, также осуществлялось с опорой на патентные права¹⁰⁰.

96. Hager (2006).

97. G. Domagk (1935) in Dtsch. Med. Wochenschr, 61, p.573.

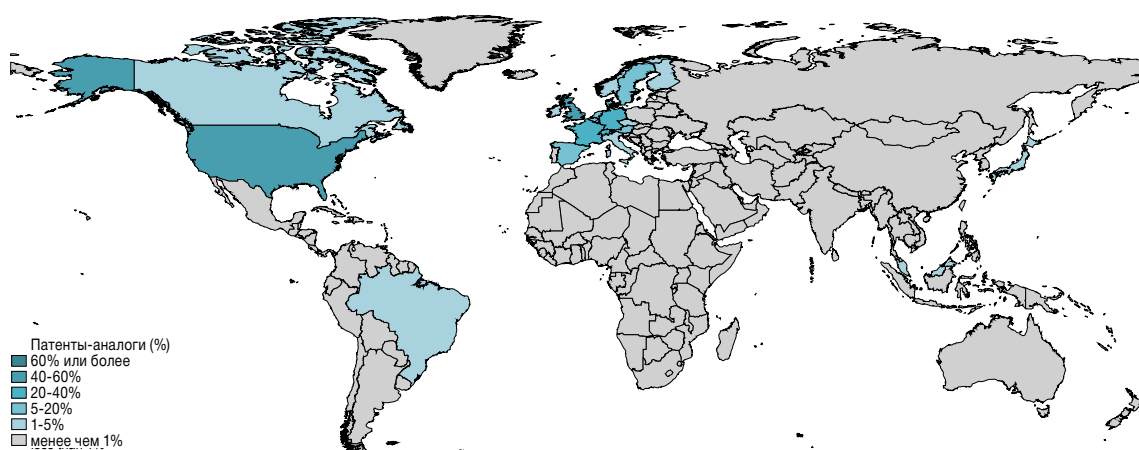
98. Hager (2006).

99. Sheehan (1982).

100. Однако по поводу того, кому принадлежит открытие — Ваксману или Шатцу — и кто должен получать роялти, были определенные противоречия. Им был положен конец решением американского суда в 1950 г., который присудил выплату компенсаций Шатцу.

Рисунок 2.6. Ограниченная патентная охрана антибиотиков испрашивалась за пределами США и Соединенного Королевства

Доля патентных семейств в мире, в отношении которых заявители испрашивали патентную охрану в той или иной стране в период до 1970 г.



Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Все эти революционные изобретения быстро и без серьезных затрат распространились в промышленно развитых странах, т.е. патенты не мешали этому процессу. Как упоминалось выше, после сделанного во Франции открытия базовое соединение сульфамидных препаратов стало непатентуемым. Аналогичная ситуация сложилась и с открытием пенициллина Флемингом. Такое отсутствие патентоспособности способствовало быстрому распространению лекарств. В случае стрептомицина компания Merck согласилась на его широкое лицензирование под давлением Ваксмана и Ратгерского университета. Кроме того, даже в развитых странах патенты на продукты не были широко распространены вплоть до конца 1960-х гг., а в большинстве развивающихся стран патенты на продукты в фармацевтической отрасли были разрешены только после подписания Соглашения по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (ТРИПС) в 1995 г.¹⁰¹ Некоторые исследователи отмечают, что несмотря на это, распространение революционных антибиотиков в развивающихся странах потребовало довольно много времени¹⁰². Более того, многие инфекционные заболевания, для лечения которых они используются, являются проблемой даже сегодня, когда срок действия патентов уже истек. Если посмотреть на даты выдачи патентов на антибиотики, то становится очевидно, что это было характерно не только для развивающихся стран (рис. 2.6). В значительной доле патентных заявок, поданных до 1970-х гг., охрана испрашивалась только в Соединенном Королевстве и США, т.е. большинство изобретений были доступны в других юрисдикциях, где действовало множество конкурирующих компаний, в частности в Германии, Франции, Швейцарии и Японии.

Параллельное развитие патентной системы, науки и промышленности

Во многих отношениях революция антибиотиков сформировала фармацевтическую отрасль и способствовала существенным изменениям в ней в последующие годы. Как показывает анализ истории антибиотиков широкого спектра действия выше, первые революционные инновации создали прибыль и возможности, которые позднее были использованы для поиска новых антибиотиков и других лекарств. Впоследствии в отношении всех классов препаратов задача этого поиска состояла только в том, чтобы добиться исключительности при производстве патентоспособных изобретений. Эту задачу выполняли крупные, вертикально интегрированные компании, активно занимавшиеся исследованиями. Патентные разбирательства и гонка за получением патентов стали более частым явлением. Как только компания получала патент, начинался активный маркетинг соответствующего лекарства. Такое развитие маркетинга, а также опасения по поводу ненадлежащего использования и высоких цен способствовали принятию новых законов о лекарствах, что, как предполагается, повысило затраты на разработку лекарств и, возможно, сделало патентную охрану более значимой.

101. Deere (2008).

102. Cutler et al (2006).

Один из выводов, который можно сделать из истории революционных инноваций, состоит в том, что наука, технологии, право и стратегии фирм развиваются параллельно. Поэтому очень сложно выявить причинно-следственную связь между патентами (и другими правами интеллектуальной собственности) и инновациями. Сложно сказать, как шла бы разработка революционных антибиотиков, если бы патентная система была сильнее или слабее. Однако можно с гораздо большей уверенностью говорить о том, что революция антибиотиков помогла сформировать активно использующую патенты фармацевтическую отрасль в ее нынешнем виде посредством создания возможностей и прибыли, которые стали источником последующих инноваций, и посредством разработки патентного законодательства, стандартов и патентных стратегий компаний.

Стрептомицин стал одним из прецедентов, который вызвал изменение патентного законодательства США. Ранее критерием патентоспособности было наличие «творческого дара». Это требование мешало получению патентов на многие антибиотики, которые были получены с помощью известных методов. В Законе о патентах 1952 г. формулировка «творческий дар» была изменена на «неочевидность», которая гораздо лучше подходила для получения патентов, являющихся результатом масштабной и стандартизированной научно-исследовательской деятельности¹⁰³. Требование наличия неочевидности или «изобретательского уровня» было введено и в других странах, включая Японию (1959), Швецию (1967), Францию (1968) и Соединенное Королевство (1968)¹⁰⁴. Выдача патента на смесь химически связанных веществ стала важным прецедентом в фармацевтической отрасли, как и введение требования о наличии неочевидности.

Примерно в тот же период были внесены и другие изменения в законодательство США. Они были направлены на создание стандарта эффективности в FDA для новых препаратов и устранение патентов на аналогичные лекарства и комбинированные препараты с фиксированными дозировками¹⁰⁵. Изначально на стадии законопроекта Закон о поправке Кефаувера-Харриса также включал в себя положения об обязательном лицензировании, которое, по сути дела, давало возможность выйти на рынок через три года в обмен на уплату роялти разумного размера. По всей видимости, в основе таких законодательных поправок лежали опасения по поводу негативных последствий патентной монополии на антибиотики, но их часто приводят в качестве причин того, что патентная охрана важна в фармацевтике как ни в каких других областях. С одной стороны, проведение испытаний значительно увеличило затраты на НИОКР, создав потребность в том, чтобы патент действовал достаточно долго и давал возможности для возврата инвестиций. С другой стороны, необходимость проведения испытаний делает создание изобретений «вокруг» патента сложнее. Можно немного модифицировать молекулу, но выведение такой

измененной молекулы на рынок требует больших затрат, потому что нужно проводить новые испытания.

До 1970-х гг. научные институты неохотно участвовали в патентовании и лицензировании, особенно в сфере технологий, связанных со здравоохранением¹⁰⁶. Во всех рассмотренных случаях ученым было несколько не по себе при патентовании общественно важных технологий в сфере здравоохранения. Научные институты также не проявляли особого энтузиазма. Например, права на патент Шейхана на синтетический пенициллин были переуступлены не MIT, а Исследовательской корпорации (стороннему агенту по передаче технологий, созданному в 1912 г.), которая в послевоенный период вела патентные дела от имени многих институтов. Научные учреждения неохотно занимались лицензированием, но, когда они все же участвовали (как в случае стрептомицина), они старались применять широкий подход и содействовать росту конкуренции. В США в последующие десятилетия научные учреждения стали активнее участвовать в патентовании и лицензировании медицинских изобретений. После некоторых событий, итогом которых стало принятие Закона Бей-Доула в 1980 г., частью федеральной политики стало поощрение патентования и предоставления исключительных лицензий на результаты государственных медицинских исследований. Сложно судить о том, каким образом такое внимание к патентованию и лицензированию повлияло (и повлияло ли вообще) на другие типы взаимодействия между университетами и промышленностью, а также на каналы передачи технологий, которые были важны для революционных изменений¹⁰⁷.

Как упоминалось в разделе 2.2.1, растет беспокойство по поводу штаммов бактерий, резистентных к антибиотикам. Некоторые считают, что это окажет значительное влияние на мотивацию к разработке новых антибиотиков и будет способствовать изменениям в институциональных и регуляторных механизмах, связанных с фармацевтической отраслью, в том числе потенциально и в патентной системе¹⁰⁸. Однако характер такой динамики пока неясен.

103. Dutfeld (2009) and Kingston (2004).

104. Kingston (2001).

105. Carpenter (2014).

106. Mowery and Sampat (2001a, b).

107. Mowery et al (2004).

108. Outterson et al (2007), So et al (2011) и Jaczynska et al (2015).

2.3 Полупроводники

«Интегральные микросхемы станут источником таких чудес, как персональные компьютеры...автоматическое управление в автомобилях и персональные переносные устройства связи. Чтобы создать сегодня электронные наручные часы, не хватает только дисплея».

Гордон Мур,

один из основателей компании Intel, 1965 г.

Полупроводник представляет собой материал, который проводит электричество только при определенных условиях. Это свойство делает его хорошим средством контроля электрического тока и позволяет полупроводниковым устройствам переключать, усиливать и преобразовывать электрический ток. Полупроводниковые технологии лежат в основе развития ИКТ и современной цифровой экономики. Изобретение полупроводников способствовало быстрому развитию мейнфреймов, а затем персональных компьютеров (ПК), что, в свою очередь, привело к информатизации целых отраслей и институтов, в частности больниц, школ, транспорта и домов¹⁰⁹.

2.3.1 Создание полупроводников и их экономическая роль

Слово «полупроводник» впервые использовал Алессандро Вольт в 1782 г., когда он исследовал электрические свойства различных материалов. Технологический прорыв, лежащий в основе изобретения полупроводников, произошел благодаря целому ряду научных открытий и изобретений. Его кульминацией стало изобретение микропроцессора, ставшего основным элементом ПК, а также любого устройства, обладающего вычислительными возможностями.

Историю полупроводников можно разделить на четыре исторических этапа: вакуумные лампы, транзисторы, интегральные микросхемы (ИМС) и микропроцессоры. Проще говоря, микропроцессор состоит из множества интегральных микросхем, которые, в свою очередь, представляют собой совокупность связанных между собой транзисторов на кристалле.

Вакуумные лампы (1900-1945 гг.): создание научного фундамента для полупроводников

В 1904 г., через сто лет научных исследований, Джагадиш Бош получил первый патент на устройство, в основе работы которого лежала способность полупроводников обнаруживать электромагнитные волны для их использования в радио¹¹⁰. В 1908 г. Ли де Форест запатентовал триод на основе вакуумной лампы. Это устройство могло улавливать и усиливать слабые радиосигналы¹¹¹. Подобные устройства использовались также как выпрямители — для преобразования переменного тока в постоянный. Первая мировая война дала значительный стимул разработке новых поколений усилителей и их массовому производству. Распространение телефонной связи создавало дополнительный спрос на усилители¹¹². После войны усилители на основе вакуумных ламп способствовали развитию телефонии, радио и компьютеров.

Однако с вакуумными лампами были связаны определенные технические проблемы. Металл в лампах выгорал, а сами лампы были слишком большими и ненадежными, а также потребляли много энергии. Во время Второй мировой войны вооруженным силам (в основном в США) требовалось большое количество качественных радиолокационных приемников. А в Соединенном Королевстве требования военного времени в сочетании с усилиями Блетчли-Парк способствовали созданию первого электронного программируемого компьютера под названием «Коллос».

Несмотря на то, что вакуумные лампы были надежнее и шире использовались, чем более ранние технологии, по мере расширения промышленного производства их недостатки становились все очевиднее. Перед исследователями встала задача преодоления этих трудностей.

Транзисторы (1945–1950-е гг.): от открытия Белла до инноваций, созданных (конкурирующими) компаниями

После войны исследовательский центр Bell Telephone Labs, подразделение компании American Telephone & Telegraph (AT&T), стал одним из лидеров в области инновационного развития в этой сфере. В декабре 1947 г. центр объявил о том, что группе исследователей во главе с Уильямом Шокли удалось по счастливой случайности изобрести транзистор. Вскоре Шокли покинул Bell Labs и основал собственную компанию — Shockley Semiconductor Laboratory. Транзисторы сыграли ключевую роль в разработке электронных устройств. Они имели небольшой размер, почти не нагревались, отличались высокой надежностью и низким энергопотреблением. Все это позволило существенно уменьшить размер комплексной электросхемы, что было необходимо для создания компьютеров.

110. Патент US 755,840.

111. Патент US 879,532.

112. Levin (1982).

109. В основе этого раздела лежит работа Hoeren (2015a).

Европейские исследователи и компании также обладали достаточными технологическими знаниями для разработки и производства транзисторов. В августе 1948 г. немецкие физики Герберт Матаре и Хайнрих Велькер из французской компании Compagnie des Freins et Signaux Westinghouse подали патентную заявку на «le transistron». Они проводили свои исследования независимо, но параллельно с Bell Labs. Всего лишь через неделю после заявления Bell Labs компания Philips в Нидерландах произвела работающий транзистор, за ней последовала компания Thomson-Houston во Франции и компания General Electric Corporation и Standard Telephones and Cables в Соединенном Королевстве¹¹³.

Первый транзистор был улучшен благодаря целому ряду последующих продуктовых и процессных инноваций, и в итоге Жаном Эрни, который только что ушел из компании Shockley Semiconductor и основал компанию Fairchild Semiconductor, был создан планарный транзистор.

ИМС (1960-е гг.): рост числа стартапов и закон Мура

После транзистора появилась интегральная микросхема. Она была изобретена и запатентована независимо Джеком Килби в Техасе в 1959 г. и Робертом Нойсом из компании Fairchild Semiconductor¹¹⁴. Независимые исследования, проводившиеся в Европе, развивались в том же направлении. В 1952 г. британский физик Дж. В. А. Даммер повторил результаты Килби. Взяв за основу его идею, британская компания Plessey выпустила первую в мире модель ИМС.

Стоимость ИМС была конкурентоспособной по сравнению с дискретными транзисторами, что обеспечило быстро распространение этой технологии и, в частности, ее применение в мейнфреймах, использовавшихся в военных целях или крупным бизнесом, а позднее — в больших компьютерах, принадлежавших фирмам и лабораториям. Основные задачи полупроводниковой отрасли заключались в дальнейшей миниатюризации и повышении вычислительной мощности ИМС. В последующее десятилетие была доказана принципиальная справедливость предсказания, сделанного в 1965 г. Гордоном Муром, одним из основателей компаний Fairchild Semiconductor и Intel: число транзисторов на кристалле микропроцессора будет удваиваться каждые 12 месяцев (позднее он изменил эту цифру на 24 месяца). Сегодня этот принцип известен как закон Мура.

Микропроцессоры (1970 — 1990-е гг.): применение полупроводников в ПК

Микропроцессоры способствовали появлению персональных компьютеров, благодаря которым компьютерные технологии пришли в домашние хозяйства и малый бизнес. Микропроцессоры были устроены гораздо сложнее, чем ИМС. На одном кристалле располагалось более 100 000 компонентов и логических элементов.

В 1970–1971 гг. и Texas Instruments, и Intel заявили о создании первого микропроцессора. Начиная с 1970-х гг. японские производители занялись разработкой и массовым производством микропроцессоров, составив серьезную конкуренцию Intel и большинству американских компаний (см. раздел 2.3.3).

Между тем, процессные инновации и разработка компьютеризированных инструментов проектирования позволили разделить проектирование товаров на основе микросхем и процесс производства. Благодаря этим важным инновациям фирмы смогли специализироваться в более узких сферах. Это также стало основой появления рыночных возможностей для новых компаний (особенно в Азии), так как они смогли наладить массовое производство дешевых микросхем для отрасли ИКТ по всему миру.

Экономическая роль полупроводников

Полупроводники оказали существенное воздействие на экономику и продолжают его оказывать сегодня. Вплоть до 1970-х гг. полупроводниковые устройства использовались для генерирования электрического тока и его контроля, а также для обнаружения радиосигналов. Полупроводниковые приборы нашли применение в самых разных отраслях, включая транспорт, производство химических веществ и алюминия, что способствовало огромному увеличению производительности в этих отраслях. Позднее полупроводники содействовали развитию отрасли ИКТ, что дало возможности для роста и во многих других отраслях.

Сама по себе отрасль полупроводников растет уже более четырех десятилетий. Объем глобального рынка полупроводников в 2015 г. оценивался в 347 млрд. долл. США, тогда как в 1976 г. этот показатель составлял около 3 млрд. долл. США (см. рисунок 2.7). Изначально рост спроса обеспечивался за счет компьютеров и потребительских электронных приборов. Сегодня в основе роста лежат автомобильные товары и беспроводные устройства¹¹⁵.

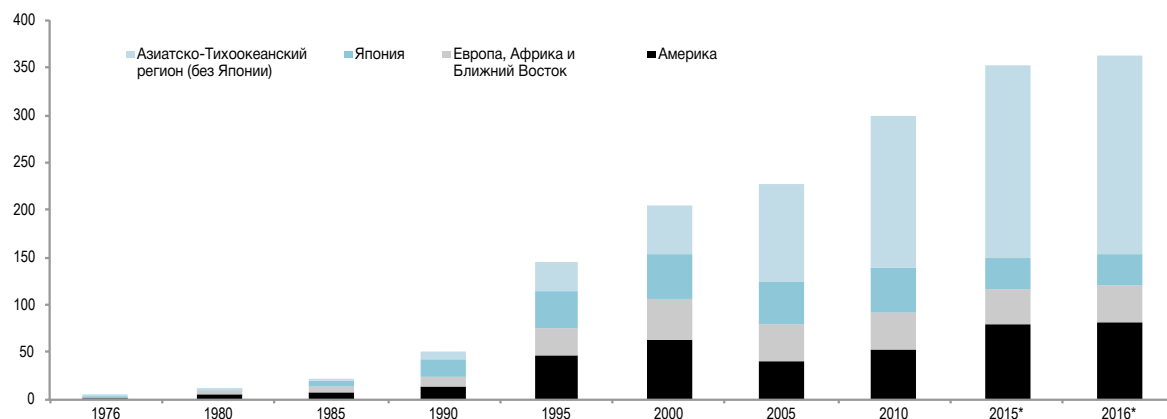
113. Malerba (1985).

114. За эту революционную инновацию Килби был удостоен Нобелевской премии по физике в 2005 г.

115. WSTS (2015).

Рисунок 2.7. Продажи полупроводников в мире быстро росли, но в различных регионах этот процесс шел неравномерно

млрд долл. США, в текущих ценах, 1976–2016 гг.



Примечание: регионы соответствуют определению WSTS. * по оценкам.

Источник: BOIS, на основе Historical Billings Report и данных WSTS (2015).

В этот период наблюдался важный географический сдвиг в сфере производства полупроводников. В 1976 г. 70 процентов поставок приходилось на США, 20 процентов — на Европу и 5 процентов — на Японию. А к 1990 г. доля США упала приблизительно до 30 процентов, тогда как доля Японии увеличилась до 40 процентов. После этого отмечалось снижение доли США, Европы и Японии, а доля Азиатско-Тихоокеанского региона (особенно Тайваня (провинция Китая) и Республики Корея) к 2015 г. достигла 60 процентов.

Использование ИКТ и интернета изменило существующие отрасли и создало совершенно новые, в том числе в сфере розничной торговли, дистрибуции, энергетики, финансов, транспорта и здравоохранения. ИКТ влияют на то, как люди учатся, путешествуют, работают и взаимодействуют в социальном пространстве.

Экономисты попытались вычислить, какое общее влияние оказывают ИКТ на экономический рост (см. раздел 1.2 и вставку 1.2 в предыдущей части доклада). Они считают, что с течением времени сложились три канала роста¹¹⁶.

Во-первых, инвестиции в ИКТ способствуют общему углублению капитала¹¹⁷. Во-вторых, технологический прогресс в сфере ИКТ содействует росту ОПФ в производящих ИКТ отраслях. Качество и скорость работы кристаллов постоянно растут, а их стоимость падает, что значительно ускоряет их распространение¹¹⁸. В-третьих, как и в случае с другими GPT, расширение использования компьютеров во всех секторах экономики с течением времени повышает общую производительность факторов производства. Компании и сделки становятся более эффективными, в том числе благодаря сетевому эффекту, если инвестиции в ИКТ сопровождаются организационными и процессными инновациями.

Эмпирические исследования подтверждают наличие всех трех каналов роста, но с некоторыми оговорками, в частности в отношении третьего канала. Существует общее понимание по поводу того, что с середины 1990-х гг. производящий ИКТ сектор внес значительный вклад в рост производительности в нескольких странах с высоким уровнем дохода¹¹⁹. В США роль ИКТ в повышении производительности труда была очевидна еще в середине 1970-х гг. (см. вставку 1.2). Инвестиции в ИКТ действительно продолжали положительно влиять на рост добавленной стоимости вплоть до последнего экономического кризиса и после него¹²⁰.

116. OECD (2004) и Van Ark and Inklaar (2005).

117. Stiroh (2002).

118. Jorgenson (2001).

119. Jorgenson and Stiroh (2000) и Colechia and Schreyer (2002).

120. Van Ark (2014).

Кроме того, большинство исследований, проведенных в начале 2000-х гг. в США и в некоторых других странах с высоким уровнем дохода, показали значительное влияние повышения эффективности в секторах, использующих ИКТ (в частности, в сфере услуг), в отличие от секторов, производящих ИКТ¹²¹.

Однако такими преимуществами инвестиций в ИКТ пока смогли воспользоваться не все страны. Есть опасения, что обусловленный ИКТ рост производительности не настолько характерен для Европы и Японии, как для США¹²². Некоторые исследования также указывают на то, что влияние углубления капитала ИКТ на производительность в странах с высоким уровнем дохода, возможно, в настоящее время достигло своего максимума (см. раздел 1.5)¹²³.

Началось распространение полупроводников в странах с формирующейся рыночной экономикой, иногда довольно быстрое. По состоянию на 2015 г. крупнейшим рынком полупроводников является Китай, а за ним следуют Индия, Российская Федерация и Бразилия¹²⁴. Кроме того, в некоторых экономиках с низким и средним уровнем дохода ИКТ уже оказали большое влияние на повышение эффективности рынков, в частности, благодаря созданию новых платежных сервисов и дальнейшему стимулированию инноваций. Безусловно, такой потенциал в развивающихся странах еще не исчерпан. Что касается производства полупроводников, то сборка и производство в наибольших масштабах осуществляются в таких экономиках, как Китай, Малайзия, Тайвань (провинция Китая) и в некоторых других экономиках Азии. В области полупроводниковых инноваций наиболее прибыльные виды деятельности, такие как проектирование кристаллов, по-прежнему ведутся в странах с высоким уровнем дохода (с лишь несколькими исключениями, такими как Китай и некоторые страны Азии и Латинской Америки, в частности Аргентина, Бразилия и Коста-Рика).

2.3.2 Инновационная экосистема в сфере полупроводников

Экосистема, стимулирующая создание инноваций в сфере полупроводников, значительно менялась с течением времени, отражая, в частности, переход от первых изобретений и их коммерциализации к массовому производству и распространению. Системы создания инноваций в каждом из трех географических регионов (в США, Европе и Японии) имели собственную характерную структуру, которая определенным образом влияла на появление и распространение инноваций.

В США в Кремниевой долине были созданы условия для появления специализированных компаний и их сосуществования с крупными, давно действующими на рынке компаниями. В Японии крупные фирмы, которые сначала использовали технологии, полученные по лицензии из США, затем смогли наладить крупное и более дешевое производство, а также начали создавать инновации как на технологическом, так и на организационном уровне. Для Европы было характерно наличие прочной системы фундаментальных исследований, доминирование крупных фирм (и проведение отраслевой политики, направленной на их создание и сохранение), а также акцент на потребительских рынках. Все это позволило европейским компаниям получить значительное конкурентное преимущество в сфере производства полупроводников для потребительских отраслей.

В ходе всех этапов (и особенно в ходе первого этапа до начала 1960-х гг.) создание инноваций в сфере полупроводников в значительной степени опиралось на достижения фундаментальной науки и связи с государственными и университетскими исследованиями. Кроме того, быстрое распространение знаний стимулировало инновации во всем мире.

Инновации в сфере полупроводников получили значительный стимул благодаря правительственной поддержке и политике. Правительство обеспечивало спрос на полупроводниковые устройства и их закупки, а также проводило соответствующую отраслевую и торговую политику.

Концентрация в США и Европе на первом этапе. Распространение в Азии

Большинство инноваций в сфере полупроводников были созданы в нескольких кластерах. В США Кремниевая долина и область залива Сан-Франциско стали синонимами предпринимательства в сфере ИКТ, динамизма и инноваций. В Японии важными кластерами, где ведется деятельность в области полупроводников, стал Токио и регион Осака — Кобе¹²⁵.

121. Jorgenson and Stiroh (2000), Pilat and Wölfl (2004), Bosworth and Triplett (2007) и OECD (2015).

122. Colecchia and Schreyer (2002), Jorgenson and Motohashi (2005) и van Ark (2014).

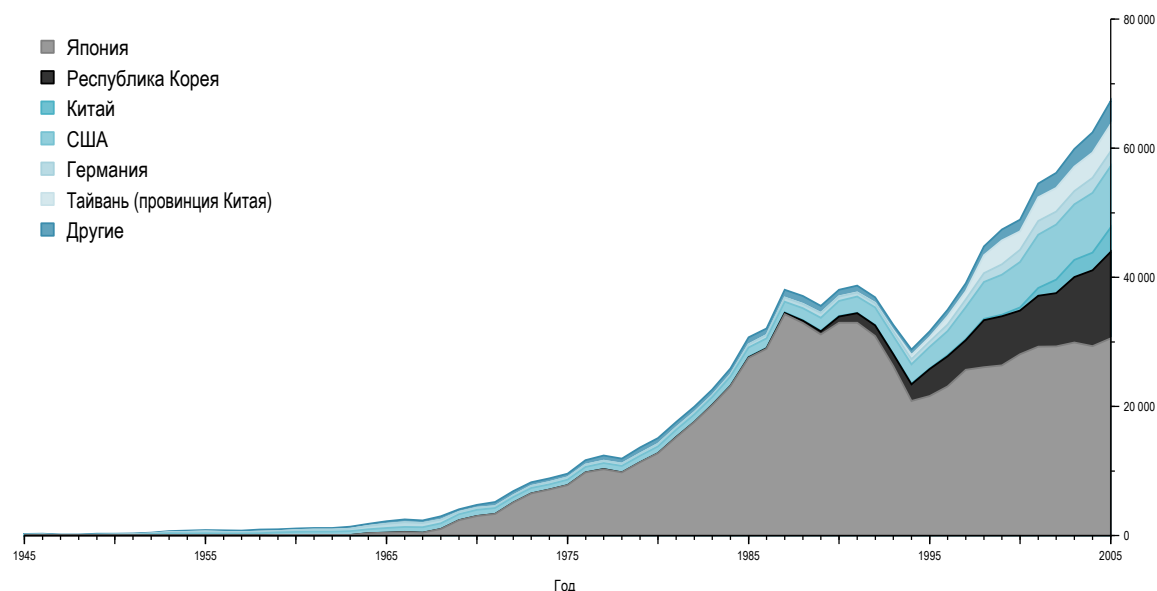
123. Gordon (2012) и van Ark (2014).

124. PwC (2014).

125. Morris (1990).

Рисунок 2.8. Быстрый рост числа патентов на полупроводники, особенно в США и Японии

Первые патентные заявки по месту происхождения, 1945–2005 гг.



Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

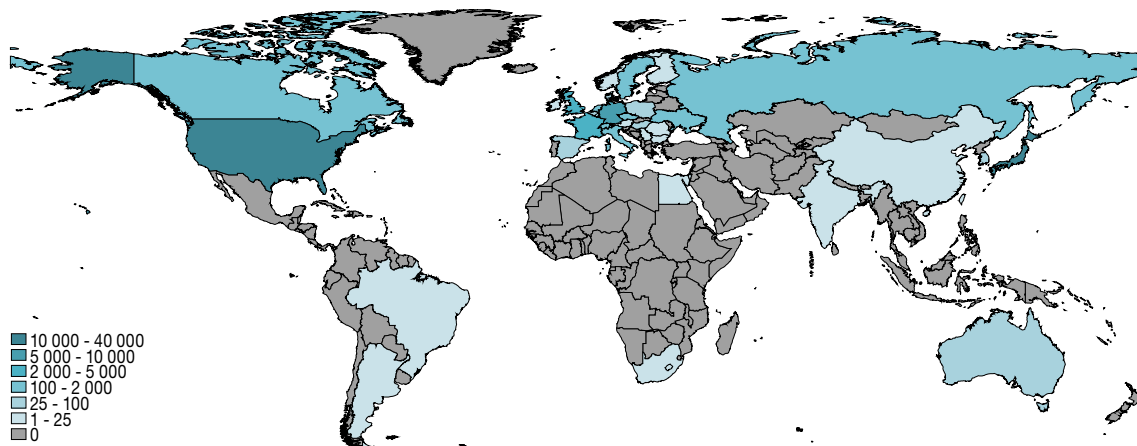
На рисунке 2.8 показано число первых патентных заявок на полупроводники в мире в период 1954–2005 гг. Этот период охватывает создание первоначальных изобретений (от транзистора в 1947 г. до микропроцессора в 1971 г.) и их последующее распространение. В первый период лидерами в сфере патентования полупроводников были США и Япония. За ними следовали Германия, Соединенное Королевство, Франция и Нидерланды. Вплоть до 1971 г. американские изобретатели ежегодно регистрировали в среднем 40 процентов всех патентов в этой отрасли. До 1960-х гг. изобретатели японского происхождения регистрировали в среднем один процент всех патентов. Но к 1980 г. их доля выросла до 85 процентов, достигнув максимального значения (90 процентов) в 1986 г. Точно так же доля патентов, регистрируемых изобретателями из Республики Корея, была близка к нулю еще в конце 1980-х гг., а в 2005 г. она составила 20 процентов. Значительная доля японских патентов, во всяком случае, до определенной степени связана с практикой создания «патентных заборов», в рамках которой японские фирмы регистрируют множество патентов на небольшие изменения, внесенные в базовые технологии, которые уже запатентованы американскими компаниями. Особенности японской патентной системы позволяют использовать такую практику¹²⁶.

На рисунке 2.9 показано происхождение первых патентных заявок в период создания изобретений 1945–1975 гг. (вверху) и контраст с ситуацией в период 1976–2005 гг. (внизу). В каждый период 89 процентов зарегистрированных в мире патентов на полупроводники приходилось на три страны: в период 1945–1975 гг. этими тремя странами были Япония, США и Германия, а во второй период — Япония, США и Республика Корея. Во второй период в первую шестерку по числу патентов вошли Тайвань (провинция Китая) и Китай. Рост объемов патентования наблюдается и в других экономиках (таких как Сингапур, Израиль, Российская Федерация, а также в странах со средним уровнем дохода, включая Малайзию, Индию и ЮАР), хотя число патентов относительно невелико.

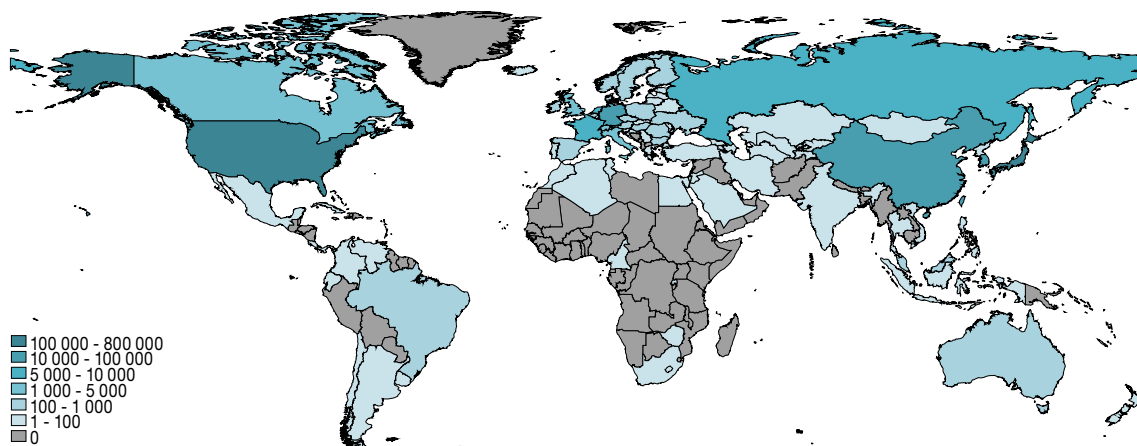
126. См., например, Wolfson (1993).

Рисунок 2.9. Распространение из США, Германии и Японии, а также других стран Азии

Первые патентные заявки по месту происхождения, 1945–1975 гг.



Первые патентные заявки по месту происхождения, 1976–2005 гг.



Источник: ВОИС, на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Эволюция экосистемы, в условиях которой формировались инновации в сфере полупроводников

Экосистема, в условиях которой создавались инновации в сфере полупроводников, прошла через различные технологические этапы, которые описаны в разделе 2.3.1.

Вакуумные лампы: крупные интегрированные фирмы и потребность в фундаментальных исследованиях

Основными производителями полупроводников были крупные интегрированные компании (в основном это были компании, производившие электрические и электронные системы, такие как Western Electric в США, Philips в Нидерландах, Siemens в Германии и Nippon Electric Company (NEC) в Японии). Они сформировали устойчивую олигополию. В основе деятельности американских и европейских компаний лежала работа их собственных мощных исследовательских подразделений, а также исследования, проводившиеся в университетах. В тот период инновационная деятельность японских компаний проводилась с опорой на иностранные технологии.

Транзисторы: создание кластеров и новые игроки на рынке США

В этот период в разработке новых полупроводниковых устройств особую роль играло взаимодействие между научными и технологическими знаниями¹²⁷. В США в таких университетах, как Стэнфордский университет, MIT и Университет Калифорнии в Беркли, сформировался пул талантливых ученых и инженеров, что заставляло компании создавать подразделения в этом регионе. Взаимодействие между фундаментальными и прикладными исследованиями играло настолько большую роль, что крупные корпорации создавали собственные исследовательские лаборатории (в случае AT&T это был центр Bell Labs).

В Европе и Японии основными производителями были по-прежнему крупные интегрированные фирмы, действовавшие в сфере электрооборудования, хотя в Японии определенную конкуренцию создавали фактические и потенциальные новые игроки на рынке, такие как компания Sony. В США крупные фирмы сосуществовали с новыми игроками, среди которых можно выделить компании двух типов: фирмы, которые ранее действовали в других отраслях (например, компании Hughes и Texas Instruments), и компании, созданные для производства полупроводников (например, Transiltron).

Американские компании в основном работали на военные ведомства, тогда как европейские и японские фирмы были ориентированы на рынок гражданских товаров, в частности, связанных с радио и телевидением. Потребности двух этих рынков существенно отличались. В Европе и Японии исследования были нацелены на то, чтобы обеспечить низкие издержки, надежность и более широкие возможности по обнаружению сигналов, а основным материалом для производства транзисторов стал германий. В США соображения, связанные с размерами и энергоемкостью, ставили четкие задачи с точки зрения создания новых устройств и заставляли производителей использовать кремний вместо германия¹²⁸. Позднее кремний стал основным материалом полупроводников для большинства видов применения.

Интегральные микросхемы: быстрый рост стартапов в США и лишь незначительная динамика в Европе и Японии

Различия между американской системой и европейской и японской системами нарастали.

В США рыночный сегмент ИМС привлекал внимание многих ученых-предпринимателей, которые уходили из крупных корпораций и создавали собственные фирмы, связанные с ИМС. Эта тенденция укреплялась благодаря мобильности людей, которой способствовало образование кластеров и доступ к рисковому капиталу¹²⁹. К 1966 г. основными производителями полупроводников в США были фирмы, специализирующиеся на производстве полупроводников (такие как Texas Instruments, Fairchild, Motorola), а за ними следовали крупные компании, занимающиеся электрооборудованием (такие как Western Electric и General Electric).

В Европе полупроводники использовались в основном на потребительском рынке. Поэтому основные производители, которые наработали значительный опыт в применении германия, — компании Philips and Siemens — продолжали массовое производство транзисторов и не хотели переходить к использованию кремния и ИМС. В Европе на производство ИМС перешли менее крупные фирмы, такие как Plessey и Ferranti в Соединенном Королевстве, COSEM во Франции и Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft AEG —Telefunken в Германии. Однако поздний выход на рынок и ограниченные финансовые ресурсы не позволили им достаточно вырасти. Более того, потребительский рынок заставил европейские фирмы сделать выбор в пользу аналоговых, а не цифровых ИМС. Это поставило европейских производителей в невыгодное положение, так как в этой отрасли стали доминировать кремний и цифровые ИМС. Поэтому европейский рынок компьютеров и цифровых устройств в основном наполнялся импортными товарами из США или от европейских подразделений американских фирм, тогда как европейские фирмы сохраняли прочные позиции на рынке бытовой электронной техники¹³⁰. В широком смысле стартапы в США обеспечили больший динамизм и более быстрый переход к современным ИМС.

Японская полупроводниковая промышленность имела некоторые общие черты с европейской, несмотря на то что была менее развита технологически. Как и ранее, в промышленности доминировали крупные интегрированные фирмы. Кроме того, фирмы сфокусировались на потребительском рынке, в особенности калькуляторах, и не желали переходить на кремниевые устройства.

127. Например, в конце 1940-х гг. исследователи из Университета Пердью, очень близко подошли к созданию транзистора.
128. Malerba (1985) и Langlois and Steinmueller (1999).

129. Соглашение, которое инженеры, покидающие Shockley Semiconductor, заключали с Fairchild Camera and Instrument (компанией, которая финансировала создание Fairchild Semiconductor), было первым из соглашений подобного рода. Оно способствовало появлению бизнеса, связанного с венчурным капиталом (Lécuyer and Brock, 2010).
130. Malerba (1985).

Таблица 2.4. Эволюция экосистемы полупроводников (1900–1990-е гг.)

	Основные субъекты	Типы инновационной деятельности	Основные виды применения
Вакуумные лампы	Интегрированные фирмы, занимающиеся электрооборудованием (EU/US/JP)	Продуктовые инновации, сделанные благодаря научным открытиям	Военные радары (US) Потребительские рынки: телевидение и радио (EU/JP) Источники питания, транспорт и металлургия (EU)
Транзисторы	1. Интегрированные фирмы, занимающиеся электрооборудованием (EU/US/JP) 2. Специализированные фирмы (US)	Продуктовые инновации, сделанные благодаря исследовательской и инженерной деятельности	Применение в военной отрасли и в компьютерной отрасли (US) Потребительские рынки: телевидение и радио (EU/JP)
ИМС	1. Интегрированные фирмы, занимающиеся электрооборудованием (EU/JP) 2. Стартапы (US)	Продуктовые и процессные инновации, организационные и финансовые инновации	Мейнфреймы и миникомпьютеры (US) Потребительские рынки (EU/JP)
Микропроцессоры	1. IDM (US/ EU/JP/ KR) 2. Фирмы, не имеющие производственных мощностей (US) 3. Производственные фирмы (TW/SG/MY/TH/CN)	Продуктовые и процессные инновации, организационные инновации	ПК (US) Бытовая электроника, телекоммуникации и автомобильная отрасль (EU) Бытовая электроника (JP)

Примечания: EU — Европа, JP — Япония, KR — Республика Корея, TW — Тайвань (провинция Китая), SG — Сингапур, MY — Малайзия, TH — Таиланд и CN — Китай.

В этот период взаимодействие между НИОКР и производством было очень важно для инноваций. Например, в компании Texas Instruments была создана такая организационная структура, которая способствовала взаимодействию разных подразделений. Это был один из факторов, предопределивших успех компании¹³¹. Точно так же и в компании Fairchild Semiconductor изобретение планарного транзистора стало результатом исследований, в основе которых лежала интуитивная догадка руководителя производственного подразделения¹³².

Микропроцессоры: тенденция к большему разделению труда между проектированием и производством

Процессные инновации ослабили взаимозависимость НИОКР и производства. Кроме того, сложность микропроцессоров требовала больших инвестиций в производство. Поэтому появилось три типа фирм: фирмы, которые самостоятельно занимались как производством, так и проектированием (или *интегрированные производители устройств (IDM)*), фирмы, специализирующиеся на проектировании, которые получили название *фаблесс* (фирмы, не имеющие собственных производственных мощностей), и фирмы, специализирующиеся на производстве (*фаундрии*). Использование полупроводников в сфере беспроводной коммуникации и потребительских товаров, таких как видеоигры, также способствовало росту специализации. Эти рынки были гораздо более фрагментированы, а жизненный цикл продаваемых на них товаров — гораздо короче, чем на компьютерных рынках.

В США компания Intel, лидер рынка микропроцессоров, и большинство связанных с полупроводниками фирм сосредоточились на работе с кристаллами, требующими значительных усилий в области проектирования, так как такая работа позволяла получать больший объем прибыли. Некоторые из таких фирм (например, Intel и Texas Instruments) сохранили свои производственные мощности, превратившись в IDM. Другие компании, такие как Qualcomm, выбрали модель, предполагавшую отказ от производственных мощностей и передачу процесса производства на аутсорсинг компаниям-производителям. Большинство японских фирм, такие как NEC, Toshiba и Hitachi, также стали IDM, но сосредоточились на стандартизированных полупроводниковых устройствах. Точно так же в Корею компании Samsung, Hyundai и LG Electronics вошли в число мировых лидеров по производству микросхем памяти. Компании-производители в основном располагались на Тайване (провинция Китая). В 1996 г. основные компании-производители Тайваня (провинция Китая) — Taiwan Semiconductor Manufacturing, United Microelectronics и Winbond Technology — производили 40 процентов продукции, необходимой американским компаниям, которые не имели собственных производственных мощностей¹³³. В конце 1990-х гг. среди производственных компаний появились компании из других стран Азии, таких как Сингапур, Малайзия, Таиланд и Китай.

Американские компании сосредоточились на разработке компьютерных приложений, а японские — на производстве бытовой электротехники. Размер и диверсифицированный характер японских фирм позволял им опираться на внутреннее движение капитала в периоды снижения продаж, что гарантировало стабильные и высокие нормы инвестирования. Для японских компаний было характерно и то, что они уделяли особое внимание контролю качества: практика Глобального управления качеством способствовала разработке процесса автоматического контроля и мониторинга. Это оказало значительное воздействие на повышение уровня качества и производительности. Кроме того, распространенная в Японии система пожизненной занятости ограничивала распространение знаний и способствовала сохранению разработанных ноу-хау.

131. Morris (1990).

132. Lécuyer and Brock (2010).

133. Langlois and Steinmueller (1999).

Европейские компании использовали стратегию поглощения американских фирм и налаживания научно-исследовательского сотрудничества с ключевыми производителями микропроцессоров. Это позволило им использовать новые технологии в производстве бытовой электроники, в сфере телекоммуникаций и в автомобилестроении. Компаниям Philips, Siemens и SGS-Thomson удалось сохранить свои позиции на международных рынках бытовой электроники. Кроме того, от них отделились новые, специализирующиеся на полупроводниках компании, которым впоследствии удалось добиться успеха¹³⁴.

Ключевая роль государства в финансировании и стимулировании исследований и инноваций

Государство стимулировало развитие полупроводниковой отрасли с помощью самых разных механизмов, которые существенно различались в разных странах.

В США в конце 1950-х гг. четверть всех расходов на НИОКР в отрасли приходилась на грант, предоставленный в 1949 г. центру Bell Labs на проведение исследований, гранты на заключение пилотных контрактов, связанных с НИОКР и производством, и другие прямые и косвенные формы финансовой поддержки¹³⁵. Оказание финансовой поддержки продолжалось вплоть до проекта SEMATECH 1987 г., который также способствовал установлению сотрудничества между конкурирующими фирмами. Правительство и его военные ведомства обеспечили устойчивый спрос на американские полупроводники. Политика «Покупай американское» сделала иностранные товары менее привлекательными, чем национальные. Правительство также оказывало влияние на промышленность путем разработки технических требований. В результате появилась сама логика миниатюризации. В рамках государственных программ создавались лаборатории и сети исследовательских организаций. Поддерживаемые государством исследовательские проекты по проведению прикладных исследований носили междисциплинарный характер и предполагали тесное сотрудничество между исследователями и производителями. Что касается регуляторных норм, то принятие антимонопольного закона 1956 г. заставило AT&T воздержаться от продажи полупроводниковых приборов на коммерческих условиях, а также создало возможности для ведения бизнеса как для крупных компаний, так и для стартапов. Американское правительство также стимулировало процесс стандартизации продуктов, давая фирмам возможность действовать на более широком рынке и, следовательно, получать выгоду за счет экономии, обусловленной ростом масштаба производства. Национальный закон о проведении совместных исследований 1984 г. способствовал сотрудничеству в этой области¹³⁶.

В Европе не было военных контрактов, а имеющаяся поддержка практически не распространялась на коммерческие виды применения¹³⁷. Правительства не выделяли аналогичные финансовые ресурсы на развитие этой отрасли. Объем финансовой поддержки увеличился позднее, когда европейские фирмы стали стремиться догнать американские компании в сфере микропроцессоров. Созданные правительством исследовательские лаборатории в основном занимались фундаментальными, а не прикладными исследованиями¹³⁸. Субсидии, тарифы, нетарифные барьеры и политика в области конкуренции — все это работало на крупные госкорпорации. Масштабы их деятельности были ограничены, что было обусловлено фрагментированностью европейского рынка, и это сказалось на результатах такой политики¹³⁹. Кроме того, национальные закупки, в частности в сфере телекоммуникаций, еще больше углубляли фрагментированность рынка.

Военные закупки не играли никакой роли и в развитии японской полупроводниковой промышленности. Однако государство оказывало значительное влияние на эту отрасль через Министерство внешней торговли и промышленности (MITI). Одним из его наиболее масштабных проектов был Проект создания сверхбольшой интегральной схемы (VLSI) (1976–1980 гг.), в рамках которого был создан консорциум, состоящий из Fujitsu, NEC, Hitachi, Mitsubishi и Toshiba. Как и в Европе, японское министерство стимулировало развитие национальной промышленности с помощью высоких тарифов и нетарифных барьеров, а также предоставления льготного режима национальным компаниям при осуществлении государственных закупок. Кроме того, правительство препятствовало созданию находящихся в полной собственности дочерних компаний иностранных фирм с помощью механизмов контроля за движением капитала и контролируемых лицензионных соглашений, заключаемых между японскими и американскими компаниями¹⁴⁰. Национальные банки, средства которых контролировал Банк Японии, могли иметь акции кредитруемых ими компаний. Таким образом, банки поддерживали национальные фирмы, даже если не получали прибыли от инвестиций, что давало фирмам возможность поддерживать высокую норму инвестирования.

134. Malerba (1985) и Langlois and Steinmueller (1999).

135. Tilton (1971).

136. Langlois and Steinmueller (1999).

137. В качестве примера можно привести историю компьютера «Колосс», который был разработан во время Второй мировой войны в Соединенном Королевстве для дешифрования.

138. Malerba (1985).

139. Morris (1990).

140. Nakagawa (1985), Flamm (1996), Langlois and Steinmueller (1999) и Hoeren (2015a).

2.3.3 Полупроводники и система ИС

Стратегии присвоения и стратегии ИС формировались естественным образом на различных стадиях создания инноваций и их коммерциализации. Нередко они различались у разных субъектов и у разных стран. Однако можно выделить некоторые общие черты.

Патенты: от открытых к более оборонительным патентным стратегиям?

Из-за высокого уровня мобильности ученых в Кремниевой долине и стремления исследователей публиковать информацию о своих изобретениях сохранение секретности не рассматривалось как жизнеспособная стратегия в США. В Японии, напротив, многие сотрудники работали в своих компаниях всю жизнь и редко уходили из них, что помогало предотвращать выход информации за пределы компании. Законы о коммерческих тайнах использовались редко.

Изобретение полупроводников совпало с активным использованием патентов. В ходе всех описанных выше этапов отмечалась подача множества патентных заявок, в основном — на изобретения, которые имели очень большое значение для дальнейшего развития отрасли. Число патентных заявок быстро росло, начиная с самого первого этапа (см. рисунок 2.8). Такое активное использование патентов поразительно, особенно в связи с тем, что с правовой точки зрения схема полупроводников в принципе не может охраняться с помощью традиционных патентных прав. Действительно, топологии ИМС считались очевидными вариациями известных ранее топологий и не заслуживающими патентной охраны¹⁴¹. С точки зрения ведения бизнеса небольшая долговечность ИМС также делала более привлекательными другие формы присвоения прав. В этом отношении действительно большую роль играли такие факторы, как сроки выполнения заказа, преимущество изобретателя, возможности для проектирования и хорошая репутация¹⁴². Тем не менее другие элементы полупроводниковых технологий были патентоспособны. В частности, патенты использовались для присвоения выгоды, получаемой от технически сложных структурных характеристик полупроводниковых устройств и инноваций в сфере обработки полупроводниковых материалов.

Что особенно важно, патенты в основном использовались как эффективное средство обмена технологиями между ключевыми субъектами. Отчасти благодаря бизнес-стратегии и государственной политике патентные права редко приходилось отстаивать. Фирмы понимали, что разработка кристаллов требовала доступа к множеству перекрывающихся друг друга изобретений и прав, принадлежащих разным сторонам¹⁴³. Фирмы напрямую или косвенно использовали чужие изобретения: либо явным образом (в рамках масштабной практики перекрестного лицензирования), либо скрыто, просто игнорируя чужие патентные права¹⁴⁴.

Раскрытия, обмен технологиями и отсутствие судебных споров способствовало созданию инноваций на основе накопленных знаний и их распространению. Патенты также способствовали специализации и помогали мобилизации ресурсов для покрытия высоких расходов на НИОКР и финансирования стартапов¹⁴⁵. Действительно, сегодняшняя практика создания крупных патентных портфелей для блокирования конкурентов и предотвращения угрозы судебных исков — это по историческим меркам новое явление в этой отрасли. Негативное воздействие на подлинные инновации, о возможности которого предупреждали некоторые исследователи, возможно, имеет более ограниченный характер, чем считалось изначально¹⁴⁶.

Следует более подробно рассмотреть этапы развития стратегий ИС.

Этап 1 (1900–1940 гг.): использование патентов отдельными учеными

Основа этой отрасли была заложена в начале XX в. различными учеными-изобретателями. Даже на раннем этапе изобретения нередко охранялись патентами, а информация о них публиковалась в научных работах. Тем не менее патенты использовались не только изобретателями. На самом деле, патенты в большинстве случаев вообще не получали коммерческого использования; скорее они способствовали формированию общего пула знаний.

141. Hoeren (2015a).

142. Levin *et al.* (1987) и Cohen *et al.* (2000).

143. Grindley and Teece (1997) и Hall and Ziedonis (2007).

144. Von Hippel (1982), Appleyard (1996), Motohashi (2008) и Hoeren (2015a).

145. Hall (2005).

146. См., например, Shapiro (2000), Hall and Ziedonis (2001) и Jaffe and Lerner (2004), где идет речь о подобных опасениях.

Этап 2 (1940–1980 гг.): патентное равновесие и активное перекрестное лицензирование

С 1940-х гг. по 1970-е гг. инновации сопровождались быстрым расширением использования ИС не только в США, но и в Европе и Японии¹⁴⁷. Владельцы патентов использовали патенты не для того, чтобы помешать применению запатентованных технологий другими лицами или оградить себя от конкуренции. Патенты либо были объектом перекрестного лицензирования, либо предоставляемые ими права намеренно не отстаивались¹⁴⁸. Стартапы использовали существующие полупроводниковые технологии для создания инноваций на их основе.

Владельцы патентных прав не отстаивали их по двум причинам.

Во-первых, действующие в отрасли субъекты понимали, что отстаивание отдельных патентных прав с учетом наличия настолько сложных перекрывающихся друг друга технологий невозможно и контрпродуктивно. Даже патенты на ключевые технологии были основаны на техническом раскрытии действующих патентов и в принципе могли их нарушать¹⁴⁹.

Регистрация значительного числа патентов и отсутствие отстаивания обеспечиваемых ими прав стало основой баланса сил: различные изобретения принадлежали конкурирующим сторонам. Лишь на начальном этапе по нескольким ключевым фактам нарушения прав проводилось судебное разбирательство. Например, важные изобретения Нойса и Килби были сделаны независимо друг от друга, в результате чего компании Fairchild и Texas Instruments подали практически одинаковые патентные заявки на практически идентичные изобретения. Сначала обе фирмы подали друг на друга в суд за нарушение патентных прав, но в 1966 г. стороны пришли к мировому соглашению, согласно которому они договорились не оспаривать патенты своего конкурента. Было заключено далеко идущее соглашение о перекрестном лицензировании¹⁵⁰. Такой вид договоренностей получил широкое распространение в отрасли, и фирмы все чаще стали выбирать модель перекрестного лицензирования вместо подачи судебных исков.

Кроме того, мобильность изобретателей и скорость создания стартапов были очень высоки, что также способствовало распространению технологий. Так, в 1977 г. Федеральная торговая комиссия США отмечала: «Тот факт, что компании могут быстро копировать работу друг друга, крайне важен. Столь быстрое копирование — это результат мобильности сотрудников, которые переходят из одной компании в другую, и нежелания большинства фирм начинать судебные разбирательства по факту нарушений коммерческой тайны или патентных прав»¹⁵¹.

На международной арене патенты тоже не использовались для сдерживания конкуренции. Хотя Япония быстро становилась крупным производителем полупроводников, до 1962 г. в Японии резиденты и нерезиденты регистрировали очень незначительное число патентов¹⁵². Поэтому разбирательства по патентным делам редко проводились и на международном уровне.

Во-вторых, определенную роль сыграла и конкурентная политика в США (что дает основания для проведения интересных параллелей с историей самолетов (раздел 2.1)). После принятия антимонопольного закона 1956 г. (см. раздел 2.3.2) компания AT&T согласилась предоставить лицензии без уплаты роялти на действующие патенты и прекратить производство полупроводников. Точно так же все будущие патенты Bell должны были быть предоставлены для лицензирования по разумным ставкам. Позднее, в 1960-х и 1970-х гг. антимонопольная политика не позволила крупным владельцам патентов, таким как AT&T и International Business Machines, добиться реализации своих патентных прав. Затем лидеры в этой технологической отрасли разработали либеральную лицензионную стратегию, которая, как часто отмечается, стимулировала быстрый рост инноваций¹⁵³. Как отмечает Хёрен (2015а): «В компании Bell была интересная концепция предоставления информации о новой транзисторной технологии экспертам по всему миру [...] Bell организовала три конференции, в ходе которых ученые могли непосредственно познакомиться с новой [...] технологией. Те, кто был заинтересован в участии в этих конференциях, должны были заплатить предварительный сбор за выдачу лицензии на патент в размере 25 000 долл. США в счет будущих роялти [...]».

147. Levin (1982)

148. Shapiro (2000).

149. В 1948 г. имя Шокли было исключено из патентной заявки на точный транзистор, после того как юристы Bell выяснили, что его работы о транзисторах были созданы «под значительным влиянием» более раннего патента, выданного в 1925 г. инженеру по электронному оборудованию Юлию Эдгару Лиленфельду (Shurkin, 2006).

150. Langlois and Steinmueller (1999).

151. FTC (1977).

152. Последствия этого можно проследить на примере одной интересной истории. Работавший в компании Sony Лео Эсаки открыл эффект Эсаки (и получил за это Нобелевскую премию), который позволил существенно увеличить скорость работы полупроводников. Однако Эсаки так и не подал патентную заявку на свое изобретение, а вместо этого делился своими идеями с другими исследователями. В 1960 г. сотрудник Bell подал патентную заявку на устройство, в работе которого использовался эффект Эсаки.

153. Levin (1982).

Начиная с этого момента, множество американских и иностранных компаний (в основном японских и европейских) покупали лицензии на технологии Bell. Лицензиаты, в свою очередь, должны были предоставить свои патенты по справедливой цене¹⁵⁴. Обратное проектирование давало возможность всем компаниям, занимающимся полупроводниками, узнать, что внутри у микросхемы, выпущенной конкурентами. Публикация патентных заявок давала исследователям информацию о работе, которая уже была проделана другими, а также заставляла их больше уважать работу друг друга.

Подобная открытая стратегия в отношении запатентованных технологий не заканчивалась у национальных границ. Первые японские компании, производившие ИМС, активно использовали технологии, полученные по лицензии у американских компаний. Когда стоимость разработки ИМС возросла, американские и японские компании начали сотрудничать и передавать друг другу технологии в рамках перекрестного лицензирования¹⁵⁵.

Этап 3 (1980–1984 гг.): конец открытости в результате промышленной политики и торговых войн; создание прав *sui generis*

Модель работы с инновациями и ИС, описанная выше, начала разрушаться в основном из-за промышленной политики и изменения характера технологического лидерства. В 1980-х гг. японские фирмы начали опережать американские по качеству полупроводниковых кристаллов. Это вызвало опасения в США; были выдвинуты обвинения в нарушении прав ИС японскими компаниями. Более того, на компании Fairchild и Texas Instruments были наложены ограничения, касавшиеся возможностей инвестировать в Японию. Кроме того, Texas Instruments получила полные патентные права в Японии во своему ключевому патенту на интегральные микросхемы только в 1989 г. (хотя некоторые ограниченные патентные права были утверждены в 1977 г.), то есть более чем через 25 лет после подачи первоначальной заявки¹⁵⁶.

Правительства США и Японии начали более активно вмешиваться в дела промышленности, устанавливая льготные режимы для национальных компаний. Обвинения в подделке полупроводников звучали все чаще. Американские и японские фирмы вступили в патентную войну, которая продолжалась целое десятилетие. Либеральной политике трансграничного перекрестного лицензирования был положен конец. Это привело к наращиванию усилий по созданию системы *sui generis*, обеспечивающей охрану шаблонов проектирования полупроводников. Соответствующие законы были приняты как на национальном, так и на международном уровне. В результате был создан новый тип прав ИС. Однако такой специфический, применяемый к конкретным технологиям подход *sui generis* не получил широкого распространения и не имел значительного влияния.

154. Levin (1982).

155. Motohashi (2008).

156. Flamm (1996) и Hoeren (2015a).

Этап 4 (1984 — н.в.): рост числа патентов на полупроводники, «оборонительное» патентование и судебные разбирательства

С начала 1980-х гг. объемы патентования полупроводников и склонность к такому патентованию достигли беспрецедентного уровня как в США, так и за границей¹⁵⁷. По имеющимся данным, такой рост патентования и изменение стратегии ИС было обусловлено принятым в США законодательством, которое стимулировало патентование (а именно законом об улучшении положения федеральных судов 1982 г., в соответствии с которым был создан Апелляционный суд по федеральному округу (CAFC)), дальнейшим укреплением конкурентного характера полупроводниковой промышленности и развитием тенденции к более активному лицензированию¹⁵⁸. В частности, деятельность компании Texas Instruments по более активному использованию своего портфеля ИС и по обеспечению получения прибыли от своих конкурентов имела волновой эффект¹⁵⁹. Развитие новой бизнес-модели, в рамках которой проектирование кристаллов было отделено от их производства, также сыграло свою роль в изменении патентных стратегий; проектировщики кристаллов получают прибыль путем продажи лицензий на ИС производителям.

Более того, патенты все чаще стали использоваться для блокирования потенциальных новых субъектов на рынке и конкурентов, а также для создания барьеров в процессе разработки последующих инноваций. Возникла ситуация так называемого патентного «тупика», из-за чего (по некоторым данным) появился риск снижения темпов технологического прогресса¹⁶⁰. По имеющимся данным и согласно сообщениям представителей промышленности, патенты все чаще использовались в защитных целях, чтобы сократить риск судебного преследования за нарушение патентных прав. В течение последних двух десятилетий количество судебных исков со стороны американских фирм, занимающихся полупроводниками, в целях отстаивания своих патентных прав было относительно стабильным. В то же время был зафиксирован рост числа судебных исков от субъектов, не ведущих практическую деятельность.

157. Согласно работе Fink *et al* (2015), самый быстрый рост соотношения между числом первых патентов и НИОКР на глобальном уровне также имел место в категории «технологий, связанных с электрооборудованием, компьютерных и аудиовизуальных технологий», в которую входят полупроводники.

158. Hall and Ziedonis (2001).

159. FTC (2002).

160. FTC (2003).

Сложно с уверенностью утверждать, оказали ли приведенные выше факты существенное воздействие на актуальность патентов для НИОКР в области полупроводников и распространение технологий. Нет достоверных свидетельств того, что более недавние опасения по поводу патентного «тупика» или судебных разбирательств оказали какое бы то ни было существенное влияние на полупроводниковые инновации. На самом деле, активизация патентования может быть результатом повышения эффективности инноваций, осуществляемых фирмами, которые занимаются полупроводниками. Другими словами, на единицу НИОКР регистрируется большее число патентов. Действительно, скорость инноваций, измеряемая законом Мура, остается неизменной (хотя физические законы и ставят под сомнение возможность ее поддержания).

Более того, есть мнение, что, на самом деле, между крупными фирмами, занимающимися проектированием и производством, до сих пор действуют договоренности о неподаче исков друг против друга — либо в форме явных соглашений о перекрестном лицензировании, либо в форме имплицитных договоров (договорных обязательств)¹⁶¹. Сегодня такие соглашения содержат положения о коммерческих тайнах и конфиденциальности¹⁶².

Неудачные попытки создания охраны *sui generis* для полупроводников

Как было отмечено выше, в 1980-х гг. была создана система *sui generis* для охраны шаблона проектирования полупроводников. Однако использование этой системы не получило широкого распространения среди субъектов инноваций и изобретателей.

Бизнес-ассоциации хотели получить такой режим охраны, который бы позволил бороться с тем, что они считали активизацией деятельности по подделке полупроводников за границей. Они утверждали, что действующее патентное законодательство не обеспечивает достаточный уровень охраны для их отрасли¹⁶³. В итоге Конгресс США одобрил идею охраны *sui generis*. Основным объектом охраны была «маска» или шаблон, используемый для формирования схемы на кремниевой пластине в целях создания ИМС. Законом об охране полупроводниковых кристаллов 1984 г. (SCPA) в США был создан новый тип законодательных норм о промышленной собственности, которые содержали элементы законодательства о патентах, авторском праве и конкуренции¹⁶⁴. Уже 31 мая 1985 г. в Японии был обнародован закон, аналогичный SCPA¹⁶⁵. В Европе Совет ЕС принял Директиву о правовой защите полупроводниковых продуктов в 1986 г.¹⁶⁶. В основе SCPA лежал принцип взаимности. Рельефы и маски иностранного производителя кристаллов могли охраняться в США только в том случае, если в иностранной юрисдикции такого производителя действовали стандарты, аналогичные прописанным в SCPA. В итоге охрана полупроводниковой технологии была прописана в статьях 35–38 Соглашения ТРИПС в 1994 г.

Примечательно, что при этом система *sui generis* не получила широкого распространения и не оказала существенного влияния на практике. Во-первых, как уже было отмечено, право *sui generis* защищало маску чипа. Однако ИМС выполняет более важные функции, чем ее маска. Во-вторых, хотя маски довольно сложны и их сложно скопировать, их легко модифицировать, не затрагивая функциональные характеристики кристаллов. Таким образом, маски не защищаются от возможных модификаций, полученных, например, с помощью обратного проектирования. Такие технические аспекты охраны *sui generis* делали ее менее привлекательной. Кроме того, в связи с относительно коротким сроком службы чипов, высокой стоимостью их производства и требованиями к их специализации, пиратство в этой области было экономически неэффективно. Поэтому практически не было судебных разбирательств, связанных с защитой прав на структуру масок, а отрасль продолжала опираться на патенты.

161. См. Hoeren (2015a), где представлена более подробная информация.
162. Ludlow (2014).

163. Levin (1982).

164. Title III of Public Law 98-620 of November 8, 1984, now 17 U.S.C. Section 901 *et seq.*; Industrial Property Laws and Treaties, United States of America – Text 1-001.

165. Act Concerning the Circuit Layout of a Semiconductor Integrated Circuit (Act No. 43 of May 31, 1985).

166. OJ, L 24/36, January 27, 1987, Directive on the Legal Protection of Semiconductor Products, 87/54/EEC.

Использование авторского права для охраны структуры кристалла: рост актуальности?

Хотя изначально считалось, что авторское право неактуально для охраны структуры кристаллов, в более поздний период его значимость начала расти. Авторское право всегда рассматривалось как один из механизмов возможной охраны структуры кристаллов, особенно в США. Но все попытки его применения оказывались неудачными. Например, Бюро США по охране авторского права отказывалось регистрировать шаблоны на печатных платах и полупроводниковых кристаллах, потому что они не имели собственных художественных характеристик. Считалось, что шаблон неотделим от функциональных характеристик кристалла. В итоге был выбран описанный выше подход *suí generis*; от авторского права как от возможного метода присвоения отказались.

Тем не менее по мере распространения новой бизнес-модели, в рамках которой производство и проектирование чипов были разделены, специалисты в этой отрасли начали говорить о том, что авторское право — это важный инструмент присвоения прав на инновации в сфере полупроводников. В частности, авторское право, безусловно, охраняет списки связей (графические описания всех устройств и связей между ними, которые фирмы-фаблесс предоставляют компаниям-фаундри; такие описания могут содержать текст, программное обеспечение, библиотеки и базы данных), так как они являются очень ценным и творчески составленным представлением структуры кристалла в текстовой форме¹⁶⁷.

167. Например, см. www.concept.de/img/Netlist_Debugger_Showing_Critical_Circuit_Fragment_L.gif; а также см. Hoeren (2015b).

2.4 Выводы

Три примера, представленные в настоящей главе, позволяют получить представление о том, насколько разнообразны факторы определяли то, каким образом революционные инновации способствовали росту и какую роль система ИС играла в формировании соответствующей стимулирующей инновации экосистемы. Многие из этих факторов обусловлены конкретными технологиями и историческими условиями того или иного момента и сложно поддаются обобщению. Действительно, инновации в сфере авиации, полупроводников и антибиотиков создаются и сегодня, а экосистема, лежащая в основе такой инновационной деятельности, претерпела значительные изменения.

Но несмотря на это, стоит провести некоторые параллели между приведенными историческими примерами и сделать выводы по поводу ключевых уроков, которые могут быть из них извлечены. Это будет сделано в заключительном разделе. Как и при описании примеров, сначала будет рассмотрен вопрос о том, как инновации содействовали росту, затем будут описаны их экосистемы и в заключение — роль ИС.

Стимулирование роста

Если рассматривать вопрос о том, как эти три инновации содействовали росту, то можно отметить, что антибиотики главным образом повлияли на то, что работающее население стало дольше жить и стало в целом здоровее. Воздействие антибиотиков на рост, по всей видимости, связано не только с лечением бактериальных инфекций, так как коммерциализация антибиотиков стимулировала развитие наукоемкой фармацевтической промышленности и формирование нормативных механизмов, которые способствовали созданию новых революционных инноваций в сфере фармацевтики.

Самолеты и полупроводники содействовали росту путем стимулирования инвестиций, которые повышали производительность фирм и трансформировали экономические структуры. Экономическая трансформация имела особенно большие масштабы. Инновации в обеих областях стали основой для кардинальных изменений в цепочках поставок, которые повлияли на широкий спектр секторов и способствовали появлению совершенно новых отраслей. Такое влияние на рост проявилось не сразу, но его действие было ощутимо в течение нескольких десятилетий после первичной коммерциализации. В его основе также лежали постоянно создаваемые последующие инновации, которые носили как технологический, так и организационный характер.

Как распространялись эти инновации и как они способствовали росту в странах с низким и средним уровнем дохода? Хотя в приведенных выше примерах нет количественных показателей, примечательно, что продукты, возникшие благодаря инновациям (самолеты, антибиотики и множество продуктов, созданных на основе информационных технологий), довольно широко распространились в развивающихся странах. Такое распространение не могло не повлиять на экономический рост. При этом производственные ноу-хау, связанные с такими инновациями, не распространились настолько широко. Хотя некоторым развивающимся странам удалось создать производственные мощности в этих отраслях, основная часть продукции по-прежнему производится в относительно небольшом числе стран.

Инновационные экосистемы

Инновации, описанные в этих трех примерах, стали результатом усилий множества субъектов, которые участвовали в инновационном процессе на разных его этапах. Государство было основным источником финансирования научных исследований, благодаря которым были созданы эти революционные инновации. Кроме того, во всех трех случаях государство сыграло ключевую роль в переносе инновации из лаборатории на стадию производства (нередко это было обусловлено стремлением укрепить национальную оборону). Отдельные компании и финансовые рынки не могли позволить себе нести высокие издержки и идти на серьезные риски, связанные с разработкой этих продуктов. Поэтому можно предположить, что некоторые инновации в сфере авиации, антибиотиков и полупроводников не были бы реализованы на практике без вмешательства государства (или, во всяком случае, не были бы реализованы в тот период). В то же время не меньшую роль играла и деятельность компаний, особенно в сфере коммерциализации перспективных идей и участия в создании последующих инноваций, которые способствовали увеличению масштабов производства, снижению затрат и широкому распространению новых технологий.

Какую роль играла инновационная экосистема в определении направления развития инноваций в описанных случаях? С одной стороны, инновации были результатом идей отдельных изобретателей и удачно сложившихся обстоятельств (что подтверждают первые полеты пионеров авиации и открытие пенициллина). С другой стороны, инновационная экосистема определенно сыграла свою роль. Например, прочная научная база Германии имела решающее значение для совершенствования конструкции самолета, как и целевые усилия по переводу с других языков и распространению соответствующей научной информации. Точно так же большая заинтересованность американского правительства в использовании полупроводников в интересах национальной обороны по сравнению со странами Европы и Японией заставила эти страны сосредоточить свои усилия на сфере бытовой электроники. Кроме того, сложившаяся в США инновационная экосистема в большей степени способствовала росту стартапов. Именно поэтому новые субъекты на рынке были основной движущей силой инновационного развития в США, тогда как в Европе инновации по большей части создавались в давно действующих на рынке компаниях¹⁶⁸. Примечательно, что первичные различия в стимулах, существовавших в национальных инновационных экосистемах, имели долгосрочные последствия для промышленного развития и специализации.

В качестве заключительного замечания следует отметить, что все три экосистемы существенно эволюционировали по мере появления инноваций с течением лет и десятилетий. Более того, в сфере авиации инновации переместились из клубов изобретателей-любителей в экосистему, состоящую из следующих компонентов: крупные производители, активно занимающиеся НИОКР, независимые поставщики запчастей и компонентов, прочные связи между промышленностью и университетами и сектор торговли и продаж. Те системы, в рамках которых развивались инновации в сфере антибиотиков и полупроводников, также значительно изменились: изменился даже их охват и характер. На основании рассмотрения всех трех примеров можно выделить две общие тенденции. Во-первых, по мере усложнения технологических задач субъекты инноваций (будь то отдельные лица, университетские лаборатории или компании) становились все более специализированными. Возможно, в качестве исключения можно рассматривать вертикальную интеграцию наукоемких фармацевтических компаний в случае антибиотиков. Во-вторых, по мере коммерциализации инновации менялись в сторону оптимизации технологии для различных видов применения и ее адаптации к потребностям рынка. Как описано выше, такие формы последующих инноваций сыграли решающую роль в процессе полномасштабной реализации потенциала каждой инновации¹⁶⁹.

Роль ИС

Какую роль сыграла охрана ИС в истории самолетов, антибиотиков и полупроводников? Мы не можем точно знать, что было бы, если бы охраны ИС не существовало. Поэтому на такой вопрос невозможно ответить точно. Тем не менее, рассмотрев описанные выше примеры, можно сделать некоторые выводы по поводу роли ИС.

Во-первых, изобретатели часто использовали систему ИС для охраны результатов своей инновационной деятельности. В некоторые периоды (особенно это справедливо в отношении полупроводников) они это делали особенно активно. Их мотивация была различной, но доступные данные позволяют утверждать, что охрана ИС по крайней мере частично способствовала присвоению НИОКР, т. е. права ИС выступали в качестве стимулов инноваций¹⁷⁰.

Во-вторых, в некоторые периоды инновационные экосистемы развивались особенно активно, что было обусловлено наличием явных или скрытых договоренностей об обмене знаниями. В случае самолетов первые клубы изобретателей-любителей действовали по принципу современных сообществ разработчиков открытого ПО. Позднее первые авиапроизводители начали выдавать лицензии на запатентованные авиатехнологии другим производителям, а формальные договоренности о создании патентных пулов ставили своей целью содействие коммерциализации новых самолетов различными производителями. В случае антибиотиков свободный доступ к новым исследовательским инструментам сыграл большую роль в стимулировании последующих инноваций, создаваемых большим сообществом исследователей. Наконец, что касается полупроводников, то соглашения о перекрестном лицензировании и негласные договоренности о том, что патентные права не отстаиваются в судебном порядке, были не менее важны для коммерциализации новых технологий и последующих инноваций. Во многих случаях система ИС способствовала обмену знаниями, механизмы чего описаны в разделе 1.4 предыдущей главы. Однако обмен знаниями также зависел от социальных норм и в некоторых случаях — от вмешательства государства. История полупроводников особенно интересна, так как судебные разбирательства и меры промышленной политики поставили под сомнение сложившиеся подходы, связанные с перекрестным лицензированием. Однако сложно сказать, в какой степени эти события влияли на скорость и направление инноваций.

168. В экономической литературе изучались выражаемые в формальных показателях различия в инновационной деятельности фирм в зависимости от их размера в период жизненного цикла продукта в отрасли (Klepper 1996).

169. Эти выводы в целом согласуются с исследованиями жизненного цикла продукции в различных отраслях. См., например, Klepper (1996) и Malerba (2002).

170. Роль охраны ИС как способа обеспечения возврата инвестиций в НИОКР, безусловно, различалась в трех рассмотренных отраслях. В частности, производство полупроводников и самолетов требует большего объема начальных капитальных инвестиций, чем производство фармацевтических препаратов. Более высокие издержки, связанные с выходом на рынок, в первых двух отраслях, вероятно, снижали масштабы использования фирмами ИС при ведении конкурентной борьбы на рынке.

В-третьих, система ИС адаптировалась к новым технологиям. Сначала патентным ведомствам и судам приходилось отвечать на сложные вопросы по поводу патентоспособности созданных изобретений. Эти вопросы касались патентоспособности изобретений согласно правовым стандартам того времени и возможной широты формулы изобретения. Первый вопрос возник в контексте обсуждения первых антибиотиков и схем полупроводников. Второй вопрос был в центре дискуссий по поводу основных патентов братьев Райт, когда суды США и Европы пришли к разным выводам. Договоренности о создании патентных пулов, которые описаны выше (и в которых определенную роль играло государство), также способствовали адаптации патентной системы в целях обеспечения наилучшей поддержки инновационных экосистем того времени. Следует еще раз отметить, что при наличии множества разнонаправленных влияний и без учета возможности оценить ситуацию задним числом, сложно понять, где именно законодатели приняли верное решение. Примечательно, что более радикальный отход от традиционного набора прав ИС (когда была создана новая форма ИС для топологии ИМС) оказался нерезультативным, так как эта форма не получила широкого использования. Из этого опыта можно сделать вывод о том, что при осуществлении политики в области ИС законодателям следует непременно принимать во внимание динамический характер технологий.

Наконец, с точки зрения глобального ландшафта ИС доступные данные говорят о том, что изобретатели во всех трех примерах стремились главным образом обеспечить патентную охрану в странах с высоким уровнем дохода, где и было сделано большинство инноваций. Лишь у небольшой доли первичных заявок в соответствующих технологических областях были аналоги в странах с низким и средним уровнем дохода. В целом это говорит о том, что патенты не помогали распространению технологий, но и не являлись препятствием для него (см. также раздел 1.4). Скорее это указывает на присутствие или отсутствие возможностей для поглощения, как на главный фактор, определяющий степень распространения технологий.

Литература

- Acemoglu, D., & Johnson, S. (2007). Disease and development: The effect of life expectancy on economic growth. *Journal of Political Economy*, 115:6.
- Achilladelis, B. (1993). The dynamics of technological innovation: The sector of antibacterial medicines. *Research Policy*, 22 (4), 279-308.
- Anderson, J. D. (1997). *A history of aerodynamics and its impact on flying machines*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Appleyard, M. M. (1996). How does knowledge flow? Interfirm patterns in the semiconductor industry. *Strategic Management Journal*, 17 (S2), 137- 154.
- ATAG. (2005). *The economic and social benefits of air transport*. Geneva: Air Transport Action Group.
- Bentley, R., & Bennett, J. W. (2003). What is an antibiotic? Revisited. *Advances in applied microbiology* 52: 303-331.
- Bentley, R. (2009). Different roads to discovery; Prontosil (hence sulfa drugs) and penicillin (hence β -lactams). *Journal of industrial microbiology & biotechnology* 36.6: 775-786.
- Bhalotra, S. R., & Venkataramani, A. (2012). *Shadows of the captain of the men of death: Early life health interventions, human capital investments, and institutions*.
- Bittlingmayer, G. (1988). Property rights, progress and the aircraft patent agreement. *Journal of Law & Economics*, 31, 227-248.
- Boeing (2015). Orders & Deliveries. Retrieved August 21, 2015, from Boeing: www.boeing.com/commercial/#/orders-deliveries
- Bosworth, B. P., & Triplett, J. E. (2007). Services productivity in the United States: Griliches' services volume revisited. In E. R. Berndt & C. R. Hulten (Eds.), *Hard-to-measure goods and services: Essays in memory of Zvi Griliches* (pp. 413-447). Chicago: University of Chicago Press.
- Brooks, P. (1967). The development of air transport. *Journal of Transport Economics and Policy*, 1 (2), 164- 183.
- Budrass, L. (1998). *Flugzeugindustrie und Luftrüstung in Deutschland, 1918-1945*. Dusseldorf: Droste.
- Budrass, L. (2015). *The nature of airplanes as a breakthrough innovation and how IP rights shaped this innovation. A European perspective, 1903 to 1945*. Unpublished background report for the World Intellectual Property Report 2015.
- Byers, R. W. (2002). *Power and Initiative in Twentieth Century Germany: The Case of Hugo Junkers*. University of Georgia, Athens.
- Carpenter, D. (2014). *Reputation and power: organizational image and pharmaceutical regulation at the FDA*. Princeton University Press.
- Cohen, W. M., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2000). Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not). *NBER Working Papers*, No. 7552.
- Colecchia, A., & Schreyer, P. (2002). ICT investment and economic growth in the 1990s: Is the United States a unique case? A comparative study of nine OECD countries. *Review of Economic Dynamics*, 5 (2), 408- 442.
- Constant II, E. W. (1980). *The origins of the turbojet revolution*. Baltimore, London: The Johns Hopkins University Press.
- Crouch, T. D. (2002). *A Dream of Wings: Americans and the Airplane, 1875-1905*. New York, London: W. W. Norton.
- Crouch, T. D. (Ed.). (2000). *Blaming Wilbur and Orville: The Wright Patent Suit and the Growth of American Aeronautics*. Boston: Kluwer.
- Cutler, D., Deaton, A., & Lleras-Muney, A. (2006). The determinants of mortality. *The Journal of Economic Perspectives*, 20 (3), 97- 120.
- Davies, R. E. G. (1964). *History of World's Airlines*. Oxford: Oxford University Press.
- Deere, C. (2008). *The Implementation Game: The TRIPS Agreement and the Global Politics of Intellectual Property Reform in Developing Countries*. Oxford University Press.
- Dutfield, G. (2009). *Intellectual property rights and the life science industries: past, present and future*. World Scientific.
- Eubank, J. A. (1952). Aeronautical Patent Law. *Dickinson Law Review*, 56, 143-157.
- Fallows, J. (2013) The 50 Greatest Breakthroughs Since the Wheel. *The Atlantic magazine*, November 2013 Issue.
- Fink, C., Khan, M., & Zhou, H. (2015). Exploring the worldwide patent surge. *Economics of Innovation and New Technology*, in press.
- Flamm, K. (1996). *Mismanaged trade?: Strategic policy and the semiconductor industry*. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- FTC (1958). *Economic Report on Antibiotics Manufacture*. US Government Printing Office. Federal Trade Commission.
- FTC (1977). *Economic report on the semiconductor industry: Staff report*. Washington, DC: Federal Trade Commission.
- FTC (2002). *Transcript of February 28, 2002 Patent Hearings*. Washington, DC: Federal Trade Commission.
- FTC (2003). *To Promote Innovation: The Proper Balance of Competition and Patent Law and Policy*. A Report by the Federal Trade Commission.
- Gibbs-Smith, C. H. (2003). *Aviation: An Historical Survey from its Origins to the End of the Second World War* (Third Edition ed.). London: Science Museum.
- Gordon, R. J. (2012). Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds. *NBER Working Papers*, No. 18315.
- Grindley, P.C., & Teece, D.J. (1997). Managing intellectual capital: Licensing and cross-licensing in semiconductors and electronics. *California Management Review*, 39 (2), 1- 34.
- Hager, T. (2006). *The demon under the microscope: from battlefield hospitals to Nazi labs, one doctor's heroic search for the world's first miracle drug*. Broadway Books.
- Hall, B. H., & Ziedonis, R. H. (2001). The patent paradox revisited: An empirical study of patenting in the US semiconductor industry, 1979-95. *RAND Journal of Economics*, 32 (1), 101- 128.
- Hall, B. H., & Ziedonis, R. H. (2007). *An empirical analysis of patent litigation in the semiconductor industry*. Paper presented at the American Economic Association annual meeting, Chicago, IL.

- Hall, B. H. (2005). Exploring the patent explosion. *Journal of Technology Transfer*, 30 (1/2), 35- 48.
- Hanle, P. A. (1982). *Bringing aerodynamics to America*. Cambridge: The MIT Press.
- Hansen, J. R. (1987). *Engineer in Charge. A History of the Langley Aeronautical Laboratory, 1917-1958*. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- Heilbron, J. L. (2003). *The Oxford Companion to the History of Modern Science*. Oxford: Oxford University Press.
- Henderson, R., Orsenigo, L., & Pisano, G. P. (1999). The pharmaceutical industry and the revolution in molecular biology: interactions among scientific, institutional, and organizational change. In D. Mowery & R. Nelson (Eds.), *Sources of industrial leadership: studies of seven industries* (pp.267-311). Cambridge University Press.
- Hoeren, T. (2015a). *Economic growth and breakthrough innovations – The semiconductor chip industry and its IP law framework*. Unpublished background report for the World Intellectual Property Report 2015.
- Hoeren, T. (2015b). *Copyright law and chip design – The overlap of industrial property and copyright law protection*. Unpublished manuscript.
- Hummels, D. (2007). Transportation costs and international trade in the second era of globalization. *The Journal of Economic Perspectives*, 21 (3), 131-154.
- ICAO (1960). *Annual Report of the Council to the Assembly for 1960*. Montreal: International Civil Aviation Organization
- ICAO (2006). *Economic Contribution of Civil Aviation (Circular 292)*.
- Jaczynska, E., Outtersson, K., & Mestre-Ferrandiz, J. (2015). *Business Model Options for Antibiotics: Learning from Other Industries*. Research Report, publications on Business models and strategy, Big Innovation Centre, London, UK.
- Jaffe, A. B., & Lerner, J. (2004). *Innovation and its discontents: How our broken patent system is endangering innovation and progress, and what to do about it*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Jayachandran, S., Lleras-Muney, A., & Smith, K. V. (2010). Modern Medicine and the Twentieth Century Decline in Mortality: Evidence on the Impact of Sulfa Drugs. *American Economic Journal: Applied Economics*, 118-146.
- Jorgenson, D. W., & Stiroh, K. J. (2000). Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 261.
- Jorgenson, D. W. (2001). Information technology and the U.S. economy. *American Economic Review*, 91 (1), 1- 32.
- Jorgenson, D. W., & Motohashi, K. (2005). Information technology and the Japanese economy. *NBER Working Papers*, No. 11801.
- Kingston, W. (2000). Antibiotics, invention and innovation. *Research Policy*, 29 (6), 679- 710.
- Kingston, W. (2001). Innovation needs patents reform. *Research Policy*, 30 (3), 403- 423.
- Kingston, W. (2004). Streptomycin, Schatz v. Waksman, and the balance of credit for discovery. *Journal of the history of medicine and allied sciences*, 59(3): 441-462.
- Klepper, S., & Simons, K. L. (1997). Technological extinctions of industrial firms: An inquiry into their nature and causes. *Industrial and Corporate Change*, 6 (2), 379- 460.
- Klepper, S. (1996). Entry, exit, growth, and innovation over the product life cycle. *American Economic Review*, 86 (3), 562- 583.
- Landau, R., Achilladelis B. & Scriabine, A. (1999) *Pharmaceutical innovation: revolutionizing human health*. Vol. 2. Chemical Heritage Foundation.
- Langlois, R. N., & Steinmueller, W. E. (1999). The evolution of competitive advantage in the worldwide semiconductor industry, 1947-1996. In D.C. Mowery & R. R. Nelson (Eds.), *Sources of industrial leadership: Studies of seven industries* (pp. 19-78). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Le Fanu, J. (2011). *The rise and fall of modern medicine*. Hachette UK.
- Lécuyer, C., & Brock, D. C. (2010). *Makers of the microchip: A documentary history of Fairchild Semiconductor*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Lesch, J. E. (2007). *The first miracle drugs: how the sulfa drugs transformed medicine*. Oxford University Press, USA.
- Levin, R. C. (1982). The semiconductor industry. In R. R. Nelson (Ed.), *Government and technical progress: A cross-industry analysis* (pp. 9-100). New York: Pergamon Press.
- Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson R. R., & Winter S. (1987). Appropriating the returns from industrial research and development. *Brookings Papers on Economic Activity*, 18 (3), 783- 832.
- Ludlow, T. (2014). Sign of the Times: Trends in Technology IP Licensing. *Intellectual Asset Management*, 66, 31- 38.
- Malerba, F. (1985). *The semiconductor business: The economics of rapid growth and decline*. London: F. Pinter.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31 (2), 247- 264.
- Mann, J. (2004). *Life Saving Drugs: The Elusive Magic Bullet*. Royal Society of Chemistry.
- McKelvey, M., Orsenigo L., & Pammolli, F. (2004). Pharmaceuticals Analyzed through the Lens of a Sectoral Innovation System. In F. Malerba (Ed.), *Sectoral Systems of Innovation* (pp.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Merges, R. P., & Nelson, R. R. (1990). *On the complex economics of patent scope*. Columbia Law Review: 839-916.
- Meyer, P. B. (2013). The Airplane as an Open-Source Invention. *Revue économique*, 64(1), 115-132.
- Miller, R., & Sawers, D. (1968). *The Technical Development of Modern Aviation*. London: Routeledge & Kegan Paul PLC.
- Mokyr, J. (2002). *The gifts of Athena: Historical origins of the knowledge economy*. Princeton University Press, 2002.
- Morris, P. R. (1990). *A history of the world semiconductor industry*. London: P. Peregrinus on behalf of the Institution of Electrical Engineers.
- Motohashi, K. (2008). Licensing or not licensing? An empirical analysis of the strategic use of patents by Japanese firms. *Research Policy*, 37 (9), 1548-1555.

- Mowery, D. C. (2015). "Breakthrough innovations" in aircraft and the IP system, 1900-1975. *WIPO Economic Research Working Paper*, no 25.
- Mowery, D. C., & Sampat, B. N. (2001a). Patenting and licensing university inventions: lessons from the history of the research corporation. *Industrial and Corporate Change*, 10 (2), 317- 355.
- Mowery, D. C., & Sampat, B. N. (2001b). University patents and patent policy debates in the USA, 1925-1980. *Industrial and Corporate Change*, 10 (3), 781- 814.
- Mowery, D. C., Nelson, R. R., Sampat, B. N., & Ziedonis, A.A. (2004). *Ivory tower and industrial innovation: University-Industry Technology Transfer Before and After the Bayh-Dole Act*. Stanford Business Books, Palo Alto, USA.
- Nakagawa, Y. (1985). *Semiconductor development in Japan*. Tokyo: Diamond Publishing.
- Neushul, P. (1993). Science, government and the mass production of penicillin. *Journal of the history of medicine and allied sciences*, 48 (4): 371- 395.
- Nordhaus, W. D. (2002). *The health of nations: the contribution of improved health to living standards*. No. w8818. National Bureau of Economic Research.
- OECD (2004). *The economic impact of ICT: Measurement, evidence and implications*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2015). *The future of productivity*. Paris: OECD Publishing.
- Outterson, K., Balch-Samora, J., & Keller-Cuda, K. (2007). Will longer antimicrobial patents improve global public health? *The Lancet infectious diseases*, 7(8): 559-566.
- Pilat, D., & Wölfl, A. (2004). ICT production and ICT use: What role in aggregate productivity growth?. In OECD, *The economic impact of ICT: measurement, evidence and implications* (pp. 85-104). Paris: OECD Publishing.
- Podolsky, S. (2015). *The Antibiotic Era*. Johns Hopkins University Press.
- PwC (2014). *China's impact on the semiconductor industry*. New York: PricewaterhouseCoopers.
- Ristuccia, C.A., & Solomou, S. (2014). Can General Purpose Technology Theory Explain Economic Growth? Electrical Power As a Case Study. *European Review of Economic History*, 18(3): 227-247.
- Rosenberg, N. (1969). The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices. *Economic Development and Cultural Change*, 1-24.
- Ruttan, V. W. (2000). *Technology, growth, and development: An induced innovation perspective*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Ruttan, V. W. (2006). *Is War Necessary For Economic Growth?* Oxford, UK: Oxford University Press.
- Sampat, B. (2015). Intellectual Property Rights and Pharmaceuticals: The Case of Antibiotics. *WIPO Economic Research Working Papers*, no 26.
- Shapiro, C. (2000). Navigating the patent thicket: Cross licenses, patent pools and standard setting. In A. Jaffe, J. Lerner, & S. Stern (Eds.), *Innovation Policy and the Economy Vol. 1* (pp. 119-150). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Sheehan, J. C. (1982) *The enchanted ring: the untold story of penicillin*. MIT Press (MA).
- Shurkin, J. N. (2006). *Broken genius: The rise and fall of William Shockley, creator of the electronic age*. London: Macmillan.
- So, A. D., Gupta N., Brahmachari, S.K., Chopra, I., Munos, B., Nathan, C., et al (2011). Towards new business models for R&D for novel antibiotics. *Drug Resistance Updates*, 14(2):88-94.
- Staniland, M. (2003). *Government Birds: Air Transport and the State in Western Europe*. Oxford: Rowman & Littlefield Publishers.
- Stiroh, K.J. (2002). Information technology and the U.S. productivity revival: What do the industry data say?. *American Economic Review*, 92, 1559-1576.
- Taylor, C. T., Silberston, A., & Silberston Z. A. (1973). *The economic impact of the patent system: a study of the British experience*. Vol. 23. CUP Archive.
- Temin, P. (1979). Technology, regulation, and market structure in the modern pharmaceutical industry. *The Bell Journal of Economics*: 429-446.
- Temin, P. (1980). *Taking your medicine: drug regulation in the United States*. Harvard University Press.
- Tilton, J.E. (1971). *International diffusion of technology: The case of semiconductors*. Washington, DC: Brookings.
- Trischler, H. (1992). *Luft- und Raumfahrtforschung in Deutschland 1900-1970: Politische Geschichte einer Wissenschaft*. Frankfurt, New York: Campus Verlag.
- Van Ark, B., & Inklaar, R. (2005). *Catching up or getting stuck? Europe's problems to exploit ICT's productivity potential*. Paper presented at the International Symposium on Productivity, Competitiveness and Globalisation, Paris.
- Van Ark, B. (2014). *Productivity and digitalisation in Europe: Paving the road to faster growth*. The Conference Board and the Centre for Innovation Economics.
- Vogel, D. (1998). The globalization of pharmaceutical regulation. *Governance* 11(1): 1-22.
- Von Hippel, E. (1982). Appropriability of innovation benefit as a predictor of the source of innovation. *Research Policy*, 11 (2), 95- 115.
- Wainwright, M. (1990). *Miracle cure: The story of penicillin and the golden age of antibiotics*. Blackwell.
- Welch H. (1954). *The manual of antibiotics, 1954-1955*. Medical Encyclopedia, Inc. New York, USA.
- Wolfson, J. A. (1993). Patent flooding in the Japanese Patent Office: Methods for reducing patent flooding and obtaining effective patent protection. *George Washington Journal of International Law and Economics*, 27, 531- 563.
- WSTS (2015). *WSTS Semiconductor Market Forecast Spring 2015*. Retrieved July 9, 2015, from: www.wsts.org/PRESS/PRESS-ARCHIVE/WSTS-Semiconductor-Market-Forecast-Spring-2015
- Zhegu, M. (2007). *La coévolution des industries et des systèmes d'innovation: l'industrie aéronautique*. Université du Québec à Montréal, Montréal.

Глава 3

Инновации с революционным потенциалом

С тех пор, как началась эпоха ускоренного экономического роста под влиянием научно-технического прогресса, ландшафт инноваций прошел долгий путь эволюции. Как говорилось в главе 1, мировая экономика никогда раньше не вкладывала так много государственных и частных ресурсов в развитие науки. Инновации стали более диверсифицированными географически, чем столетие назад. Новые технологии начали создаваться и в азиатских странах, в частности, в Китае.

И инновации никогда не были такими многогранными, как сегодня. Товары, давно переставшие быть новинками, такие как автомобиль и текстильное волокно, до сих пор быстро развиваются. Кроме того, возникли новые области инноваций, и с ними пришли новые возможности для решения проблем, стоящих перед человечеством. Значительное влияние на процесс инноваций оказали информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), облегчившие научный поиск и коммерческие исследования и разработки за счет быстрой обработки данных и ускорившие взаимопроникновение идей между различными областями техники.

При этом нельзя однозначно утверждать, что сейчас стало легче достигать инновационных прорывов и обеспечивать их распространение по экономике с долгосрочными дивидендами в виде экономического роста. Технологические задачи становятся всё сложнее, и возможности для дальнейшего совершенствования прошлых достижений (таких как быстрое передвижение, высокая продолжительность жизни и телекоммуникации) могут иметь естественные пределы. Мы пока не знаем, в какой мере современные, развитые системы инноваций смогут преодолевать эти проблемы.

Эта глава будет посвящена инновациям, которые, как представляется сегодня, имеют революционный потенциал: трехмерной печати, нанотехнологиям и робототехнике. Как и в случае тематических исследований в главе 2, выбор этих трех областей несколько произволен. Тем не менее, все они часто упоминаются в дискуссиях о технологиях, которые могут стимулировать экономический рост в будущем¹. Кроме того, все они обладают, по меньшей мере, некоторыми характеристиками технологий общего назначения (GPT), а именно — многофункциональностью и возможностью применения во множестве отраслей².

Три тематических исследования представлены в разделах 3.1 (трехмерная печать), 3.2 (нанотехнологии) и 3.3 (робототехника). Их структура повторяет план исследований в главе 2: сначала рассматривается история развития каждой технологии и ее вклад в экономический рост, затем ее экосистема и, наконец, роль интеллектуальной собственности. В разделе 3.4 мы попытаемся извлечь основные выводы из этих трех примеров.

Необходимо уточнить, что хотя трехмерная печать, нанотехнологии и робототехника не являются совершенно новыми областями, они всё еще находятся на очень ранних стадиях развития. Поэтому, в отличие от главы 2, эти тематические исследования не имеют преимуществ ретроспективы, что делает анализ несколько умозрительным. Невозможно предсказать, как эти три инновации будут влиять на будущий экономический рост, и мы не будем пытаться это сделать. Читая эти три исследования, важно не забывать об этой неопределенности.

1. См., например, работу Дж. Мокира [Мокир, 2014], а также отчеты UKIPO о патентных ландшафтах, посвященные перспективным новым технологиям, на странице www.gov.uk/government/collections/intellectual-property-research-patents.
2. Как отмечалось во вступительной части главы 2, общепринятого определения технологий общего назначения не существует.

Раздел 3.1. Трехмерная печать

Следующим эпизодом в истории трехмерной печати будет печать из совершенно новых видов материалов. Однажды мы сможем печатать готовые изделия целиком, вместе с электросхемами, двигателями и аккумуляторами. Тогда уже всякие прогнозы бессмысленны.

Ход Липсон,
*директор Лаборатории креативных
машин Университета Корнелла*

Трехмерная печать, известная в промышленности как *аддитивное производство*, — это ряд производственных технологий, позволяющих создавать трехмерные объекты путем последовательного наложения слоев материала с помощью специальных компьютерных программ для проектирования объекта и управления производственным процессом.

В этом разделе мы проследим за развитием технологий трехмерной печати и их влиянием на экономику. Затем мы опишем экосистему, породившую эту инновацию, уделяя особое внимание тем факторам, которые играют ключевую роль в ее дальнейшем развитии. В последней части мы рассмотрим роль системы ИС в развитии трехмерной печати и отметим некоторые потенциальные проблемы, которые может поставить перед ней эта технология³.

3.1.1 Развитие трехмерной печати и ее экономическое значение

В широком смысле, технология трехмерной печати уходит корнями в XIX век — в разработки в области фотоскульптуры и топографии.

Но только в конце 1960-х гг. начались попытки создания объемных объектов с помощью специальных компьютерных программ. Одна из них состоялась в Мемориальном институте Баттелля в г. Колумбус (Огайо), другую предпринял Уин Келли Суэйнсон в г. Беркли (Калифорния). Десятилетие спустя об изобретении первого работающего способа трехмерной печати сообщил японский ученый Хидэо Кодама из Нагойского муниципального института промышленных исследований.

Вскоре после этого возникли различные технологии трехмерной печати (см. табл. 3.1). Каждая из них основывалась на разных способах печати, отличались также и типы материалов, используемых для процесса.

В дополнение к процессу трехмерной печати потребовалось создание нового формата файла, описывающего геометрию поверхности объемных объектов. Компания 3D Systems, выпустившая на рынок первый 3D-принтер на основе технологии *стереолитографии*, разработала и первый файловый формат — STL⁴. Он стал отраслевым стандартом и использовался до недавнего времени.

С освоением этой инновации в промышленном производстве появился еще один сегмент рынка — трехмерная печать (изготовление объектов) для личного пользования.

Начало этому рыночному сегменту положили в середине 2000-х годов исследователи в Батском университете, Массачусетском технологическом институте (MIT), Университете Корнелла, Стэнфорде и других вузах, поставившие перед собой цель сделать трехмерную печать широкодоступной. Они занялись разработкой компактных 3D-принтеров общего назначения⁵.

Один из этих проектов — *RepRap* — был нацелен на создание общедоступного 3D-принтера с возможностью самовоспроизведения. Его разработка — наряду со служебными продуктами и услугами — позволила значительно снизить стоимость 3D-принтеров, сделав их более доступными для заинтересованных потребителей.

Осуществление проекта RepRap также привело к созданию бурно растущей экосистемы производителей аппаратного обеспечения, разработчиков программ и поставщиков услуг, поддерживающих потребительский рынок 3D-принтеров. Несколько персональных 3D-принтеров, имеющихся сегодня в продаже, основаны на открытом программном и аппаратном обеспечении, разработанном в рамках проекта RepRap, и использованных в нем технологиях.

Но ведь не каждый может позволить себе приобрести 3D-принтер или создать его сам. И тут в игру вступает проект Fab Lab. Он был запущен в 2001 г. на базе MIT под руководством Нила Гершенфельда и нацелен на создание низкокзатратных и общедоступных лабораторий для изготовления объемных объектов. Базовый принцип проекта — стимулировать пользователей к созданию необходимых им изделий без необходимости получения лицензий на доступ к системам трехмерной печати. По сути, «фаблабы» — это лаборатории, оборудованные промышленными устройствами трехмерной печати и электроникой, работающей на открытом программном обеспечении и сопутствующих программах, разработанных в MIT. В этих мастерских пользователи могут создавать и «распечатывать» желаемые объекты, не прибегая к покупке 3D-принтеров.

3. В настоящем разделе использованы данные из доклада Ш. Бехтольда [Bechtold, 2015].

4. Аббревиатура STL означает STereoLithography (стереолитография), но также и Standard Tessellation Language (стандартный язык тесселирования).
5. [Lipson, 2005].

Таблица 3.1. Некоторые технологии трехмерной печати

Год*	Технология	Тип	Первоначальные изобретатели	Компания
1984	Стереолитография	Способ фотополимеризации в ванне: жидкий фотополимер отверждается источником контролируемого излучения, т. е. ультрафиолетовым лазером. Лазер отверждает экспонированные участки полимера. Процесс повторяется послойно до получения законченного объекта.	Чарльз Халл (во время работы в компании UPV, Inc.)	3D Systems
1986	Селективное лазерное спекание	Способ сплавления материала в сформированном слое: лазерный луч подается на слой порошка, нанесенного на рабочую платформу. Лазер спекает материал, придавая ему нужную форму. Затем рабочая платформа опускается, и лазер рисует следующий слой.	Карл Деккард (докторская диссертация в Техасском университете, г. Остин)	Техасский университет в Остине выдал лицензию фирме Nova Automation, которая позже была переименована в DTM Corporation и в 2001 г. поглощена компанией 3D Systems
1989	Моделирование методом наплавления, или методы термопластичной экструзии (см. вставку 3.2)	Процесс экструзии, при котором материал селективно выдавливается через литьеовое отверстие или мундштук.	Скотт Крамп	Stratasys
1989	3DP (трехмерная печать)	Технология разбрызгивания связующего вещества: струйная печатающая головка наносит клей для локального связывания порошкообразного материала в режиме, аналогичном работе обычного струйного принтера.	Эмануэль Сакс и соавторы	Массачусетский технологический институт выдал лицензию для коммерческого освоения технологии нескольким компаниям, в частности — Z Corporation, которая в 2012 г. была поглощена компанией 3D Systems

*Год подачи первой патентной заявки.

Источник: [Bechtold, 2015].

Растущая коммерческая значимость

Со времени ее появления на рынке трехмерная печать оказала некоторое влияние на производственные процессы в различных отраслях и секторах. Сначала она нашла применение в технологии быстрого прототипирования. Ее использовали инженеры и промышленные дизайнеры для ускорения проектирования и изготовления опытных образцов, экономя время и деньги.

Постепенно, по мере появления новых способов трехмерной печати с использованием других исходных материалов она нашла применение в производстве компонентов и даже готовых изделий в нескольких отраслях промышленности, в том числе в аэрокосмической и авиационной отрасли, строительстве, промышленном проектировании, производстве изделий медицинского назначения и военной промышленности. С ее помощью даже стали изготавливать потребительские товары — например, одежду, обувь, ювелирные изделия, очки и пищевые продукты.

Предприятиям этих отраслей трехмерная печать позволяет дешево производить небольшие партии товаров, что делает технологию привлекательной для мелкосерийного производства⁶.

Во многих таких случаях применение трехмерной печати снижает для компаний и время производства, и его себестоимость. По расчетам, приведенным в одном консалтинговом отчете, экономия затрат в результате использования трехмерной печати при производстве запасных частей для техобслуживания, ремонта и эксплуатации летательных аппаратов в масштабе мировой авиакосмической отрасли могла бы составить 3,4 млрд долларов США⁷.

Что касается рынка персональных 3D-принтеров, благодаря развитию проектов по бесплатному использованию трехмерной печати, а также истечению сроков действия соответствующих патентов, стоимость принтеров снизилась, и они стали более доступными (см. информацию о роли патентов в подразделе 3.1.3)⁸. Появление недорогих принтеров и лабораторий трехмерной печати для личного пользования способствовали распространению данной технологии среди многочисленных сообществ и позволило им удовлетворять разнообразные потребности.

Например, открытие первых мастерских Fab Lab в Индии, Гане, на севере Норвегии и в центральном районе Бостона в США позволило местным новаторам изготавливать, соответственно, приборы для определения безопасности молока и испытания сельскохозяйственных машин, формы для использования в местном вышивальном промысле, бирки для наблюдения за стадами скота с помощью сотовой связи, а также солнечные элементы и ювелирные изделия из металлического лома. В настоящее время по всему миру действует почти 550 «фаблабов». Большинство из них находится в США и Европе, но есть также 23 лаборатории в Африке, 58 в Азии и 54 в странах Латинской Америки и Карибского бассейна (см. рис. 3.1).

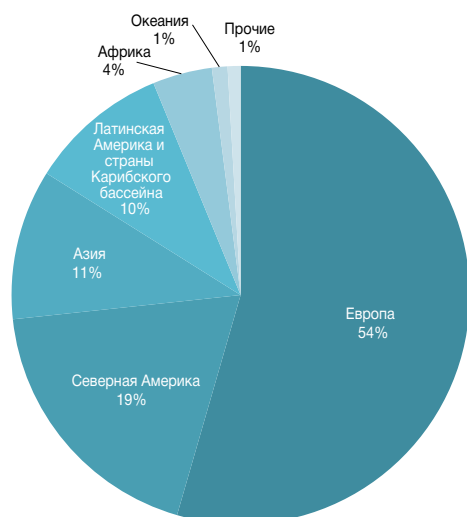
6. [Bechtold et al., 2015].

7. В случае изготовления 50% запчастей методами трехмерной печати (см. [PwC, M Institute, 2014]).

8. См. [Lipson, Kurman, 2013; West, Kuk, 2014; Bechtold et al., 2015; Campbell et al., 2012].

Рис. 3.1. Мастерские Fab Lab действуют во всех уголках мира

Доли регионов в общем количестве лабораторий, 2015 г.



Источник: [The Fab Foundation, 2015].

Многообещающий эффект

Потенциальное влияние технологии трехмерной печати значительно. Во-первых, она может играть всё более важную роль не только в быстром прототипировании, но и в производстве компонентов и готовых изделий⁹. Есть опыт ее применения в медицинской отрасли: например, для индивидуального изготовления вертлужных впадин (при протезировании тазобедренного сустава) и оболочек слуховых аппаратов¹⁰. Обходя традиционные способы производства, она может сделать возможной массовую индивидуализацию товаров, снижение складских расходов и оптимизацию проектирования изделий.

Во-вторых, эта технология может привести нас в мир децентрализованного производства. Поскольку трехмерная печать позволяет отделить разработку информации об изделии от его изготовления, может произойти разрыв традиционных производственных каналов — как в поставках сырья, так и в сбыте продукции¹¹. По существу, изделия могут конструироваться в любом месте, а изготавливаться близко к потребителю или даже самим потребителем. Впоследствии это может привести к обновлению бизнес-моделей, при котором достигается эффективное таргетирование рыночных ниш и включение покупателей в цепочку создания добавленной стоимости¹².

В-третьих, трехмерная печать способна оказать глубокое влияние на регионы, удаленные от производственных предприятий и даже от каналов сбыта. Таким «внесетевым» сообществам она дает возможность изготавливать запасные детали и готовые изделия, которые раньше было трудно приобрести. Такое применение имеет особые перспективы в менее развитых экономиках, отрезанных от обычных каналов сбыта. Возможно, трехмерная печать позволит им приобретать необходимые товары дешевле в обход традиционных производственно-сбытовой цепочек¹³. И, как видно из примера «фаблабов», с ее помощью локальные задачи могут решаться непосредственно в данной стране, что потенциально дает большие выгоды ее экономике. Трехмерная печать также может принести пользу еще одному «внесетевому сообществу» (хотя и очень непохожему на те, о которых мы говорили выше) — Международной космической станции, где тоже существует большая проблема с доступностью запчастей.

И наконец, по мере повышения надежности 3D-принтеров, улучшения их конструкций и продвижения на рынке они могут стать привлекательными для потребителей тем, что не только снижают затраты, но и уменьшают воздействие производства на окружающую среду¹⁴.

Учитывая, какие изменения грозит принести трехмерная печать в производственные процессы и каналы сбыта, вероятно, расширение ее использования затронет и местные рынки труда¹⁵. Например, занятость и число вакансий могут сместиться из традиционных производственных отраслей в те места, где есть спрос на трехмерную печать. Но пока ни один ученый не исследовал этот эффект.

Оценки роста и влияния сектора трехмерной печати сильно разнятся. По прогнозам отраслевых обозревателей, к 2020 г. оборот рынка трехмерной печати достигнет 20 млрд долларов США¹⁶. Финансовое воздействие этой технологии к 2025 г. оценивается в диапазоне 230–550 млрд долларов США, причем самое большое воздействие она окажет на потребительский сектор (100–300 млрд долларов), прямое производство (100–200 млрд долларов) и изготовление инструментов и пресс-форм (30–50 млрд долларов)¹⁷. Но не все прогнозы роста рынка одинаково оптимистичны (см. табл. 3.2).

9. См. [Bechthold et al., 2015].

10. См. [Lipson, Kurman, 2013; Bechthold et al., 2015].

11. См. [Desai, Magliocca, 2014; Lemley, 2014].

12. [Ghilassene, 2014; Rayna, Striukova, 2014].

13. [King et al., 2014].

14. Информацию о затратах полного срока эксплуатации см. в [Wittbrodt et al., 2013], а об экологическом воздействии — в [Kreiger, Pearce, 2013], [Bechthold et al., 2015] и [Lipson, Kurman, 2013].

15. [Lipson, Kurman, 2013].

16. [Wohlers Associates, 2014].

17. [McKinsey Global Institute, 2013].

Таблица 3.2. Оценки рынка трехмерной печати заметно разнятся

Рынок	Оценка потенциального объема / темпа роста	Источник
Мировая отрасль трехмерной печати (связанные с ней технологии, товары и услуги)	10,8 млрд долл. США к 2021 г.	Wohlers Associates, 2013 г.
Мировая отрасль трехмерной печати (связанные с ней технологии, товары и услуги)	4 млрд долл. США к 2025 г.	Research and Markets, 2013 г.
Рынок материалов для трехмерной печати (в т. ч. пластмассы, металлы, керамика и др.)	CARG 19,9% до 2018 г. ¹⁸	RnR Market Research, 2014 г.
Трехмерная печать для медицинского применения	965,5 млн долл. США к 2019 г., CARG 15,4%	Transparency Market Research

Источник: Bechtold *et al* (2015).

Точность прогнозов будущего воздействия трехмерной печати будет зависеть от того, смогут ли быть преодолены некоторые технические проблемы. Прежде всего, стоимость промышленных 3D-принтеров всё еще высока — от 75 000 до 90 370 долларов США, а некоторые промышленные системы могут стоить больше 1 млн долларов.¹⁹ И хотя цена персональных 3D-принтеров существенно упала (несколько лет назад они стоили более 30 тыс. долларов США, а сегодня — 1 тысячу), для многих они пока недоступны²⁰. Кроме того, подходящие для них исходные материалы стоят намного дороже сырья для традиционных производственных процессов. Согласно оценке одной специализированной консалтинговой фирмы, в 2013 г. на расходные материалы для 3D-принтеров было потрачено 528,8 млн долларов США²¹.

Более того, трехмерная печать — это всё еще медленный процесс. Создание готового объекта часто занимает много часов и даже дней.

Наконец, темпы роста этого рынка будут зависеть от того, станет ли эта технология простой в использовании, выйдет ли ее освоение за пределы узкого круга энтузиастов и экспертов, а также от многих других бизнес-факторов.

3.1.2 Экосистема инноваций в области трехмерной печати

Развитию трехмерной печати содействовали многие факторы и участники рынка. Среди факторов, толкавших эту инновацию вперед, можно назвать наличие активистов в частном и государственном секторах, развитие взаимодополняющих продуктов, становящихся компонентам систем трехмерной печати, и рост спроса со стороны как промышленности, так и частных потребителей.

Вставка 3.1. Реализация потенциала трехмерной печати зависит от развития взаимодополняющих продуктов

Важнейшим фактором, обеспечивающим более широкое применение трехмерной печати, является развитие взаимодополняющих продуктов, а именно — исходных материалов и систем автоматизированного проектирования.

Ранние версии 3D-принтеров могли печатать только из пластмасс, и традиционные производители с легкостью игнорировали эту технологию из-за ограниченности ее применения²². Но сейчас стало возможным изготовление объектов из керамических материалов, металлических сплавов, стекла, бумаги, фотополимеров и — в известной мере — из живых клеток и пищевых продуктов.

До недавних пор возможности программ автоматизированного проектирования, в которых можно создавать цифровые изображения для трехмерной печати, были весьма ограниченными: они позволяли выполнять быстрое прототипирование при конструировании и в промышленном проектировании, а также могли использоваться в некоторых отраслях промышленности при необходимости быстро изготовить изделие. Несмотря на некоторый прогресс, эти программы всё еще далеки от совершенства в цифровом представлении сложных образов, таких как человеческое тело и совершаемые им движения. Более того, для печати высокотехнологичных изделий (например, полнофункциональных роботов) потребовалось бы разработать более сложные программы САПР, учитывающие, кроме внешнего вида объекта, такие факторы, как функциональность²³.

Поэтому без дальнейших инвестиций в эти дополняющие продукты распространение этой инновации в различных отраслях промышленности и в странах с разными уровнями дохода будет затруднено.

18. CARG означает кумулятивный темп роста.

19. См. [McKinsey Global Institute, 2013; Wohlers Associates, 2014].

20. [McKinsey Global Institute, 2013].

21. [Wohlers Associates, 2014].

22. [Lipson, Kurman, 2013].

23. [Lipson, Kurman, 2013].

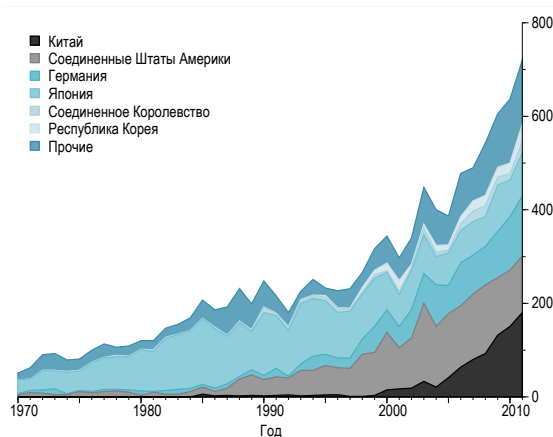
Описание ландшафта инноваций в области трехмерной печати

Большинство изобретений в области трехмерной печати запатентовано в США, Германии, Японии и — в последнее время — в Китае.

На рис. 3.2 показана динамика подачи патентных заявок с разбивкой по месту нахождения заявителя (выделены шесть лидирующих стран). В начале 1980-х годов больше всего патентных заявок на изобретения в сфере трехмерной печати происходило из Японии, но к началу нового века на первое место вышли США. К 2010 г. больше всего заявок в этой области стало поступать из Китая — больше, чем из Японии и США, вместе взятых.

Рис. 3.2. Примерно 80% всех патентных заявок в области трехмерной печати приходятся на Китай, Германию, Японию и США

Количество впервые поданных патентных заявок в разбивке по стране происхождения, 1970–2011 гг.



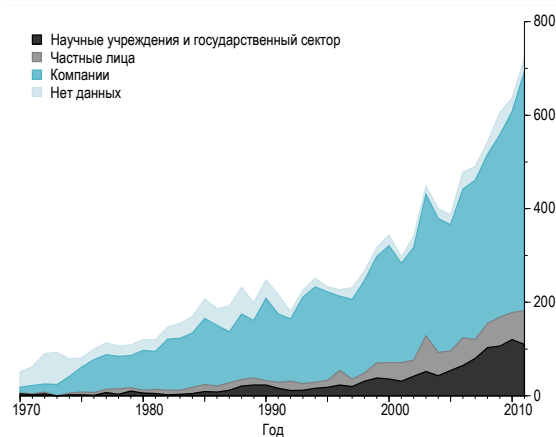
Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Кроме того, большинство патентных заявок в области трехмерной печати подается предприятиями (см. рис. 3.3). Это не удивительно, поскольку многие из первооткрывателей в этой отрасли создали собственные компании. За исключением нескольких крупных игроков, это компании небольшого и среднего размера²⁴.

Все заметнее становится участие университетов, хотя они занимают гораздо меньшую долю, чем предприятия. Кстати, некоторые из важнейших технологий трехмерной печати были разработаны в Массачусетском технологическом институте и в Системе университетов Техаса, в частности, в Техасском университете в Остине. Эти два университета до сих пор владеют значительными портфелями патентов в данной области. Но для коммерческого применения они обычно выдают лицензии на эти патенты частным фирмам. Например, технология струйной трехмерной печати, разработанная в MIT, была передана нескольким компаниям по лицензиям на использование и коммерциализацию²⁵.

Рис. 3.3. Большинство патентов в области трехмерной печати подается предприятиями, но растет доля учебных заведений и государственного сектора

Количество впервые поданных патентных заявок в разбивке по категориям заявителей, 1970–2011 гг.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

24. [Expertenkommission Forschung und Innovation, 2015].

25. [Wohlers Associates, 2014].

Промышленные 3D-принтеры

На рынке трехмерной печати для промышленного применения в основном действуют малые и средние предприятия, но доминируют два крупных системных производителя: это американские компании Stratasys и 3D Systems. Эти две фирмы были в числе нескольких пионеров рынка, вышедших на него с собственными технологиями трехмерной печати (*стереолитографией и моделированием методом наплавления*), и в настоящее время лидируют по числу патентных заявок в этой отрасли, как свидетельствуют цифры, приведенные в таблице 3.3. Среди других важных игроков следует назвать китайскую компанию Beijing Tiertime и немецкие EOS и Envisiontec²⁶.

Таблица 3.3. Десять предприятий — лидеров по числу патентных заявок, поданных с 1995 г.

Наименование компании	Страна	Количество впервые поданных патентных заявок
3D Systems	США	200
Stratasys	США	200
Siemens	Германия	145
General Electric	США	131
Mitsubishi Heavy Industries Ltd	Япония	120
Hitachi	Япония	117
MTU Aero Engines	Германия	104
Toshiba	Япония	103
EOS	Германия	102
United Technologies	США	101

Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Отрасль трехмерной печати отличается наукоемкостью. Для того, чтобы первые технологии трехмерной печати стали работающими, потребовалось несколько циклов усовершенствований²⁷. Активные исследования и разработки должны продолжаться и сегодня. Как сообщила недавно консалтинговая фирма, специализирующаяся на рынке трехмерной печати, в 2013 г. предприятия отрасли вкладывали в НИОКР в среднем 19,1% своей выручки²⁸.

Поддержка развития за счет государственных и частных инициатив

Развитию направления трехмерной печати способствовали различные государственные инициативы. Во многих случаях они помогли компенсировать риски, сопряженные с инвестированием в исследование и разработку этой инновации в отсутствие предсказуемых результатов. В конце 1980-х годов Институт промышленных исследований префектуры Осака (Япония) выдал лицензии на разработку и запуск в производство своего изобретения в области трехмерной печати нескольким японским компаниям. Эти компании, среди которых были Mitsubishi Heavy Industries и NTT Data Communication, и по сей день остаются важными участниками отрасли.

Позже масштабные государственные инициативы были запущены во многих странах, в частности в США, Европейском союзе и Китае. Помимо общего финансирования исследований, осуществляемого в ряде стран через различные национальные научные фонды, также выполняются и целевые проекты в области трехмерной печати. Например, в США активную поддержку исследованиям в этой отрасли оказывают Министерство обороны и Национальные лаборатории Министерства энергетики²⁹. Некоторые их проекты связаны с применением новой технологии в топливно-энергетическом и военно-промышленном комплексах и даже в космической сфере³⁰. Евросоюз в 2007–2013 гг. выделил на исследования в области трехмерной печати в общей сложности 225 млн евро.

В Китае правительство осуществляет крупные стратегические инвестиции в технологии объемной печати: в развитии инноваций они играют более важную роль, чем НИОКР предприятий³¹. Серьезные инвестиции правительства КНР в этой области отражаются в количестве патентных заявок, подаваемых китайскими университетами; иногда их оказывается больше, чем заявок от американских и европейских вузов (см. табл. 3.4 и рис. 3.4).

26. Следует отметить, что компании Beijing Tiertime and Envisiontec в списке десяти лидеров по патентным заявкам в таблице 3.3 отсутствуют. Это связано с нашими критериями поиска и отбора, основанными на использовании последней доступной информации (см. технические примечания).

27. [Prinz et al., 1997].

28. [Wohlers Associates, 2014].

29. [Wohlers Associates, 2014].

30. Агентство передовых исследований в области энергетики (ARPA-E) при Министерстве энергетики США недавно выделило финансирование на проект по изготовлению асинхронного электродвигателя мощностью 30 кВт с использованием только технологий трехмерной печати [Langhau, 2014, Oct. 6]. NASA исследует возможность использования технологий трехмерной печати для изготовления сменных деталей в ходе космических полетов, и Научно-исследовательский центр NASA в Лэнгли с 2010 г. руководит правительственной межведомственной рабочей группой по трехмерной печати [Wohlers Associates, 2014].

31. [Expertenkommission Forschung und Innovation, 2015].

Таблица 3.4. 10 ведущих вузов и ГНИУ по числу поданных патентных заявок с 1995 г.

Наименование учреждения	Страна	Количество впервые поданных патентных заявок
Фраунгоферовское общество	Германия	89
Китайская академия наук	Китай	79
Центрально-Китайский научно-технический университет	Китай	46
Массачусетский технологический институт (MIT)	США	37
Сианьский университет Цзяотун	Китай	34
Южно-Калифорнийский университет	США	31
Южно-Китайский технологический университет	Китай	27
Харбинский технологический институт	Китай	24
Нидерландская организация прикладных научных исследований (TNO)	Нидерланды	24
Пекинский технологический университет	Китай	17

Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Правительственные инициативы играют и еще одну роль — обеспечивают взаимодействие между различными участниками экосистемы. Многие из этих инициатив позволяют объединять усилия исследователей в научных учреждениях и частном секторе и производственных компаний с целью распространения инновации в масштабах всей экономики. Например, Соединенные Штаты вложили 50 млн долларов в государственно-частное партнерство по внедрению технологий трехмерной печати в массовое производство³². В партнерстве участвуют 50 компаний, 28 университетов и научных лабораторий и 16 прочих организаций. Об аналогичной инициативе недавно объявило правительство Австралии: в проект войдут 14 производственных предприятий, 16 местных университетов, 4 отраслевых агентства, австралийское федеральное агентство по научным исследованиям и Фраунгоферовский институт лазерных технологий. Одним из промышленных предприятий, участвующих в данной инициативе, является немецкий производитель 3D-принтеров SLM Solutions GmbH³³.

Более того, предприятия сектора трехмерной печати выступают за меры, упрощающие освоение этой инновации другими отраслями. В настоящее время в США и Европе ведется активная работа по стандартизации терминологии, процессов, интерфейсов и производственных технологий. Так, в США при Американском обществе по испытанию материалов (ASTM International) действует Комитет F42 по технологиям аддитивного производства, а в ЕС осуществляется проект SASAM (Support Action for Standardization in Additive Manufacturing — «Мероприятия по поддержке стандартизации в аддитивном производстве»).

ASTM International, которая является международной организацией по стандартизации материалов, продуктов, систем и услуг, также утвердила новый стандартный формат файла для передачи информации между проектно-конструкторскими программами и системами трехмерной печати. Новый файловый формат на основе языка XML позволяет передавать информацию о цвете, текстуре, материале, подструктуре и других свойствах объекта. В отличие от него фактический отраслевой стандарт — формат STL — позволяет только представлять информацию о поверхностной сетке.

Трехмерная печать для личного пользования

В отличие от рынка промышленной трехмерной печати рынок персональных 3D-принтеров создавался на базе инфраструктуры, которая нацелена на сохранение всеобщей открытости технологического решения и структуры инновации и опирается на сотрудничество и обмен информацией между изобретателями и пользователями. Это породило особую инновационную экосистему, состоящую из энтузиастов открытого ПО, производителей оборудования, программистов, поставщиков услуг, пользователей-новаторов и новых способов финансирования.

Внутри этой экосистемы новаторские идеи могут исходить и от потребителей, и от предприятий, выпускающих 3D-принтеры³⁴. Пользователи исследуют новые возможности применения принтеров, а самые продвинутые из них даже способны вносить изменения и усовершенствования в существующее аппаратное и программное обеспечение. Эта роль пользователей в развитии инновационной технологии является необычной особенностью данной экосистемы. Так, над проектом RepRap работает около 25 ключевых участников и широкое сообщество людей, помогающих продвигать технологию вперед. В проектную группу и сообщество входят энтузиасты, первопроходцы нарождающихся технологий, высококлассные программисты и профессиональные ученые³⁵. И большинством из них движут не материальные стимулы, а личные потребности, внутренние мотивы и репутационные интересы³⁶.

Кроме того, размытая грань между изготовителями и пользователями персональных 3D-принтеров как источниками нововведений укрепляет важную роль сообщества и его связи с промышленными производителями. Одним из важных каналов связи служат онлайн-платформы. На самом деле, совместная работа энтузиастов трехмерной печати была бы невозможной без прогресса цифровых технологий.

32. Проект America Makes («Америка производит»), запущенный в 2012 г. под эгидой «Национальной сети производственных инноваций». См. <http://americamakes.us>.
33. [Innovative Manufacturing CRC, 2015].

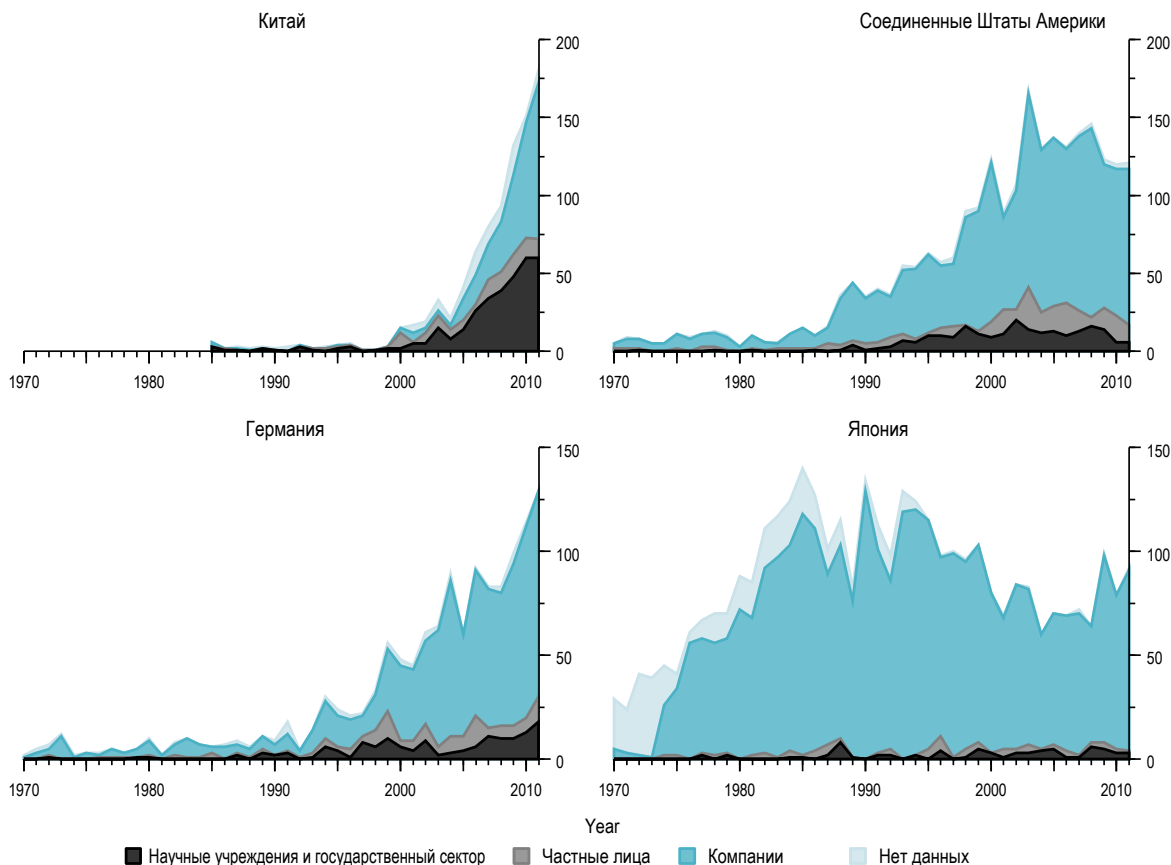
34. [Lipson, Kurman, 2013; Bechthold et al., 2015].

35. [Jones et al., 2011; Malone, Lipson, 2006].

36. [Jong, Bruijn, 2013].

Рис. 3.4. В Китае на долю университетов и организаций государственного сектора приходится больше патентных заявок в области трехмерной печати, чем в других ведущих странах

Динамика впервые поданных патентных заявок в разбивке по категориям заявителей с 1970 г., %



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Инфраструктура цифровых коммуникаций, включающая информационные платформы, бесплатные системы управления и хранилища программного обеспечения, а также площадки интернет-коммерции, способствовала появлению коллаборативной экосистемы инноваций, в которой действует сообщество энтузиастов общедоступных технологий трехмерной печати³⁷.

К тому же, по мере того как в «цифровой мир» включается всё больше людей, расширяется и это сообщество.

Важность дополняющих продуктов и услуг для данного рынка

В поддержку общедоступности 3D-принтеров создано много специальных компьютерных программ для трехмерной печати. Все они лицензионные и предоставляются либо по лицензии на ПО с открытым исходным кодом, либо по лицензии на объект имущественного авторского права, но большинство распространяется бесплатно. Во многих случаях они включаются в клиентские программы трехмерной печати, такие как Repetier-Host. Другие поставщики — например, Autodesk — предлагают различные бесплатные программы для проектирования и трехмерной печати.

37. [Bechthold et al., 2015; West, Kuk, 2014].

Кроме того, возникли специализированные поставщики услуг, оказывающие поддержку сообществу разработчиков персональных 3D-принтеров. Некоторые из них позволяют пользователям обмениваться файлами проектов для трехмерной печати через такие платформы, как Thingiverse. Другие используют централизованные сервисы трехмерной печати для распечатки объектов и затем организуют их доставку пользователям. К таким поставщикам относится, например, компания Shapeways. За 2012 г. она доставила миллион деталей, распечатанных на 3D-принтерах³⁸. А в 2014 г. компания предлагала ассортимент из почти 500 тыс. трехмерных объектов от 23 тыс. продавцов и дизайнеров из 133 стран³⁹.

Доказав свою успешность, этот рынок становится привлекательным для солидных компаний из смежных отраслей. Сейчас уже такие компании, как Office Depot, Staples и UPS, в порядке эксперимента стали предлагать услуги трехмерной печати в некоторых из своих точек.

И наконец, поскольку большинство авторов технических инноваций на рынке персональных 3D-принтеров воздерживаются от использования патентной охраны для получения доходов от своих разработок, то, чтобы поддержать развитие этой отрасли, потребовались новые механизмы финансирования. Многие проекты в области трехмерной печати для личного пользования пользуются краудфандинговыми платформами — такими как Kickstarter. Через этот сайт компания M3D привлекла на соответствующие проекты 3,4 млн долларов США, Formlabs — 2,9 млн долларов, а WobbleWorks — 2,3 млн долларов⁴⁰. Не исключено, что некоторым из проектов, финансируемых путем краудфандинга, завоевать популярность на платформе Kickstarter помогло повышенное медийное присутствие темы технологий персональной трехмерной печати. Тем не менее эти проекты также демонстрируют способность сообщества пользоваться необычными способами привлечения средств.

3.1.3 Трехмерная печать и система ИС

Полноценная система трехмерной печати зачастую затрагивает различные права ИС: патентные права на компоненты 3D-принтеров, процессы печатания и расходные материалы, охрана секретов производства 3D-принтеров, авторско-правовая охрана управляющих компьютерных программ, охрана промышленных образцов трехмерных объектов, авторско-правовая охрана образцов трехмерных объектов и охрана товарных знаков выпускаемых в продажу 3D-принтеров.

Сочетание всех этих прав ИС повлияло на процесс инноваций в области трехмерной печати как в промышленном, так и персональном сегментах рынка, и, вероятно, продолжит влиять на него в будущем. Оно влияет как на способность первооткрывателей присваивать доход от своих инвестиций в исследования и разработки, так и на распространение новой технологии.

Обеспечение возможности первоначальных разработок

По всей видимости, первооткрыватели технологий трехмерной печати рассчитывали на патентную систему, позволяющую им подтвердить новизну изобретений и занять плацдарм на рынке. Многие из них, получив патенты на свои изобретения, основывали компании и начинали заниматься их коммерческой эксплуатацией. Таким образом, патенты помогли изобретателям закрепить за собой место на рынке и, возможно, сыграли важную роль в развитии отрасли. Поскольку в отрасли произошло несколько слияний и поглощений, немногие из компаний-первопроходцев до сих пор существуют.

Также значимую роль в передаче технологий трехмерной печати от исследовательских институтов к производителям и в их дальнейшем распространении среди предприятий и по земному шару сыграло лицензирование. Одни лицензии были призваны способствовать коммерциализации изобретений, другие — расширять области их промышленного применения.

Трудно определить, в какой мере патенты смогли помешать конкурентам копировать технологию. С одной стороны, системы трехмерной печати — как в промышленном сегменте, так и в персональном, — довольно сложны для обратного инжиниринга⁴¹. Даже исходные материалы (которые, как правило, запатентованы) зачастую производятся небольшим количеством специализированных компаний, контролирующих их поставки, что в свою очередь может повышать стоимость подделки таких принтеров.

Более того, со времени выдачи первого патента в этой области появилось много технологий трехмерной печати, использующих различные материалы и процессы. А спрос на каждую из таких технологий различается в зависимости от нужд и типов применения. Поэтому они не составляют конкуренцию друг другу и могут обходиться без чужих технологий.

38. [McKinsey Global Institute, 2013].

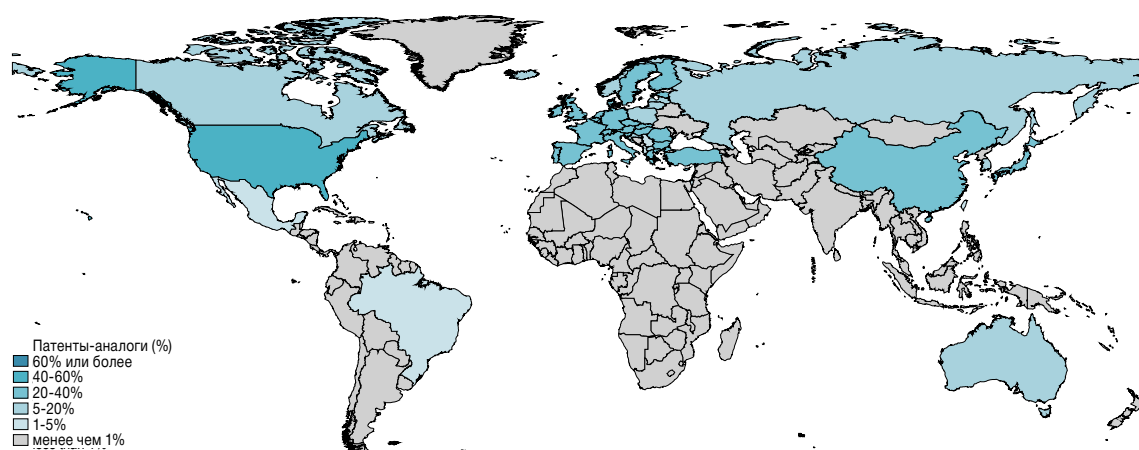
39. [Muzumdar, 2014].

40. См. www.kickstarter.com.

41. [Wohlers Associates, 2014].

Рис. 3.5. Большинство заявителей патентов в области трехмерной печати рассчитывает на охрану своих прав в США

Доля патентов-аналогов, заявленных к охране в отдельных странах мира с 1995 г.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Тем не менее есть отдельные примеры принудительного осуществления своих прав на изобретения компаниями, работающими в области промышленной трехмерной печати. К этим компаниям относятся и некоторые из основных участников рынка, например 3D Systems, DuPont, EOS, Envisiontec и Stratasys⁴².

Из рисунка 3.5 видно, в каких юрисдикциях заявители чаще всего обращались за охраной патентных прав на одно и то же изобретение. Значительная доля патентов в области трехмерной печати регистрируется в США — более 60%. Многие из патентов также заявляются в Китае и европейских странах — от 40 до 60%, а вот на страны со средним уровнем доходов, такие как Аргентина, Бразилия, Малайзия и Южная Африка, приходится меньше 20%. Судя по этим цифрам, распространение запатентованных изобретений в сфере трехмерной печати в странах со средним уровнем доходов происходит, но в гораздо меньшей степени, чем в четырех ведущих странах, где эти изобретения были сделаны (Китай, Япония, Германия и США).

Как связана интеллектуальная собственность с рынком персональных 3D-принтеров, на котором изобретателями движут не материальные стимулы, а личные потребности, внутренние мотивы и репутационные интересы? Короткий ответ заключается в том, что и здесь интеллектуальная собственность имеет значение.

Во-первых, развитие технологий трехмерной печати для личного пользования было бы невозможным без предыдущих разработок в промышленном сегменте рынка. Многие из технологий, используемых в персональных 3D-принтерах, принадлежат компаниям, работающим в промышленном сегменте. Например, RepRap и другие свободные платформы

трехмерной печати основаны на моделировании методом наплавления — технологии Скотта Крампа, первоначальный патент на которую истек в 2009 г. Другой открытый 3D-принтер, разработанный проектом Fab@Home, основан одновременно на моделировании методом наплавления и на стереолитографии Ч. Халла, оба патента на которую истекли в 2004 г. Истечение сроков действия этих патентов — одна из возможных причин самого возникновения рынка трехмерной печати для личного пользования.

Во-вторых, хотя распространение свободного применения этих технологий совпадает с истечением сроков соответствующих ключевых патентов, будущие усовершенствования этих изобретений всё равно могут охраняться различными правами ИС — патентами и/или коммерческой тайной. Например, компания MakerBot, основанная в 2009 г. как производитель персональных 3D-принтеров с открытым исходным кодом, засекретила почти все элементы конструкции и исполнения своего принтера Replicator 2⁴³.

В-третьих, открытые исходные коды, которыми пользователи свободно обмениваются между собой, распространяются так быстро благодаря вирусному эффекту, который создает само наличие авторского права⁴⁴.

И наконец, файлы проектных данных, создаваемые и пересылаемые индивидуальными пользователями, могут охраняться авторским правом, а эстетика распечатанного объекта — правом на промышленный образец (если сам пользователь решит охранять и осуществлять его).

42. См. [Yen-Tzu, Hsin-Ning, 2014].

43. [West, Kuk, 2014].

44. См., например, [Nadan, 2002].

Вставка 3.2. Ограничение на использование термина «FDM» в США

Моделирование методом наплавления (fused deposition modeling, сокр. FDM) было изобретено Скоттом Крампом в конце 1980-х годов. В 1989 г. Крамп получил патент на эту технологию от ВПТЗ США (патент США № 5121329) и приступил к ее коммерциализации через компанию Stratasys, которую он основал вместе со своей женой Лизой Крамп.

Примерно 15 лет спустя Эдриан Боулер начал открытый проект RepRap по разработке самовоспроизводящегося 3D-принтера. Этот принтер создавался на основе способа трехмерной печати, запатентованного Крампом. Есть мнение, что Боулер выбрал этот процесс потому, что он был относительно простым и поэтому лучше подходил для его идеала общедоступного самовоспроизводящегося 3D-принтера. Другие утверждали, что запуск проекта был приурочен к истечению срока действия патента в 2009 г.⁴⁵.

Вернемся в сегодняшний день. Большинство открытых платформ для трехмерной печати основаны на исходном коде RepRap и используют технологию Крампа.

Хотя патент на нее истек, что позволяет изготовителям этих принтеров выпускать их на рынок без получения лицензии у Stratasys и без риска предъявления исков о нарушении прав, изготовители не имеют права называть данный способ печати «fused deposition modeling». Это связано с тем, что 28 января 1991 г. компания Stratasys зарегистрировала термин «FDM» как товарный знак в США (порядковый номер заявки 74133656), что ограничивает его использование другими производителями⁴⁶. Вместо него другие компании для описания этого процесса трехмерной печати употребляют термины «fused filament fabrication» (производство методом наплавления нитей), «plastic jet printing» (струйная печать из пластмасс) или более общее название — «thermoplastic extrusion» (термопластичная экструзия)⁴⁷.

Растущее напряжение между двумя сегментами рынка

Различие между рыночными промышленным и персональным сегментами рынка трехмерной печати постепенно размывается по мере того, как персональный сегмент становится более рентабельным. Например, участники промышленного сегмента начинают обращать всё больше внимания персональному применению. На выставке бытовой электроники в январе 2012 г. компания 3D Systems представила свою версию персонального 3D-принтера под названием Cube. Позже, в июне 2013 г. Stratasys в своем пресс-релизе объявила о слиянии с MakerBot — одной из основных компаний в области трехмерной печати для личного пользования.

Кроме того, быстрое развитие персонального сегмента может приносить побочные результаты для промышленного рынка, и наоборот.

Это напряжение проявляется, когда пересекаются бизнес-стратегии двух сегментов рынка, особенно когда промышленные игроки приходят в нишу персональных принтеров, и возникает противоречие между открытым и закрытым режимами получения экономических выгод.

Экосистема развития трехмерной печати для личного пользования строилась на принципах открытого обмена, в то время как промышленные производители в своих разработках не могли — и не могут — обходиться без защищенных знаний и технологий. Дальнейшие инновации в этой области, возможно, предполагают использование открытых исходных кодов, которые затем включаются в закрытое, запатентованное оборудование.

Сообщество энтузиастов общедоступной трехмерной печати иногда негативно относится к этому напряжению. Одной из его реакций на попытки патентования изобретений, которые могли бы оставаться общедоступными, является участие в дебатах по патентным заявкам — например, в рамках программы Peer to Patent, инициированной ВПТЗ США⁴⁸. Но на сегодняшний день пока неясно, как это повлияет на обмен информацией внутри экосистемы персональной трехмерной печати.

Проблемы, которые ставит перед системой ИС рынок персональных 3D-принтеров

Персональный сегмент рынка трехмерной печати ставит перед системой интеллектуальной собственности новые проблемы — в частности, проблему обеспечения охраны существующих прав ИС. Любой имеющий доступ к 3D-принтеру может изготовить любой объект при условии наличия его цифрового представления. Следовательно, точные копии изделий, охраняемых правом на промышленный образец или авторским правом, могут воспроизводиться и продаваться без разрешения правообладателя. Эта проблема нарушения действующих прав ИС усугубляется в ситуации, когда в изготовлении и продаже незаконных копий в коммерческих целях участвует множество частных лиц. Таким образом, потенциально возникает риск крупномасштабного нарушения существующих прав ИС пользователями 3D-принтеров.

В основе этой проблемы лежит несоответствие между законными правами и возможностью их осуществления на практике.

45. См. [Freeman, 2013].

46. Сам термин «fused deposition modeling» (моделирование методом наплавления) не защищен товарным знаком, но Stratasys может полагаться на американское общее право в области товарных знаков, согласно которому данный термин ассоциирован с компанией и не может использоваться другими лицами.

47. [Banwatt, 2013].

48. [Clinic Staff, 2013; Samuels, 2013]. Подробнее об инициативе ВПТЗ США см. [Shapiro, 2003].

В принципе, изготавливая запатентованное объемное изделие на собственном 3D-принтере или с помощью сервиса трехмерной печати, пользователь может нарушать сразу несколько прав ИС. Это право на промышленный образец или авторское право, которым охраняется первоначальный вид объекта. Если внешний вид достаточно своеобразен, чтобы происхождение объекта могло быть определено и чтобы он мог соответствовать критериям охраны товарных знаков, то несанкционированная трехмерная распечатка может также являться нарушением права на товарный знак. Однако неразрешенное изготовление объемной копии охраняемого объекта не всегда является нарушением прав ИС — это зависит от масштаба распечатки и от правил, определяющих исключения и ограничения прав ИС в различных юрисдикциях.

Потенциально крупномасштабное нарушение прав может принести значительный ущерб способности владельцев прав ИС получать доход от своих инвестиций. Такие нарушения могут подрывать продажи на рынках, на которых работают владельцы прав ИС, и до определенной степени могут даже приводить к размыванию их брендов.

Однако обеспечение соблюдения прав ИС на рынке персональных 3D-принтеров затруднено многими практическими аспектами. Во-первых, круг потенциальных нарушителей широк, и определять реальных нарушителей, видимо, будет сложно. Во-вторых, скорее всего, нарушителями будут лица, которые для правообладателей являются клиентами. Эти факторы приводят нас к следующей итоговой проблеме: осуществление прав связано с большими издержками и может испортить имидж компании.

Одним из путей защиты прав ИС является борьба с посредниками, оказывающими услуги трехмерной печати для физических лиц. Однако такие посредники выполняют важную для отрасли функцию, стимулируя использование технологий трехмерной печати, и атака на них будет иметь негативные последствия для роста рынка. Более того, исключив из рынка этих участников, можно остановить развитие инноваций. Посредники выполняют на рынке трехмерной печати множество полезных функций. Они формируют торговую площадку для обмена информационной продукцией и ее распространения и стимулируют локальное производство. Возложение ответственности за потенциальное нарушение прав ИС потребителями на посредников может затормозить инновации в области производства и сбыта 3D-принтеров.

Эта ситуация напоминает проблему нарушения авторских прав, связанную с ростом цифровой индустрии. Возможно, изучение опыта развития других цифровых инноваций прольет свет на возможные пути исправления нарушений прав ИС. Первая возможность для участников рынка трехмерной печати — подумать об изменении своих бизнес-стратегий. Например, сделать основным источником извлечения прибыли не сами 3D-принтеры, а рынок расходных материалов для них. Установление достаточно высоких цен на материалы может ограничить масштабы незаконного производства принтеров.

Второй способ заключается в том, чтобы не бороться с поведением пользователей, а использовать его. Некоторые инновации, иницируемые пользователями, позволяют значительно повысить ценность первоначального изображения. Взаимодействие с пользовательскими сообществами создаст сети обратной связи между поставщиками и потребителями, помогая совершенствовать продукцию и повышая приверженность покупателей данному бренду⁴⁹.

Наконец, для защиты своих бизнес-моделей владельцы прав ИС могут использовать технологические средства. Например, можно позаимствовать у музыкальной индустрии ее подход к управлению цифровыми правами и контролировать каналы доступа потребителей к запатентованным продуктам и способы их использования.

Однако между рынком трехмерной печати для личного пользования и цифровой индустрией есть существенная разница. Отрасль трехмерной печати находится на ранней стадии развития, и масштаб нарушений в ней пока далеко не так велик, как в цифровой индустрии⁵⁰. В частности, распространению персональных технологий трехмерной печати мешает множество сдерживающих факторов. Для печати трехмерных объектов необходимо иметь доступ к 3D-принтеру и исходным материалам, а также навыки компьютерного программирования для обращения с файлами проектных данных, а это всё требует от пользователя значительных затрат времени и денег (см. подраздел 3.1.1 и вставку 3.1). Напротив, для скачивания из Интернета охраняемых авторским правом материалов и их воспроизведения нужно гораздо меньше инструментов и затрат. Необходимые для этого устройства, программы и навыки имеет большинство населения.

49. См. [Jong, Bruijn, 2013].

50. См. [Mendis et al., 2015].

Раздел 3.2. Нанотехнологии

Нанотехнологии — это производство из атомов.

Уильям Пауэлл,
*ведущий нанотехнолог Центра космических
полетов им. Годдарда (НАСА)*

Нанотехнологии — это технологии нанометрового масштаба, т. е. масштаба атомов и молекул. Нанометр — одна миллиардная часть метра, такую длину имеет ряд примерно из 3–20 атомов. Хотя наноразмерные частицы известны давно, ученые только в последние десятилетия научились по-настоящему визуализировать и контролировать явления в наноразмерной среде. Исследователи совершили необычайные прорывы в наноразмерной науке и технике, имеющие большое количество коммерческих применений.

Сразу необходимо отметить, что термин «нанотехнологии» охватывает широкий ряд инноваций. Есть несколько подробных определений нанотехнологий, но не всегда легко определить, подпадает ли конкретная технология под то или иное определение⁵¹. В этой главе мы попытаемся свести воедино большой объем разнообразной литературы по нанотехнологиям, и читателю следует помнить, что оговорка о неоднозначности определения была необходимой⁵².

3.2.1 Развитие нанотехнологий и их экономическое значение

Как и большинство инновационных областей, нанотехнологии опираются на предыдущие этапы научного прогресса. Технологические свершения конца XX века были бы невозможны без теоретических прорывов начала столетия, обеспечивших базовое понимание молекулярной структуры и законов квантовой механики, управляющих взаимодействием наномасштабных частиц. Фундаментальные достижения в физике, химии, биологии и инженерии проложили дорогу огромному спектру прикладных решений.

Первыми потребительскими продуктами нанотехнологий были пассивные наноразмерные добавки для улучшения свойств материалов, применяемых, например, при производстве теннисных ракеток, солнцезащитных очков и крема от загара. К нанотехнологиям также относятся многие разработки в области биотехнологий и медицины. Биомолекулярный мир функционирует в наномасштабе: диаметр ДНК составляет примерно 2 нм, размер многих белков — около 10 нм. Ученые проектируют эти биомолекулы и другие наноматериалы в целях биологической диагностики и терапии, например, для адресной доставки лекарственного средства при лечении рака.

Чтобы понять область применения и потенциал этих технологий, будет полезно пристальнее рассмотреть три направления нанотехнологических инноваций: электронная и сканирующая зондовая микроскопия — важные исследовательские инструменты для понимания и создания наноразмерных устройств; фуллерены, углеродные нанотрубки и графен, которые относятся к наиболее перспективным наноматериалам; и коммерческая наноэлектроника в диапазоне от транзисторов до магнитных запоминающих устройств.

Научно-исследовательское оборудование: электронная и сканирующая зондовая микроскопия

Для развития нанотехнологий необходима возможность визуализации наноразмерной структуры. Наномасштабные признаки нельзя увидеть даже через самые мощные оптические микроскопы, поскольку они меньше, чем длина волны света. Но электроны имеют гораздо меньшую длину волны, чем видимый свет (за это открытие в 1929 г. французский физик Луи де Бройль получил Нобелевскую премию), и поэтому могут использоваться для получения изображения более мелких характеристик. Первые изображения, полученные с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ), были опубликованы в 1932 г. Макс Кноллем и его аспирантом Эрнстом Руской из Берлинского технического университета. Первые коммерческие ПЭМ появились несколько лет спустя, отчасти благодаря переходу Руски на работу в компанию Siemens в 1936 г. В 1930-е годы возникли другие технологии электронной микроскопии, а именно: растровый электронный микроскоп (РЭМ) и просвечивающий растровый электронный микроскоп (ПРЭМ). Однако в промышленное производство они были запущены лишь десятилетия спустя: первый РЭМ был продан фирмой Cambridge Instrument Company в 1965 г., а первый ПРЭМ выпущен британской компанией VG Microscopes в 1974-м. Сегодня большинство электронных микроскопов способны достигать пространственного разрешения до 0,13 нм для тонких образцов.

51. Например, Бюро по вопросам научно-технической политики США применяет широкое определение нанотехнологии как любой технологии, подразумевающей «понимание и контролирование вещества в диапазоне примерно от 1 до 100 нанометров, происходящие в котором уникальные явления делают возможными его новые применения».

52. В настоящем разделе использованы данные из доклада Л. Л. Уэллетт [Ouellette, 2015].

Еще одним способом получения изображений поверхностей в нанодиапазоне является сканирующая зондовая микроскопия. Ее принцип действия заключается в измерении взаимодействия между поверхностью и сканирующим ее ультратонким зондом, что позволяет получить трехмерное изображение поверхности. Первый сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) был разработан в 1981 г. сотрудниками отделения IBM в Цюрихе Гердом Биннигом и Генрихом Рорером. За это изобретение они были удостоены Нобелевской премии по физике за 1986 г., которая была разделена между ними и изобретателем первого электронного микроскопа Эрнстом Руской. В 1985 г. Бинниг совместно с исследователями из Стэнфордского университета и IBM изобрел еще один тип сканирующего зондового микроскопа — атомно-силовой микроскоп (АСМ). С его помощью стало возможным получать изображения диэлектрических материалов. Основополагающими патентами на СТМ и АСМ владеет IBM. Сейчас оба эти прибора являются штатными инструментами для исследования наноматериалов с атомным разрешением.

Перспективные наноматериалы: фуллерены, углеродные нанотрубки и графен

Одними из самых перспективных наноматериалов являются структуры с преимущественно шестиугольным расположением атомов углерода, в том числе структуры в форме футбольного мяча (известные как фуллерены), цилиндра (углеродные нанотрубки) и листа (графен).

Фуллерены были открыты в 1985 г. в Университете Райса Робертом Кёрлом, Харольдом Крото и Ричардом Смолли, удостоенными за это открытие Нобелевской премии по химии за 1996 г. В 1990 г. физики из Института ядерной физики Общества Макса Планка и Аризонского университета открыли метод производства фуллеренов в больших количествах. Этот прогресс привел к значительному потоку патентных заявок, связанных с фуллеренами, от организаций, перед которыми теперь открылись коммерчески целесообразные возможности, — в том числе от научных учреждений и предприятий. Началось коммерческое использование фуллеренов для улучшения качества товаров, таких как бадминтонные ракетки и косметические средства, но наиболее перспективные применения лежат в области органической электроники и биологических наук.

О получении одностенных углеродных нанотрубок — цилиндров, стены которых состоят из одного слоя атомов углерода, — одновременно сообщили в 1993 г. ученые из японской корпорации NEC и калифорнийского офиса IBM⁵³. С тех пор в этой области начались активные исследования; например, в Национальном научном фонде США нанотрубки заняли второе место по объему финансирования среди нанотехнологий в период 2001–2010 гг. Как и фуллерены, углеродные нанотрубки уже применяются в производстве ряда коммерческих продуктов, в т. ч. в тонкопленочной электронике. Однако наиболее перспективные применения — использующие электрические свойства конкретных нанотрубок — все еще, видимо, весьма далеки от промышленной стадии⁵⁴.

Графен — новый интересный углеродный наноматериал — был описан теоретически еще в 1947 г., но физически был выделен лишь в 2004 г., когда Андрей Гейм, Константин Новоселов и их коллеги из Манчестерского университета продемонстрировали возможность использования липкой ленты для отщепления отдельных графеновых листов от кристаллов графита. В 2010 г. за работу по получению графена Гейм и Новоселов были удостоены Нобелевской премии. После их научного прорыва началась активная регистрация патентов в области графена, хотя коммерческих продуктов пока появилось немного. Потенциал применения графена варьируется от электроники до биозондирования, но пока упирается в серьезные препятствия. Например, имеет перспективы использование графена в солнечных элементах и батареях, улучшающее преобразование и накопление энергии, но для этого необходимы усовершенствования в процессах крупносерийного производства батарей и передачи энергии⁵⁵.

53. Распространено утверждение, что углеродные нанотрубки были открыты японским физиком Сумио Иидзимой в 1991 г. На самом деле советские ученые Л. В. Радужевич и В. М. Лукьянович опубликовали ПЭМ-изображение углеродной нанотрубки с диаметром 50 нм еще в 1952 г., и с тех пор нанотрубки переставались несколько раз. См. [Monthieux, Kuznetsov, 2006].

54. См. [De Volder *et al.*, 2013].

55. См. [Bonaccorso *et al.*, 2015].

Коммерческая наноэлектроника

Хотя многие потенциальные сферы применения углеродных наноматериалов остаются умозрительными, некоторые нанотехнологические разработки уже оказали заметное воздействие на рынок. Нанотехнологии привели к значительным усовершенствованиям коммерческой электроники, в том числе транзисторов и магнитных запоминающих устройств. Так, по состоянию на 2010 г. на американском рынке полупроводников наноразмерные компоненты включало около 60% продукции общей рыночной стоимостью порядка 90 млрд долларов США.

Устойчивое уменьшение размеров устройств отражает действие «закона Мура», согласно которому количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 18–24 месяца (см. раздел 2.3). Для получения устройств размером менее 100 нм исследователям пришлось преодолеть серьезные трудности. Например, были разработаны новые материалы, обеспечивающие необходимую изоляцию затворов транзисторов от токов утечки, и усовершенствованы методы оптической литографии, позволяющие формировать структуры размером 30 нм. Этот прогресс зависел от базовых инноваций в области нанопроизводства и характеристики, и считается, что дальнейшее уменьшение размеров потребует дополнительных фундаментальных достижений — возможно, с использованием углеродных нанотрубок или графена⁵⁶.

Вклад нанотехнологий в экономику и их потенциал роста

Нанотехнологии уже оказали воздействие на очень многие области техники. По мнению некоторых наблюдателей, по потенциалу глубокой трансформации экономики наноиндустрия не уступает таким инновациям, как электричество, компьютеры и Интернет. Перспективы применения просматриваются в широком спектре отраслей: от усовершенствованных транспортных средств с аккумуляторным питанием до более прицельной лекарственной терапии и производства дорожных материалов, армированных нанотрубками. В принципе, ввиду своего универсального характера нанотехнологии способны стимулировать рост через все каналы, которые мы определили в разделе 1.2.

Кроме того, нанотехнологии могут позволить повысить общественное благосостояние, решая глобальные проблемы самодостаточного развития. Например, наблюдается значительный прогресс в разработке на основе нанотехнологий решений по очистке, опреснению и повторному использованию воды. Исследователям в области нанотехнологий удалось улучшить качество и биологическую безопасность пищевых продуктов, получить легкие и прочные нанокмпозиционные материалы для производства транспортных средств с экономичным расходом топлива, создать способы отделения двуокиси углерода от других газов и существенно повысить эффективность пластиковых солнечных элементов.

Количественно определить текущий вклад нанотехнологических инноваций в экономику — а тем более их будущий потенциал для экономического роста — сложно, если вообще возможно. Помимо ограничений по доступности данных нет ясности в том, как определять ценность нанотехнологических изобретений, которые включаются в продукт или процесс как небольшой, но фундаментальный компонент. К примеру, элементы современных полупроводниковых приборов, как правило, имеют размер в нанометровом диапазоне, а совокупные объемы рынков полупроводников и электроники составляют более 200 млрд и 1 трлн долларов США соответственно⁵⁷. Но невозможно вычислить, какие доли этих сумм можно отнести на счет нанотехнологий.

Еще одна сложность возникает при попытке определить, какие товары и услуги подпадают под определение нанотехнологий, как уже отмечалось в начале настоящей главы. В таблице 3.5 представлены различные оценки текущего размера рынка, связанного с нанотехнологиями, и по ней видно, как сильно различия в определениях влияют на результаты оценки. Тем не менее, из этих цифр можно сделать общий вывод о том, что нанотехнологии уже наложили некоторый отпечаток на экономическую деятельность.

56. См. [Roco et al., 2010].

57. См. [Bonaccorso et al., 2015].

Таблица 3.5. Различные оценки вклада нанотехнологий в экономику

Оценка	Географический охват	Определение нанотехнологии	Источник
Оборот рынка за 2012 г.: 731 млрд долл. США	По всему миру	Изделия, обеспечиваемые наноразмерностью	Lux Research
Объем рынка в 2014 г.: 26 млрд долл. США	По всему миру	Узкое определение сфер применения нанотехнологий	BCC Research
Объем рынка в 2011 г.: 100 млрд долл. США	По всему миру	Наномедицина	BCC Research
Рыночная стоимость конечной продукции в 2010 г.: 300 млрд долл. США	По всему миру	(неясное)	Roco (2001)

3.2.2 Экосистема инноваций в сфере нанотехнологий

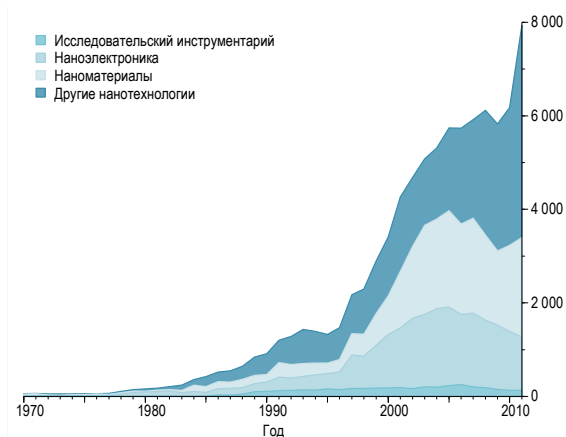
В какой экосистеме развиваются нанотехнологии? Для начала имеет смысл посмотреть на патентный ландшафт нанотехнологий. Не отражая в полной мере весь ландшафт инноваций, патентная статистика дает много информации о некоторых ключевых игроках — в частности, о тех, кто занимается разработкой технологий с коммерческим потенциалом. Чтобы дополнить эту картину, затем мы опишем некоторые основные программы государственной поддержки НИОКР в области нанотехнологий, представим информацию об основных учреждениях, занимающихся исследованиями и разработками в данной сфере, и изучим, как осуществляется обмен знаниями в инновационной экосистеме нанотехнологий.

Патентный ландшафт

Основанный на топографировании патентного ландшафта, который был выполнен для настоящего доклада, рисунок 3.6 показывает количество впервые поданных патентных заявок в сфере нанотехнологий по всему миру с 1970 по 2011 г.⁵⁸. Первая подача патентной заявки — это статистический показатель, наиболее близкий к понятию «уникального изобретения». Рисунок иллюстрирует быстрый рост объема патентования в сфере нанотехнологий: с 1995 г. среднегодовой темп роста составил 11,8%. За этот период наибольшая патентная активность пришлась на три области нанотехнологических инноваций, выделенные в предыдущем подразделе. Любопытно, однако, что в 2004 г. объемы подачи патентных заявок в этих областях достигли пика, после чего начался активный рост патентования в других сферах применения нанотехнологий.

Рис. 3.6. Резкий рост патентования в области нанотехнологий, особенно с середины 1990-х годов

Количество впервые поданных патентных заявок в разбивке по областям нанотехнологий, 1970–2011 гг.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

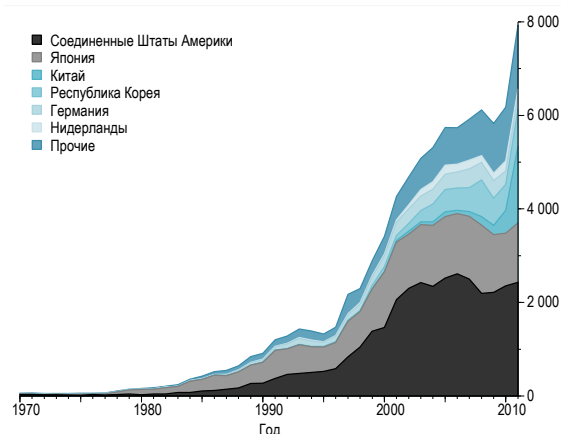
На рис. 3.7 показана та же динамика подач патентных заявок, что и на рис. 3.6, но уже в разбивке по стране происхождения заявителя. Она свидетельствует о растущей географической диверсификации. До конца 1990-х годов большинство патентных заявок подавалось из США и Японии, но с тех пор усилилась роль и других стран. Особенно следует отметить увеличение количества заявок из Республики Корея в начале 2000-х годов и — чуть позже — из Китая. Что интересно, новаторы из Кореи регистрируют патенты на наноматериалы и нанoeлектронику, а Китай почти полностью сконцентрировался на других сферах применения нанотехнологий, находящихся за пределами областей, описанных нами в предыдущем подразделе⁵⁹. С середины 2000-х годов патентная активность США и Японии снизилась не только относительно других стран происхождения, но и в абсолютном выражении.

58. Последние доступные данные относятся к 2011 г., поскольку патентные заявки публикуются с задержкой. Описание методики топографирования патентов в области нанотехнологий см. в технических примечаниях к настоящему докладу.

59. В частности, под категорию «прочее» подпадает 69% патентных заявок в области нанотехнологий, поступивших из Китая в 1995–2011 гг. Для Японии этот показатель составляет 37%, для Республики Корея — 44%, для США — 38%.

Рис. 3.7. Повышается географическая диверсификация разработок в области нанотехнологий

Количество впервые поданных патентных заявок в разбивке по стране происхождения, 1970–2011 гг.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Рисунок 3.8 дает полный обзор общемировой патентной активности в области нанотехнологий. Помимо уже упомянутых стран некоторый объем патентования демонстрируют несколько стран со средним уровнем доходов: Бразилия, Индия, Мексика и Южная Африка, хотя их показатели значительно ниже, чем у основных стран происхождения патентных заявок.

Наконец, интересно задаться вопросом, насколько важную роль в патентовании нанотехнологических изобретений играют научно-образовательные учреждения. На рис. 3.9 показано участие различных типов заявителей в общем объеме патентования с 1970 г. Учитывая научные истоки нанотехнологий, можно было бы ожидать, что со временем будет возрастать доля патентов, заявляемых коммерческими предприятиями. Но наблюдается обратная картина. Доля патентных заявок от научных и образовательных учреждений выросла с 8,6% в 1980 г. до 16,1% в 2000 г., а в 2011-м достигла 40,5% — рекордного значения среди всех революционных инноваций, рассматриваемых в настоящем докладе. Однако есть заметные различия по странам происхождения. Хотя доля академических патентов увеличивается в большинстве стран, среди японских заявителей она в среднем составила 8,2%, немецких — 19,3%, американских — 26,9%, корейских — 35,6%, а китайских — 73,0%⁶⁰. На самом деле, заметное увеличение доли научных учреждений в мировом объеме патентования с середины 2000-х годов во многом объясняется преобладанием академических патентных заявок, поступающих из Китая (см. рис. 3.9). Возможно, этим объясняется и особая технологическая направленность китайских заявок, отмеченная выше.

60. Эти доли относятся ко всем первым патентным заявкам, поданным с 1990 по 2011 гг.

Государственные программы поддержки

Правительства поддерживают инновации в области нанотехнологий с помощью различных механизмов, включая прямое финансирование исследований и разработок путем грантов, госзакупок, премий за инновации и налогового стимулирования НИОКР. Количественно определить значимость этих механизмов непросто. В доступных источниках зачастую не сообщается, какая доля государственного финансирования приходится на нанотехнологии, особенно в случае программ поддержки, не обусловленных конкретными технологиями, — таких как налоговые льготы для выполнения НИОКР. Еще больше усложняет задачу подсчета отсутствие единого определения нанотехнологий и то, что некоторые программы осуществляются на региональном уровне. Принимая во внимание эти ограничения, из имеющихся данных можно сделать следующие выводы:

- Адресная государственная поддержка нанотехнологий преимущественно имеет форму прямых субсидий — как на фундаментальные исследования, так и на начальные стадии промышленного внедрения. В период с 2001 по 2004 гг. более 60 стран приняли государственные программы поддержки исследований и разработок в области нанотехнологий. Первой и самой крупной из таких программ является Национальная нанотехнологическая инициатива в США, в рамках которой с 2000 г. через различные федеральные ведомства выделено почти 20 млрд долларов⁶¹.
- Согласно оценкам, общемировые государственные расходы на исследования и разработки в сфере нанотехнологий в 2012 г. достигли 7,9 млрд долларов США, причем лидировали США и ЕС, потратившие по 2,1 млрд долларов⁶². За ними следуют Япония (1,3 млрд долларов), Россия (974 млн долларов), а также и Китай и Республика Корея (по 500 млн долларов). Среди других стран со средним уровнем доходов, тратящих значительные государственные средства на развитие нанотехнологий, следует выделить Бразилию и Индию.
- Объемы налогового стимулирования НИОКР труднее поддаются оценке, но играют не менее важную роль, поскольку в мировом масштабе на такие стимулы ежегодно расходуются десятки миллиардов долларов США, что не может не благоприятствовать нанотехнологическим разработкам⁶³.
- Премии за инновации не относятся к важным инструментам политики в области нанотехнологий. Однако существуют частные премии, и в США звучат предложения об учреждении федеральной премии за достижения в данной сфере⁶⁴.

61. См. [Ouellette, 2015].

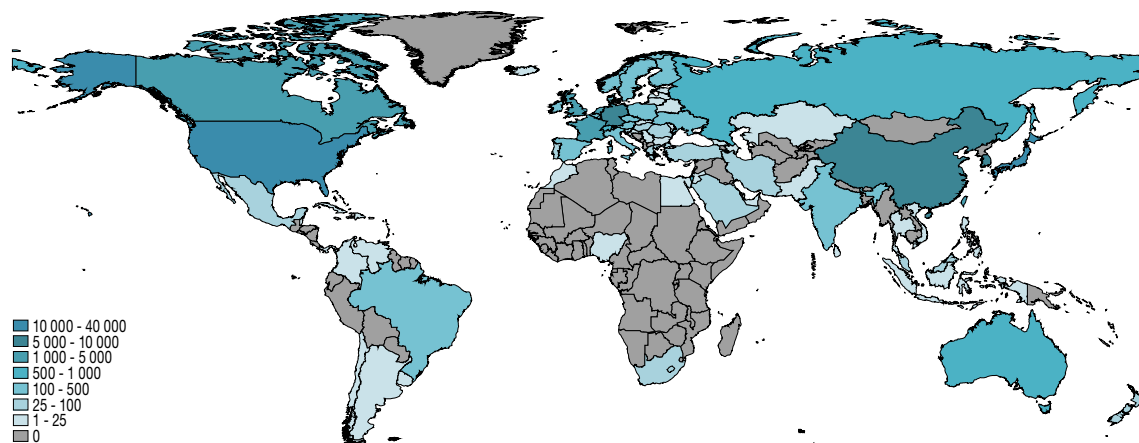
62. Цифра для Евросоюза включает средства, выделяемые как национальными правительствами, так и Европейской комиссией. См. [Lux Research Inc., 2014].

63. См. [OECD, 2011].

64. См. [Hemel, Ouellette, 2013].

Рис. 3.8. Полная география нанотехнологических инноваций

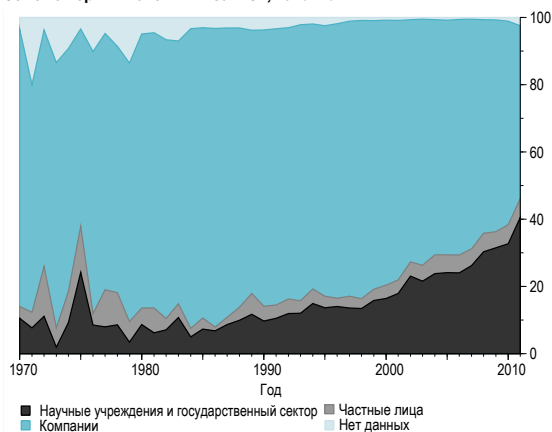
Количество впервые поданных патентных заявок в разбивке по стране происхождения с 1970 г.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Рис. 3.9. Всё более важную роль играет патентная деятельность научно-образовательных учреждений

Доли различных категорий заявителей в общем объеме первых патентных заявок, 1970–2011 гг.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Организации, занимающиеся исследованиями и разработками в сфере нанотехнологий

В экосистеме инноваций в сфере нанотехнологий участвуют разнообразные организации, в том числе государственные лаборатории, университеты и другие некоммерческие научно-исследовательские учреждения, крупные предприятия и небольшие стартапы. Также на сцену вышли венчурные инвесторы и другие посредники, способствующие движению капитала и знаний между ними.

Как описано выше, важнейшими действующими лицами в экосистеме развития нанотехнологий являются сами правительства. В национальных лабораториях и университетах с государственным финансированием выполняется значительный объем исследований и разработок. Крупными игроками также выступают частные вузы и другие некоммерческие научно-исследовательские учреждения, которые, как правило, получают государственные субсидии. Поскольку многие университеты публикуют свои исследования, определить ведущие научно-исследовательские организации в сфере нанотехнологий можно посмотрев на общее количество публикаций. Мы свели такие данные в таблице 3.6, опираясь на подсчет публикаций в Web of Science — одной из самых полных баз данных с индексированием научных работ⁶⁵. Для сравнения также приведено количество патентных заявок, впервые поданных этими же организациями. Учреждениями с наибольшим количеством публикаций в области нанотехнологий являются Китайская и Российская академии наук, Национальный центр научных исследований Франции и три японских университета. Все 20 лидеров по этому показателю также оформляют патенты на нанотехнологические изобретения. Однако между количеством публикаций и патентов нет четкой корреляции, что, вероятно, объясняется различиями в стратегиях деятельности и патентной политике этих организаций.

65. Методики топографирования публикаций и патентов в области нанотехнологий различаются (см. [Chen et al., 2013] и технические примечания). Однако два эти показателя должны быть в целом сопоставимы.

Таблица 3.6. 20 ведущих организаций по нанотехнологическим исследованиям с 1970 г.

Научно-исследовательская организация	Страна	Количество научных публикаций	Количество впервые поданных патентных заявок
Китайская академия наук	Китай	29 591	705*
Российская академия наук	Россия	12 543	38*
Национальный центр научных исследований	Франция	8 105	238
Токийский университет	Япония	6 932	72
Осакийский университет	Япония	6 613	44
Университет Тохоку	Япония	6 266	63
Калифорнийский университет в Беркли	США	5 936	1 055†
Высший совет по научным исследованиям	Испания	5 585	77
Иллинойский университет	США	5 580	187
Массачусетский технологический институт (MIT)	США	5 567	612
Национальный университет Сингапура	Сингапур	5 535	75
Китайский научно-технический университет	Китай	5 527	н/д
Пекинский университет	Китай	5 294	247
Индийский технологический институт	Индия	5 123	14
Кембриджский университет	Соединенное Королевство	5 040	43
Нанкинский университет	Китай	5 035	95
Чжэцзянский университет	Китай	4 836	191
Сеульский национальный университет	Республика Корея	4 831	163
Национальный совет по научным исследованиям	Италия	4 679	17
Киотский университет	Япония	4 540	95

*С учетом количества публикаций и патентов всех организаций, входящих в состав соответствующего учреждения.

†Количество впервые поданных патентных заявок относится ко всей системе Калифорнийского университета.

Источник: [Chen et al., 2013]; ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Исследованиями и разработками в области нанотехнологий занимаются предприятия любого размера. Согласно одной оценке, общемировые расходы компаний на НИОКР в сфере нанотехнологий в 2012 г. составили 10 млрд долларов США. Эта цифра превышает соответствующие государственные расходы (см. выше), что свидетельствует о коммерческой жизнеспособности нанотехнологий. Странами с крупнейшими вложениями компаний в НИОКР в 2012 г. были США, Япония и Германия, предприятия которых потратили за год в общей сложности 7 млрд долларов США⁶⁶.

Таблица 3.7. 20 ведущих заявителей патентов с 1970 г.

Наименование заявителя	Страна происхождения	Количество впервые поданных патентных заявок
Samsung Electronics	Республика Корея	2 578
Nippon Steel & Sumitomo Metal	Япония	1 490
IBM	США	1 360
Toshiba	Япония	1 298
Canon	Япония	1 162
Hitachi	Япония	1 100
Калифорнийский университет	США	1 055
Panasonic	Япония	1 047
Hewlett-Packard	США	880
TDK	Япония	839
Du Pont	США	833
Sony	Япония	833
Fujifilm	Япония	815
Toyota	Япония	783
Honeywell	США	773
Китайская академия наук	Китай	705
Университет Цинхуа	Китай	681
Fujitsu	Япония	673
Массачусетский технологический институт (MIT)	США	612
Western Digital	США	568

Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

В табл. 3.7 перечислены 20 ведущих заявителей нанотехнологических патентов, большинство из которых являются коммерческими компаниями. На них приходится 22,8% всех первых подач патентных заявок, выявленных при топографировании патентного ландшафта в рамках подготовки настоящего доклада. В списке доминируют заявители из стран Восточной Азии: десять японских компаний, корейская Samsung Electronics, Университет Цинхуа и Китайская академия наук. Остальные места в рейтинге ведущих 20 заявителей занимают американцы. В то время как все компании-заявители из первой двадцатки — это давно зарекомендовавшие себя транснациональные корпорации, по США имеются данные об увеличении доли патентов, регистрируемых небольшими предприятиями⁶⁷. Кроме того, большинство в списке заявителей патентов в таблице 3.7 составляют компании, специализирующиеся на нанoeлектронике. В отношении же остальных сфер применения нанотехнологий более важную роль могут играть новые участники рынка.

66. Все оценки затрат на НИОКР приведены по отчету [Lux Research Inc., 2014].

67. См. [Fernández-Ribas, 2010].

Взаимосвязи и обмен знаниями

Какими механизмами связаны различные организации, занимающиеся нанотехнологическими инновациями, и как происходит обмен знаниями между ними? Важное значение имеют заключенные лицензионные соглашения, но большой объем информации передается и по неформальным каналам. В одном из исследований американской наноиндустрии авторы пришли к выводу о том, что «наиболее распространенным механизмом передачи технологий являются публикации и презентации технических результатов в ходе конференций, симпозиумов, коллоквиумов, вебинаров и т. п.»⁶⁸. Профессиональные и научные общества играют важную роль в обеспечении такого взаимодействия.

Иногда нанотехнологические инновации идут по закономерному пути: от научных исследований к разработкам на предприятии и далее к продажам продукции на рынке. Но распространены также и «нелинейные» маршруты. Мостом между научными учреждениями и промышленностью может выступать венчурный капитал, однако в 2012 г. суммарные венчурные инвестиции в нанотехнологии по всему миру составили всего 580 млн долларов США — 3% от вместе взятых вложений правительств (7,9 млрд) и компаний (10 млрд)⁶⁹. Другими словами, государство и располагающие большой наличностью предприятия играют более критичную роль в стимулировании развития нанотехнологий.

Одним из важных способов содействия передаче технологий со стороны правительств является обеспечение необходимой инфраструктуры, которой могут пользоваться самые разные участники экосистемы нанотехнологий. Исследования и разработки в сфере нанотехнологий, как правило, являются весьма капиталоемкими, и для работы часто необходимы чистые помещения с дорогостоящим производственным и измерительным оборудованием, включая, например, специальные микроскопы, описанные в подразделе 3.2.1. Так, Национальный научный фонд США профинансировал создание на базе американских университетов 14 таких центров, составляющих Национальную сеть нанотехнологической инфраструктуры⁷⁰. Участники сети оказывают всем квалифицированным пользователям, в том числе коммерческим компаниям, помощь в получении и исследовании наноразмерных структур.

Чтобы способствовать передаче технологий от исследовательских учреждений к предприятиям, правительства также используют прямые субсидии, финансируя молодые компании, занимающиеся промышленным внедрением нанотехнологий. Соответствующие программы реализуются, например, в США, Германии, Франции и Китае⁷¹. Такое прямое финансирование позволяет минимизировать риски выхода на рынок для новых коммерческих предприятий и повысить их рентабельность.

В свою очередь, крупные компании активно способствуют коммерциализации продуктов нанотехнологий, в том числе за счет финансирования научных исследований и сотрудничества с малыми предприятиями. Авторы одного исследования глобальных нанотехнологических инноваций пришли к выводу о том, что «крупные предприятия играют основополагающую роль в совместном получении и передаче информации в области нанотехнологий, действуя как высокий центральный узел, напрямую связывающий отраслевую сеть совместного патентования с государственными научно-исследовательскими организациями»⁷².

Существуют различные группы каналов для обмена знаниями между странами, в том числе для распространения нанотехнологий на страны с низким и средним уровнем доходов. К наиболее интересным для небогатых стран сферам применения нанотехнологий относятся накопление энергии, повышение продуктивности сельского хозяйства, водоочистка и здравоохранение. Активно занимаются исследованиями и разработками в сфере нанотехнологий около 60 стран, и множество стран организует и принимает участие в конференциях по этой тематике. Международное распространение происходит через формальные соглашения о сотрудничестве. Например, Международный центр нанотехнологий и передовых материалов — это консорциум с участием американских и мексиканских университетов. Также нанотехнологии распространяются за счет миграции специалистов. Например, подавляющее большинство ученых, работающих в данной области в США, родились за границей, и такие страны, как Китай и Индия, проводят политику «обратной утечки умов», поощряя возвращение своих соотечественников. Менее очевидна роль прямых иностранных инвестиций в стимулировании распространения нанотехнологий. Так, согласно одному исследованию, хотя Китай вообще является популярным направлением ПИИ, нет свидетельств о том, что провинции, привлекающие больше таких инвестиций, создают большее количество запатентованных нанотехнологических изобретений. Развитие нанотехнологий в Китае скорее обусловлено инвестициями в государственном секторе⁷³.

68. См. [National Research Council, 2013].

69. См. [Lux Research Inc., 2014].

70. См. www.nnin.org/about-us, Вместо этой сети будет создана Национальная координированная нанотехнологическая инфраструктура.

71. См. [Ouellette, 2015].

72. См. [Genetel et al., 2012].

73. См. [Huang, Wu, 2012].

3.2.3 Нанотехнологии и система ИС

Выше мы говорили о том, как различные участники отрасли нанотехнологий используют патентную систему для защиты результатов своей инновационной деятельности. В этом подразделе мы пристальнее рассмотрим роль системы ИС в нанотехнологической сфере. Сначала мы исследуем, насколько значимую функцию выполняют патенты в получении прибыли от вложений в НИОКР и каким образом новаторы обеспечивают международную охрану своих патентов. Затем мы оценим важность информационной функции патентов, изучим вопрос, может ли право собственности на патент замедлить общий ход инноваций, и обсудим возможные пределы патентоспособности. В конце следует краткий обзор роли коммерческой тайны в нанотехнологических инновациях⁷⁴.

Патентные стратегии

Как отмечалось в главе 1, важность патентов для обеспечения прибыли от инвестиций в исследования и разработки зависит от сектора. В одних отраслях — в частности, фармацевтической и химической — патенты играют центральную роль в предоставлении компаниям конкурентного преимущества. В других — особенно в информационно-коммуникационных отраслях — решающее значение имеют время выполнения заказа, создание бренда и другие механизмы. Хотя в таких секторах патенты могут играть важную роль в получении доходов (по крайней мере, для некоторых ключевых технологий), отчасти компании регистрируют патенты для того, что обеспечить себе свободу деятельности и предоставлять свои технологии по лицензии.

Нет никаких данных, способных пролить свет на роль патентов в обеспечении возврата инвестиций в исследования и разработки, касающиеся именно нанотехнологий. Но учитывая междисциплинарный характер нанотехнологических инноваций, можно предположить, что общей модели не существует, а значимость патентов зависит от области применения. Например, нанотехнологические патенты в области биотехнологий и химии скорее всего играют более важную роль для получения доходов, чем патенты в сфере нанoeлектроники.

Стратегии использования патентов определяют, в какой мере нанотехнологические новаторы прибегают к патентной охране за пределами своих национальных рынков. Из рис. 3.10 видно, в каких странах заявители регистрируют патенты на свои изобретения. На нем показана доля патентов-аналогов в области нанотехнологий, заявленных к охране в разных странах мира. Как можно увидеть, чаще всего патенты заявляются в США — на эту страну приходится 85% первых подач патентных заявок по всему миру. За ней следуют Япония, Германия, Соединенное Королевство и Франция с долями от 37 до 52%. В среднем первая подача патентной заявки на нанотехнологическое изобретение приводит примерно к трем последующим заявкам в отношении того же изобретения⁷⁵. За исключением Китая, Турции и нескольких стран Восточной Европы, в странах со средним уровнем доходов регистрируется менее 5% патентов-аналогов⁷⁶.

Изучение мирового патентного ландшафта наводит на несколько выводов. Во-первых, хотя многие сферы применения нанотехнологий имеют глобальный охват, новаторы чаще всего заботятся о патентной охране своих изобретений в нескольких богатых странах. С одной стороны, это говорит о том, что у компаний есть и другие способы обеспечения возврата своих инвестиций в НИОКР (как отмечалось выше). С другой, это показывает, что новаторы не видят большого риска копирования их технологий в странах с более ограниченными техническими возможностями. Во-вторых, с точки зрения большинства стран с низким и средним уровнем доходов, право собственности на патенты вряд ли является серьезным барьером для распространения технологий⁷⁷. Вместе с тем ограниченный интерес к патентованию может указывать на наличие в этих странах иных препятствий к усвоению нанотехнологий.

74. Товарные знаки важны для того, чтобы обеспечивать новаторам «преимущество первого хода», и задаются вопросы о том, должно ли регулироваться использование приставки «нано» с учетом доктрин об обманчивости товарных знаков. Кроме того, наноразмерные произведения искусства могут вызвать вопросы, связанные с законодательством об авторском праве. Однако эти формы интеллектуальной собственности в настоящем докладе рассматриваться не будут.

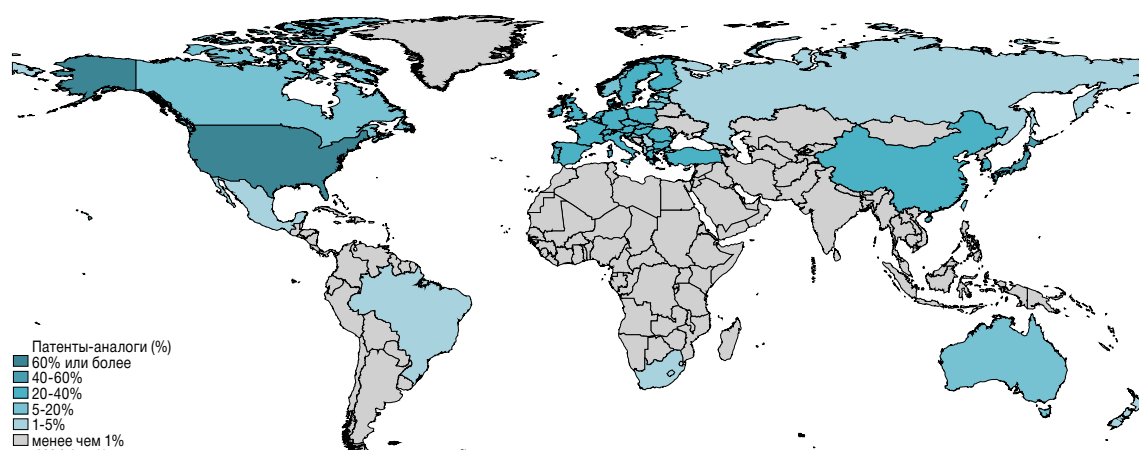
75. Эта цифра относится к нанотехнологическим патентам, заявленным с 1995 г.

76. Относительно высокие показатели для Турции и восточноевропейских стран — все из которых являются участниками Европейской патентной конвенции (ЕПК) — могут объясняться тем, что многие патентные заявки, подаваемые в Европейское патентное ведомство, не получают юридической силы в указанных странах.

77. Здесь следует сделать две оговорки. Во-первых, хотя общие показатели регистрации патентов в странах с низким и средним уровнем доходов невелики, возможно, что в них подаются заявки только на самые коммерчески значимые патенты. Во-вторых, база данных PATSTAT, на которой основан рисунок 3.10, не охватывает все страны с низким и средним уровнем доходов, что приводит к недооценке количества поступающих в них заявок.

Рис. 3.10. Заявители нанотехнологических патентов в основном подают заявки в странах с высоким уровнем доходов

Доля патентов-аналогов, заявленных к охране в отдельных странах мира с 1995 г.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Раскрытие информации через патенты

Хотя с момента возникновения патентной системы одной из ее основных функций является раскрытие сущности изобретений, сложно судить о том, как оно способствует распространению знаний и последующим инновациям. На самом деле, некоторые исследователи высказывают сомнения в том, что люди, занимающиеся наукой, вообще читают патенты — многие относятся к ним как к формально-правовым документам, составленным юристами. Однако, как показал опрос, проведенный среди исследователей-нанотехнологов, многие из них считают содержащуюся в патентах техническую информацию полезной⁷⁸. Из 211 исследователей — большинство из которых проживают в США — 64% ответили, что знакомятся с патентами, а из тех, кто читает патенты именно для научных, а не юридических целей, 60% сообщили, что нашли в них полезную техническую информацию. По мнению респондентов, патенты могут показывать, «как работает то или иное устройство», «помогать увидеть идеи и исследования в контексте и содержать [...] обоснованные точки зрения» на собственную работу респондентов, а также удерживать исследователей от того, чтобы «идти уже исхоженным путем».

Хотя результаты этого опроса указывают на ценность информации, раскрываемой в патентах, они также говорят о возможности улучшения их информационной функции. В частности, 36% респондентов никогда не читали патентов, и из тех, кто ищет в них техническую информацию, 40% не обнаружили ничего полезного. Четырьмя основными причинами недовольства являются запутанность формулировок, недостоверность патентов (связанная с тем, что в отличие от научных статей в журналах они не рецензируются), дублирование информации из журнальных статей и неактуальность патентов. Кроме того, по словам 62% читателей патентов, описания изобретений в патентах, с которыми они ознакомились, недостаточны для того, чтобы ученый-нанотехнолог смог воссоздать изобретение без дополнительной информации.

На этом основании в докладе содержится ряд рекомендаций по улучшению информационной функции нанотехнологических патентов: обеспечивать более строгое соблюдение существующих требований о раскрытии, уменьшить задержку в публикации патентов, особенно когда патентообладатель не стремится к секретности, улучшить доступ к патентной литературе через инструменты поиска и аннотации и поощрять ссылки на патенты в научных публикациях.

78. См. [Ouellette, 2015].

Нарастание инноваций и «патентные чащи»

Как и в других областях, в сфере нанотехнологий инновации имеют нарастающий, кумулятивный характер: как правило, новые изобретения основываются на прошлых. В связи с этим возникает вопрос, не могут ли патентные права замедлять или даже блокировать нарастание инноваций. Такой вопрос ставится и в отношении ряда других технологий⁷⁹.

В одном юридическом исследовании о нанотехнологических патентах утверждается, что отличие нанотехнологий от многих других важных областей техники, в которых были сделаны изобретения в прошлом веке, заключается в том, что в первых многие основополагающие изобретения были запатентованы с самого начала⁸⁰. Другие комментаторы высказывают опасения по поводу возможного существования в нанотехнологической сфере «патентных чащ»⁸¹. Излишняя фрагментация патентного ландшафта и наличие в нем частично пересекающихся прав может тормозить инновации, поскольку повышает издержки на заключение соглашений с патентообладателями и риск того, что они будут выдвигать невыполнимые условия. В одном из исследований перехлестывание патентных прав объясняется тем, что ведомствам трудно иметь дело с этой новой междисциплинарной технологией, не вполне вписывающейся в сегодняшние системы патентной классификации⁸². Однако несмотря на эти опасения и на резкий рост патентования с 1990-х годов (см. рис. 3.6), пока мало что свидетельствует о реальном наличии проблем «патентной чащи». Это может быть следствием того, что рынок продукции нанотехнологий еще слишком молод, чтобы такие проблемы проявились, или же признаком большей, чем ожидалось, эффективности рынков лицензий в этой сфере⁸³.

Кроме того, хотя в некоторых основных юрисдикциях, таких как США, уже есть прецеденты споров о нарушении нанотехнологических патентов, от общей массы патентных споров они ничем особенным не отличаются. Точно так же опыт показывает, что при получении патентов на нанотехнологии могут возникать такие проблемы, как длительность процесса и большое количество заявок, поиск по которым затруднен. Но эти проблемы характерны для всей патентной системы, а не только для сферы нанотехнологий⁸⁴.

Пределы патентоспособности

Новые технологии часто вызывают вопросы о том, какие типы изобретений могут претендовать на патентную охрану. Согласно общему требованию международного права, патенты выдаются на «любые изобретения [...] во всех областях техники»⁸⁵. Но оно допускает исключения, под которые могут подпадать некоторые нанотехнологические изобретения: сюда относятся диагностические методы и изобретения, которые могут представлять угрозу для здоровья или окружающей среды. Кроме того, отдельные страны ввели собственные ограничения, позволяющие исключать нанотехнологические разработки из области патентуемых.

Важно отметить, что, согласно недавнему решению Верховного суда США, из области патентуемых могут исключаться любые «природные продукты», такие как геномная ДНК, а также любые «природные законы», например, способ определения правильной дозировки лекарственного средства⁸⁶. В свете этого решения возникает вопрос о действительности многих нанотехнологических патентов в США⁸⁷. Многие наноматериалы существуют в природе: например, углеродные наночастицы производятся пламенем обычной свечи, а графен возникает при письме карандашом. Хотя в связи с решением Верховного суда, кажется, никакие патенты в области нанотехнологии пока не оспаривались, но у патентообладателей могут возникнуть поводы для озабоченности.

Другие ученые задавались вопросами об отсутствии новизны некоторых нанотехнологических изобретений по сравнению с предшествующим уровнем техники и о недостаточном изобретательском шаге в случаях, когда изобретение заключается лишь в изменении размерности существующей технологии⁸⁸. Однако пока нет свидетельств о том, что эти соображения стали существенным ограничителем патентоспособности на практике.

79. Подробнее о влиянии патентов на процесс кумулятивных инноваций см. в [WIPO, 2011].

80. См. статью М. Лемли [Lemley, 2005]. Он утверждает, что последними новыми технологиями, основополагающие идеи которых были сразу запатентованы, стали самолеты (с 1903 по 1917 гг.) и радио (с 1912 по 1929 гг.).

81. См., например, [Sabety, 2004], [Bawa, 2007] и [Sylvester, Bowman, 2011].

82. См. [Bawa, 2004].

83. См. [Ouellette, 2015].

84. См. [Ganguli, Jabade, 2012].

85. См. Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (Соглашение ТРИПС).

86. См. [Ouellette, 2015].

87. См. [Smalley, 2014].

88. В отношении новизны см. [Ganguli, Jabade, 2012], а в отношении изобретательского уровня — [Bleeker et al., 2004].

Коммерческая тайна

Поскольку многие изобретения в сфере нанотехнологий сложны для обратного инжиниринга, новаторы могут предпочесть не подавать заявку на патент, а просто держать их в секрете. И действительно, судя по некоторым данным, новые процессы в нанотехнологиях особенно часто становятся объектами коммерческой тайны⁸⁹. Причем среди производителей наноматериалов больше всего полагаться на секретность склонны те, кто специализируется на керамических наноматериалах, наноструктурированных металлах и катализаторах. Поэтому простой подсчет патентов в разных областях нанотехнологий дает неполную и, возможно, искаженную картину общего ландшафта.

Как показано на рис. 3.9, большой объем нанотехнологических исследований проводится в университетах, у которых нет особых причин засекречивать свои изобретения. Однако для многих компаний коммерческая тайна представляет собой важный механизм защиты инвестиций в НИОКР. О значимости этой формы охраны ИС говорит большое количество судебных исков о нарушении коммерческой тайны в США. Так, в 2000 г. компания Nanogen подала иск против своего бывшего работника за незаконное присвоение коммерческой тайны, заявив, что в поданных им патентных заявках на нанотехнологические биочипы раскрывались производственные секреты фирмы. Суд оценил сумму убытков в 11 млн долларов США. В другом процессе компания Agilent Technologies отсудила 4,5 млн долларов компенсации, предъявив иск бывшим сотрудникам за незаконное присвоение секретов выполнения жидкостной хроматографии с использованием наноразмерных частиц⁹⁰.

Как и в других областях инноваций, политика охраны коммерческой тайны должна быть сбалансированной, стимулируя компании инвестировать в НИОКР, но при этом не создавая избыточных барьеров для распространения технологических знаний. В этом контексте один из ключевых вопросов заключается в том, в какой мере работники инновационных компаний могут уносить с собой знания, переходя к конкурентам. Как отмечалось в подразделе 3.2.2, возможно, мобильность персонала является важным механизмом распространения по экономике специализированных знаний, связанных с нанотехнологическими инновациями. Но и в этом случае проблема характерна не только для нанотехнологий. Как мы объяснили в этом разделе, экосистема инноваций в сфере нанотехнологий во многих отношениях представляет собой микрокосмос всей инновационной экосистемы, а роль системы ИС в развитии нанотехнологий аналогична роли системы ИС во всех прочих инновациях.

89. См. [Lux Research Inc., 2007].

90. Подробнее см. [Ouellette, 2015].

Раздел 3.3. Робототехника

В сущности, робототехника — это наука о нас. Она имитирует нашу жизнь, изучает, как мы устроены.

Род Групен,
директор Лаборатории перцептивной
робототехники
Массачусетского университета в Амхерсте

Робототехника — это отрасль технологии, занимающаяся созданием роботов для использования в таких разнообразных местах, как автозаводы, строительные площадки, школы, больницы и жилые помещения. Автоматические манипуляторы используются для промышленной автоматизации в автомобилестроении и других производственных отраслях уже более трех-четырех десятилетий. Но в последнее время происходит комбинирование разных направлений традиционных и новых исследований, включая искусственный интеллект и осязание, для создания автономных «развитых» роботов, имеющих более широкий потенциал применения во всех сферах экономики и жизни⁹¹.

3.3.1 Развитие робототехники и ее экономическое значение

В Британской энциклопедии робот определяется как «любая машина с автоматическим управлением, заменяющая человека для выполнения тех или иных действий». Согласно определению Международной федерации робототехники (IFR) «робот — это приводимый в действие механизм с программой движений, заданной по двум или более осям с некоторой степенью автономности,двигающийся в пределах своей рабочей среды для выполнения определенных задач»⁹².

Термином «автономность» часто подчеркивается различие между роботами и другими машинами: робот способен интерпретировать среду и корректировать свои действия для достижения цели. Траектория технологического развития роботов идет от программируемых автоматов к полуавтономным и сложным автономным системам. Полностью автономные системы способны работать и принимать «решения» для выполнения своих задач без взаимодействия с человеком.

История робототехники: манипуляторы для промышленной автоматизации

В своей базовой форме роботы известны давно. История робототехники началась в Древней Греции с *автоматов* — по сути это были неэлектронные механизмы, представлявшие собой движущиеся предметы. С тех пор простые автоматы изобретались непрерывно, но современные роботы начали применяться уже в эпоху индустриализации для выполнения повторяющихся операций.

В истории промышленных роботов, начавшейся не так давно, необходимо выделить несколько ключевых изобретений, которые привели к созданию первых роботов для автоматизации производства⁹³. Во-первых, это *системы управления*, с помощью которых люди или компьютеры могут управлять роботами дистанционно, а во-вторых — *механические манипуляционные системы*, например, в форме руки или ноги, позволяющие передвигать или переносить объекты.

Для систем дистанционного управления ключевым оказалось изобретение телеуправляемой лодки, которая была запатентована и представлена публике в нью-йоркском парке в 1898 г.⁹⁴

А в области механических манипуляционных систем первый промышленный робот, имеющий вид небольшого крана, был разработан в 1937 г. Развитие роботизированных «конечностей» было продолжено У. Г. Уолтером, создавшим первого автономного робота в конце 1940-х годов⁹⁵. Однако прорыв в развитии роботостроения произошел, когда в середине 1950-х годов Джордж Девол изобрел и запатентовал первый программируемый манипулятор автоматического действия⁹⁶. Затем Девол совместно с Джозефом Энгельбергером, которого многие ученые считают «отцом робототехники», основал компанию Unimation, которая в 1956 г. изготовила робота на основе патентов Девола. Так началось серийное производство промышленных роботов⁹⁷.

С тех пор манипуляторы были доработаны и усовершенствованы. Так, первый вращающийся электрический манипулятор с компьютерным управлением был разработан в Кейсовском технологическом институте (Университет Кейс Вестерн Резерв, США). В 1969 г. исследователи из Стэнфордского университета изобрели так называемый «программируемый универсальный манипулятор», обеспечивающий более сложное управление сборкой и автоматизацией

91. В настоящем разделе использованы данные из докладов Э. Кейснера и соавторов [Keisner et al., 2015] и Р. Зигварта [Siegart, 2015].

92. См. [IFR].

93. См. [IFR, 2012].

94. Патент США № 613 809.

95. Патент США № 2 679 940. В 1942 г. сотрудники DeVilbiss Co. Уиллард Л. В. Поллард и Харольд А. Розенлунд зарегистрировали патент на первый программируемый механизированный краскораспылитель.

96. Патент США № 2 988 237. См. также [Nof, 1999].

97. См. [Rosheim, 1994].

зацией⁹⁸. Один из них, Виктор Шейнман, основан компания Vicarm Inc. для производства этой «руки», которая коренным образом повлияла на развитие роботостроения. В 1977 г. он продал компанию фирме Unimation.

Первые коммерческие роботы, преимущественно основанные на разработках упомянутых изобретателей и фирм, были внедрены на сборочных конвейерах концерна General Motors в США в 1961 г.⁹⁹. В Европе первый промышленный робот — Unimate — был установлен в Швеции в 1967 г. В 1969 г. норвежская компания Trallfa выпустила первый коммерческий окрасочный манипулятор. В 1973 г. со своими роботами вышли на рынок компании ABB Robotics и KUKA Robotics. С тех пор происходит непрерывное улучшение функциональности и управляемости роботизированных механических компонентов машин.

Примерно десятилетие после регистрации патента Дж. Деволом японские компании начали разработку и производство собственных роботов по лицензионному соглашению с Unimation. К 1970 г. роботы широко применялись в автомобильной промышленности США и Японии. К концу 1980-х годов Япония — в лице робототехнических подразделений концернов Fanuc, Matsushita Electric Industrial Company, Mitsubishi Group и Honda Motor Company — была мировым лидером по производству и использованию промышленных роботов.

Параллельно были сделаны ключевые изобретения в области роботов-упаковщиков, модернизировавшие тароупаковочную промышленность: так в Высшей технической школе Лозанны был разработан «дельта-робот», получивший 28 патентов.

Создание в японском Университете Васэда полноразмерного антропоморфного робота заложило фундамент для последующих инноваций в этой области, способствующих улучшению взаимодействия человека и робота, которое актуально для сегодняшнего рынка, ориентированного на потребителя.

К автономным системам, основанным на искусственном интеллекте и возможностях взаимодействия

Пытаясь расширить функциональные возможности роботов, исследователи стали работать над повышением автономности и улучшением взаимодействия между человеком и роботом. Сегодня ключевыми технологическими направлениями, способствующими развитию роботостроения, являются новые материалы и инновации в различных областях за пределами робототехники, такие как искусственный интеллект (ИИ), мехатроника, навигация, осязание, распознавание объектов и обработка информации¹⁰⁰. Исследования приобрели более междисциплинарный характер.

В частности, важнейшими технологиями для роботов следующего поколения станут новые достижения в программной технике и системах ИИ. Они позволят роботам лучше маневрировать и обходить препятствия. Эпохальный прорыв в развитии основных алгоритмов планирования маршрутов роботов произошел в середине 1980-х годов¹⁰¹. Алгоритмы играют всё более важную роль, позволяя программировать принятие роботами сложных решений, например, выражение «эмоций» бытовыми и обслуживающими роботами. В настоящее время ученые работают над компьютерными программами, имитирующими работу человеческого мозга, и доводят до совершенства умение роботов говорить и принимать решения.

Обладая улучшенными способностями взаимодействия, датчиками и вычислительными возможностями, роботы всё в большей степени управляются данными и контролируются через интеллектуальные сети связи. Таким образом, инновации всё больше направлены на интеграцию программных и аппаратных средств, и возникают так называемые комплексные операционные системы, основанные на робототехнике и искусственном интеллекте. На прикладном уровне как продолжение роботостроения можно рассматривать развитие автономных транспортных средств и беспилотных летательных аппаратов.

Вклад робототехники в экономику

Роботы уже оказали очевидное и серьезное влияние на промышленное производство. С начала эпохи промышленной автоматизации в 1970-х годах применение роботов в производстве значительно возросло. В 2014 г. объем рынка промышленных роботов оценивался в 29 млрд долларов США — с учетом стоимости программных средств, периферийного оборудования роботов и системного проектирования (см. табл. 3.8).

98. [Scheinman, 2015].

99. [IFR, 2012].

100. [Kumaresan, Miyazaki, 1999].

101. [Smith, Cheeseman, 1986].

Таблица 3.8. Различные оценки оборота робототехнического рынка

Оценка	Определение	Источник
29 млрд долл. США (2014 г.) 33 млрд долл. США (2017 г.)	Мировой рынок промышленной робототехники	IFR, (2014a)
50–62 млрд евро (2020 г.)	Мировой рынок промышленной робототехники	euRobotics (2014)
3,6 млрд долл. США	Мировой рынок обслуживающих роботов (из них для бытового применения — 1,7 млрд долл. США)	IFR, (2014b)

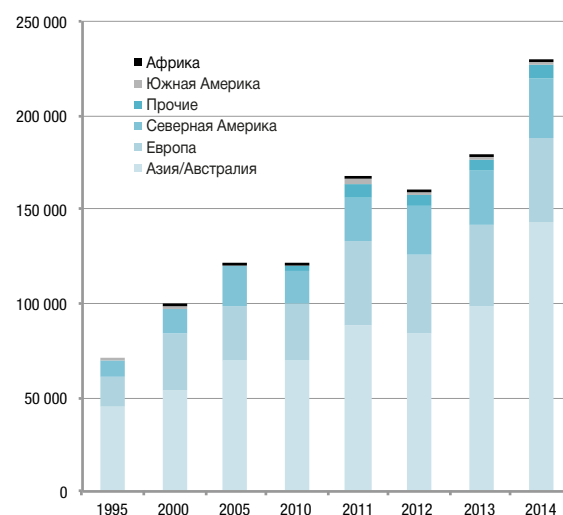
Как видно из рисунка 3.11 (верхняя часть), объем продаж роботов увеличивается: в 1995 г. было продано около 70 тыс. единиц, а в 2014-м уже около 230 тыс. На ближайшие годы также прогнозируется быстрый рост. Первоначально лидерами по объему рынка были Япония, США и Европа.

Что любопытно, доли разных регионов в мировом объеме продаж робототехники мало изменились: первое место занимает Азия, за ней следуют Европа и Северная Америка, и довольно небольшие объемы закупаются в Южной Америке и Африке. Однако в самой Азии интересны показатели Китая, который с нулевого показателя в 1995 г. вышел в лидеры, обогнав Японию. Второе место в Азии по использованию промышленных роботов сейчас занимает Республика Корея¹⁰².

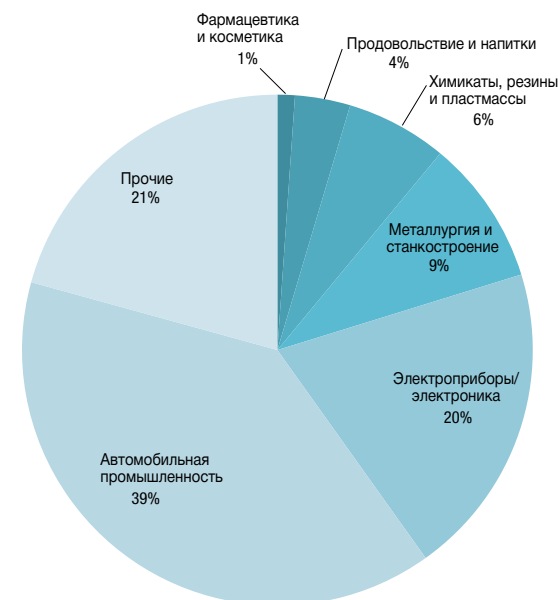
В разбивке по отраслям главным локомотивом автоматизации остается автомобилестроение, на втором месте — электронная промышленность (см. рис. 3.11, нижнюю часть). Инновации сделают возможным более гибкое и маломасштабное производство.

Рис. 3.11. Мировые закупки промышленных роботов растут. В лидерах — Азия и автомобильная промышленность

Поставки, тыс. единиц, 1995–2014 гг. (верхний график)



Доли отраслей в процентах от совокупных поставок, 2014 г. (нижний график)



Примечание: Использована классификация регионов, принятая в IFR.

Источник: Всемирная база данных по робототехнике IFR, 2014 г.

102. По показателю плотности применения роботов в 2014 г. Республика Корея заняла первое место в мире: там в обрабатывающей промышленности используется 437 единиц на 10 тыс. работников. За ней следуют Япония (323 единицы) и Германия (282). Для сравнения, плотность в Китае составляет 30 единиц, в Бразилии — 9, в Индии — 2 [IFR, 2014a].

Новым направлением робототехники является изготовление и применение обслуживающих роботов в непроизводственных сферах. К этой категории относятся роботы, предназначенные для профессионального применения в сельском хозяйстве, добыче полезных ископаемых, на транспорте (включая широкий спектр беспилотных воздушных и наземных транспортных средств, аппаратов для космических и морских исследований, беспилотного наблюдения), в здравоохранении, образовании и других областях¹⁰³.

Общая стоимость профессиональных обслуживающих роботов в 2014 г. достигла 3,6 млрд долл. США, и именно в этих сферах применения прогнозируется самый быстрый рост¹⁰⁴. Крупнейшими рынками являются Япония, Республика Корея, США и Европа, а ведущими секторами — оборона, логистика и медицина. Рынок хирургических роботизированных устройств в 2014 г. оценивался в 3,2 млрд долларов США, а к 2021 г., по прогнозам, достигнет 20 млрд¹⁰⁵. Кроме того, стала быстро расти по всему миру еще одна область робототехники, касающаяся личного и бытового применения: к ней относятся довольно небольшой ряд массовых товаров, таких как автономные пылесосы и газонокосилки, роботы-учителя и роботы-сиделки для престарелых¹⁰⁶. Хотя еще в 2012–2013 гг. объемы продаж таких роботов были ничтожными, а то и нулевыми, с 2014 г. они стали расти по экспоненте.

В отчетах некоторых консалтинговых компаний подчеркивается, что использование передовой робототехники позволяет достигать значительной экономии в здравоохранении, промышленности и секторе услуг, и высоко оцениваются положительные последствия для экономического роста¹⁰⁷. Но точно подсчитать вклад роботов в повышение производительности сложно.

Роботы позволяют повышать производительность труда, снижать производственные затраты и улучшать качество продукции. А в секторе услуг они также открывают возможности для совершенно новых бизнес-моделей. Обслуживающие роботы оказывают помощь лицам с ограниченными возможностями, стригут газоны, а также всё шире применяются в таких сферах, как рестораны и больницы.

С точки зрения повышения качества жизни, роботы позволяют людям избегать слишком тяжелой или опасной работы. У них также есть потенциал как у новых решений таких общественных задач, как забота о престарелых или обеспечение экологической безопасности перевозок.

Отчасти экономическая выгода от использования роботов напрямую связана с автоматизацией, т. е. с заменой ими части наемного персонала¹⁰⁸. С одной стороны, повышение производительности труда позволяет промышленным предприятиям сохранять конкурентоспособность, избегать перемещения производства за рубеж и создавать высокооплачиваемые рабочие места. С другой, использование роботов неизбежно приводит к сокращению рабочих мест не только для низкоквалифицированных кадров, но и для специалистов, на профессии которых повлияет автоматизация. Суммарное влияние робототехники на уровень занятости пока определить невозможно.

В плане общих экономических выгод еще один вопрос заключается в том, принесло ли уже значимые результаты распространение робототехнических инноваций на страны с низким и средним уровнем доходов. За пределами узкого круга богатых стран и нескольких исключений (таких как Китай) количество применяемых роботов всё еще очень невелико, в том числе в таких странах, как Бразилия и Индия, и особенно в наименее развитых экономиках. Однако можно ожидать, что производственным и сборочным предприятиям, вовлеченным в глобальные или местные цепочки поставок, придется выходить на современный уровень применения роботов — в том числе и в некоторых странах со средним уровнем дохода и даже в бедных экономиках, которые до сих пор конкурировали только за счет дешевой рабочей силы. Кроме того, в странах с низким уровнем доходов роботы также всё больше применяются для решения проблем качества в местном производстве.

3.3.2 Экосистема инноваций в сфере робототехники

В связи с тем, что эволюционный путь робототехники шел от автоматизации производства к использованию сложных роботов во множестве отраслей экономики, сегодняшняя система инноваций в этой сфере имеет несколько основных отличительных черт.

Концентрация в ведущих странах, небольшие робототехнические кластеры с сильными взаимосвязями

По большому счету, робототехнические инновации происходят в нескольких странах и кластерах¹⁰⁹. Эти кластеры процветают на стыке между государственными и частными научными учреждениями и предприятиями, которые занимаются коммерческим освоением результатов их исследований.

103. См. [IFR].

104. [IFR, 2014b].

105. [Wintergreen Research Inc., 2015].

106. [IFR, 2014b].

107. По оценкам McKinsey Global Institute, применение передовой робототехники в период до 2025 г. потенциально может увеличивать совокупный продукт на 1,7–4,5 трлн долл. США в год, в том числе в здравоохранении — на сумму до 2,6 трлн (см. [McKinsey Global Institute, 2013]).

108. [Metra Martech, 2011; Miller, Atkinson, 2013; Frey, Osborne, 2013; Brynjolfsson, McAfee, 2014].

109. [Green, 2013].

Как показывает анализ баз данных робототехнических компаний, большинство роботостроительных кластеров сформировалось в США, Европе (в частности, в Германии, Франции и — до некоторой степени — в Соединенном Королевстве) и Японии, но их также становится всё больше в Республике Корея и Китае¹¹⁰. Наибольшим присутствием инновационных робототехнических предприятий по отношению к размеру ВВП или численности населения отличаются Дания, Израиль, Испания, Италия, Канада, Нидерланды, Норвегия, Российская Федерация, Соединенное Королевство, Финляндия, Швейцария и Швеция.

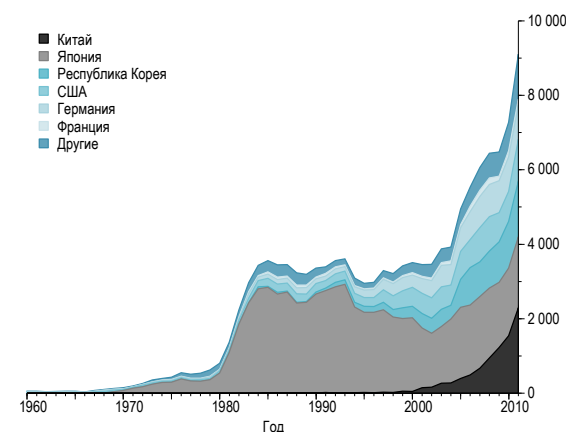
Это сосредоточение изобретательской деятельности в небольшом числе стран, к которым в настоящее время также присоединяются прогрессивные азиатские страны, отражается и в патентной статистике. Рисунок 3.12 показывает количество впервые поданных патентных заявок в сфере робототехники по всему миру с 1960 по 2012 гг. По нему видно, что изначально важную роль играли американские, европейские и — чуть позже — японские изобретатели, в начале 2000-х в усилились позиции Республики Корея, а в последние годы — Китая.¹¹¹ В 2000 г. доля Китая в общем количестве робототехнических патентов составляла всего 1%, а в 2011 г. — уже 25. Доля Республики Корея в 2011 г. составила 16%. Доля японских патентов уменьшилась с 56% в 2000 г. до 21% в 2011-м.

В этих нескольких странах робототехнические кластеры сосредоточены вокруг определенных городов или регионов — а часто также вокруг ведущих университетов в данной области. Например, в США тремя основными кластерами считаются Бостон, Кремниевая долина и Питтсбург. В Европе к известным центрам таких инноваций относятся регион Иль-де-Франс во Франции (где, в частности, разрабатываются беспилотные ЛА гражданского назначения), Мюнхен в Германии, Оденсе в Дании, Цюрих в Швейцарии и «Роботовая долина» в Швеции. В Азии главными робототехническими кластерами являются г. Пучхон в Корее, Осака и Нагоя в Японии, г. Шанхай и провинция Ляонин в Китае.

Некоторые компании, успешно осуществляющие инновации в робототехнике, находятся вне этих кластеров. Как правило, это крупные автопромышленные концерны и (всё в большей степени) интернет-компании с хорошими позициями в своей отрасли. Они располагают финансовыми средствами и компетенциями для привлечения специалистов-робототехников и использования технологий, разработанных другими, и часто делают это путем поглощения более молодых компаний.

Рис. 3.12. Быстрый рост патентования в сфере робототехники, особенно в конце 1980-х годов и с 2005 г.

Количество впервые поданных патентных заявок в разбивке по стране происхождения, 1960–2011 гг.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

На рис. 3.13 обозначены страны происхождения заявителей первых патентных заявок в 2000–2012 гг. По количеству подач заявок лидируют Япония, Китай, Республика Корея и США — каждая из этих стран заявила более 10 тыс. патентов, а вместе на них приходится порядка 75% робототехнических патентов. За ними следуют Германия (примерно 9 тыс.) и Франция (более 1,5 тыс.). В последнее время патентную активность — хотя и в меньших масштабах — проявляют и другие страны, такие как Австралия, Бразилия, ряд государств Восточной Европы, Российская Федерация и Южная Африка.

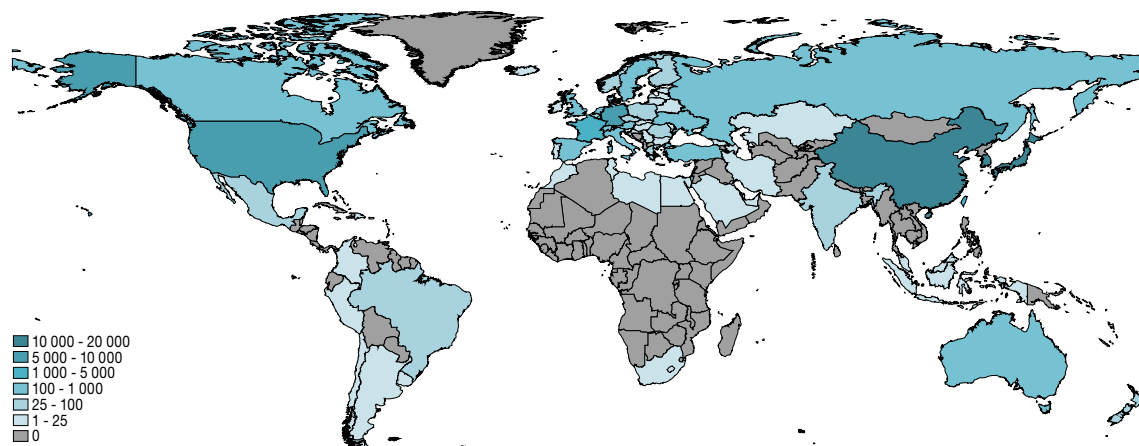
Основная деятельность по осуществлению робототехнических инноваций и открытию новых компаний ведется в странах с высоким уровнем доходов, но исключение снова составляет Китай. В Китае наблюдается всплеск робототехнических патентов и находятся одни из самых быстрорастущих компаний, такие как DJI (производитель беспилотников), а также новые производители промышленных роботов, делающие их более доступными (например, компании SIASUN и ESTUN).

110. См. [Tobe, 2015] at www.therobotreport.com/map.

111. См. также [UKIPO, 2014].

Рис. 3.13. Географическая диверсификация робототехнических инноваций повышается, но пока невелика

Количество впервые поданных патентных заявок в разбивке по стране происхождения, 2002–2012 гг.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Экосистема инноваций в робототехнике отличается высокой динамичностью, активными научными исследованиями и кооперацией

Экосистема инноваций в сфере робототехники представляет собой тесную и склонную к сотрудничеству сеть игроков, в которую входят частные лица, научно-исследовательские организации и университеты, а также большие и маленькие высокотехнологичные компании. Робототехника объединяет вместе различные научные и технические прорывы, создавая новые сферы применения: несмотря на долгую историю, эта наука продолжает генерировать изобретения благодаря появлению новых материалов, источников энергии, управляющих, локационных и кибернетических систем.

Как отмечалось в разделе 3.3.1, решающую роль в активизации и дальнейшем развитии роботостроения сыграли отдельные предприниматели и их стартапы.

Также ключевыми участниками экосистемы робототехнических инноваций являются государственные научно-исследовательские учреждения. К ним относятся такие ведущие университеты, как Макгилл (Канада), Карнеги–Меллон (США), Высшая техническая школа (ETH, Швейцария), Имперский колледж (Соединенное Королевство), Сиднейский университет (Австралия), Осакий университет (Япония), и Шанхайский транспортный университет (Китай). Заслуживают упоминания и такие ГНИУ, как Корейский институт науки и техники, Фраунгоферовское общество (Германия), Исследовательский институт промышленной технологии в Тайване (провинция Китая) и Российская академия наук.

Эти научные учреждения традиционно играют важную роль в инновациях, осуществляя долгосрочные исследования, коммерческие применения которых будут реализованы лишь в далеком будущем. Кроме того, именно в робототехнике они выполняли и продолжают выполнять важную функцию в стимулировании разработок, создавая дочерние компании и отделившиеся новые фирмы, патентуя изобретения (см. раздел 3.3.3) и тесно сотрудничая с предприятиями¹¹². К примерам выделения компаний относятся Empire Robotics, отпочковавшаяся от Корнелльского университета, и Schaft Inc., выделенная из Токийского университета. Предприятия также тесно сотрудничают с ГНИУ: примером может послужить разработка компанией KUKA легких роботов для немецкого Института робототехники и мехатроники. Более того, расширение учебных программ по робототехнике имеет важное значение для развития и распространения необходимых навыков и позволяет компаниям нанимать больше выпускников.

Что касается новаторских роботостроительных предприятий, то среди них можно выделить три основных типа.

Во-первых, есть небольшие стартапы или специализированные роботостроительные фирмы, которые часто создаются частными изобретателями, так или иначе связанными с научными робототехническими центрами или кластерами, и иногда пользуются значительной прямой или косвенной государственной поддержкой. Примером такой компании является Universal Robots, вышедшая из датского робототехнического кластера — она поддерживала связи с Датским технологическим институтом и получила в качестве стартового ресурса государственное финансирование.

112. [Nof, 1999].

Хотя сегодня отрасль стала более зрелой, для молодых робототехнических фирм всё еще существуют большие возможности. На ранней стадии революционных инноваций небольшие стартапы отличаются большей маневренностью и динамичностью и более тесно взаимодействуют с научно-образовательными учреждениями. Кроме того, инновационные экосистемы становятся более специализированными, что создает возможности для нишевых компаний. Частью инновационной системы всё в большей степени становятся независимые внешние разработчики, поскольку отправной точкой для дальнейшего развития являются робототехнические платформы, которые часто основаны на открытой программной архитектуре. Также всё больше компаний предоставляет смежные услуги — системы транспортировки или управления машинами. Более того, благодаря появлению нового сегмента робототехники, ориентированного на потребительский рынок, и новых механизмов финансирования, стартапы могут создаваться с очень небольшим начальным капиталом. Например, компания Play-i (сейчас именуемая Wonder Workshop), занимающаяся созданием учебных игрушечных роботов, недавно привлекла необходимые ей средства через краудфандинговые платформы.

Второй тип представляют крупные, солидные робототехнические компании, которые изначально специализировались только на исследованиях в области промышленных роботов и их производстве и сейчас активно проводят НИОКР в сфере робототехники. К ним относятся, например, компании ABB (Швейцария), Kawasaki Heavy Industries, Yaskawa, Fanuc (Япония) и KUKA (Германия). Масштаб имеет значение, поскольку инновации в области промышленного роботизированного оборудования отличаются особенной капиталоемкостью: от исследований до воплощения их результатов проходят годы. Крупные заказчики в автомобильной промышленности, например, готовы покупать продукцию только у крупных, проверенных и солидных компаний, чтобы избежать рисков, связанных с безопасностью. Кроме того, крупные роботостроительные фирмы также возникают благодаря новому направлению бытовых и обслуживающих роботов. Таким примером может служить американская компания iRobot. Некогда выделенная из состава Массачусетского технологического института, сегодня это крупная корпорация, занимающаяся производством роботов для коммерческих, бытовых и охранных целей, но большую часть выручки получающая от роботов военного назначения.

Третьим типом являются крупные предприятия из других отраслей, которые приобрели соответствующие компетенции. Такие компании, как британская BAE Systems, работающая в оборонной, авиакосмической отрасли и в секторе безопасности, всегда являлись и остаются важными двигателями робототехнических инноваций. Продолжают иметь значение и автопромышленные предприятия — во многом благодаря широкому использованию роботов в собственном производстве. Новым явлением является растущее участие поставщиков электроники и ИКТ, таких как Samsung (Республика Корея) и Dyson (Соединенное Королевство). По мере того как робототехника всё больше опирается на сетевые возможности и информационно-коммуникационные технологии, в борьбу вступают компании, работающие в Интернете и в сфере ИТ, такие как Amazon, Google и Facebook, индийская фирма в области ИКТ-услуг Infosys, китайская компания Alibaba и тайваньская Foxconn. Во многих случаях такие участники приобретают пакеты акций или даже полный контроль над уже существующими робототехническими предприятиями. Кроме того, исследованиями в сфере робототехники всё активнее занимаются компании сектора здравоохранения. Так, к лидерам рынка хирургических роботов относятся Intuitive Surgical, Stryker и Hansen Medical.

Вообще говоря, внутри экосистемы робототехники наблюдается широкомасштабный и динамичный обмен знаниями. Этому способствует наукоемкий характер инноваций в этой области и сильная роль в них научно-исследовательских учреждений, а также то, что многие направления робототехники предположительно находятся на начальной стадии развития. Научные доклады и конференции, такие как Международный симпозиум по промышленным роботам, играют ключевую роль в передаче знаний. Кроме того, конкурсы и премии, поощряющие разработку решений для конкретных робототехнических задач, позволяют исследователям получать новую информацию, сопоставлять свои успехи с достижениями коллег и ликвидировать разрывы между спросом и предложением на рынке. Три упомянутых типа компаний широко взаимодействуют друг с другом.

Наконец, децентрализация инноваций и использование в них компьютерных программ, вероятно, будет повышаться по мере распространения роботов и стандартизации робототехнических платформ и систем. На практике поставлять адаптированные решения для уже существующих запатентованных робототехнических программных платформ сможет более широкий круг партнеров и сторонних компаний. Это придаст экосистеме инноваций более модульную структуру.

Значительная роль государства в организации и финансировании инноваций

Правительства и государственные учреждения играют большую роль в поддержке робототехнических инноваций. Применение правительствами стандартного набора мер по стимулированию инноваций в любых областях техники оказало серьезную поддержку развитию робототехники — в частности, меры по стимулированию предложения в форме финансирования научных исследований и поддержки НИОКР на предприятиях.

Помимо важных дотаций на исследования и стандартных методов поддержки инноваций следует отметить несколько конкретных мер:

Создание специальных научно-исследовательских учреждений или их сетей. В качестве примеров следует упомянуть Швейцарский национальный экспертный центр по исследованиям в области робототехники, объединивший в одну федерацию различные исследовательские лаборатории, и Корейский институт содействия робототехнической отрасли, созданный для стимулирования передачи технологий.

Финансирование НИОКР, субсидии и государственные закупки. Правительства (а во многих случаях — вооруженные силы) финансируют робототехнические инновации и создают спрос на них путем предоставления субсидий или размещения госзаказов, часто на опытное производство. В США основными катализатором выступают заказы на НИОКР, в том числе от национальных институтов здравоохранения и Агентства по перспективному исследовательскому оборонным проектам (DARPA)¹¹³. Госзаказы на опытное производство роботизированных систем для здравоохранения размещаются, например, в рамках программы Евросоюза «Горизонт 2020».

Организация конкурсов, соревнований и премий. Правительства выступают организаторами конкурсов в сфере робототехники. Япония объявила о проведении «Олимпиады роботов», в Соединенном Королевстве недавно состоялось соревнование беспилотных автомобилей, а DARPA проводит знаковые соревнования Robotics Challenge.

Стимулы для сотрудничества, передачи технологий, финансирования и создания инкубаторов. Предоставляя дотации или контракты, правительства часто требуют от получателей, чтобы они сотрудничали и обменивались технологиями друг с другом. Так, робототехническое направление евросоюзной программы «Горизонт 2020» стимулирует совместные государственно-частные проекты междисциплинарного характера. Кроме того, государственные мероприятия призваны содействовать развитию кластеров, предпринимательству и обмену опытом между участниками

отрасли. Правительства также упрощают финансирование робототехнических инноваций: например, правительство Франции создало фонд стартовых инвестиций под названием Robolution Capital.

Нормативы и стандарты. Наконец, влияние на распространение роботизированных технологий оказывает разработка государственными органами нормативных документов: стандартов, инструкций по проведению испытаний, правил безопасности.

В дополнение к вышеизложенным мерам, во многих экономически развитых странах и в Китае в последние годы были объявлены специальные планы мероприятий в сфере робототехники (см. табл. 3.9). Большинство этих планов предусматривает конкретные денежные инвестиции для поддержки робототехнических исследований и инноваций, в том числе для улучшения образования и передачи технологий в этой области.

Таблица 3.9. Национальные инициативы в сфере робототехники

Национальная робототехническая инициатива в рамках программы «Партнерство для передового производства»	США (2011 г.)
Робототехнические инициативы Франции / Дорожная карта Плана развития робототехники	Франция (2013/2014 гг.)
Робототехническое направление программы «Горизонт 2020»	ЕС (2015 г.)
Новая промышленная революция, связанная с применением роботов («Революция роботов»)	Япония (2015 г.)
Промышленная роботизация следующего поколения	Республика Корея (2015 г.)
Дорожная карта развития робототехники в XIII пятилетке (2016–2020 гг.)	Китай (2015 г.)

3.3.3 Робототехника и система ИС

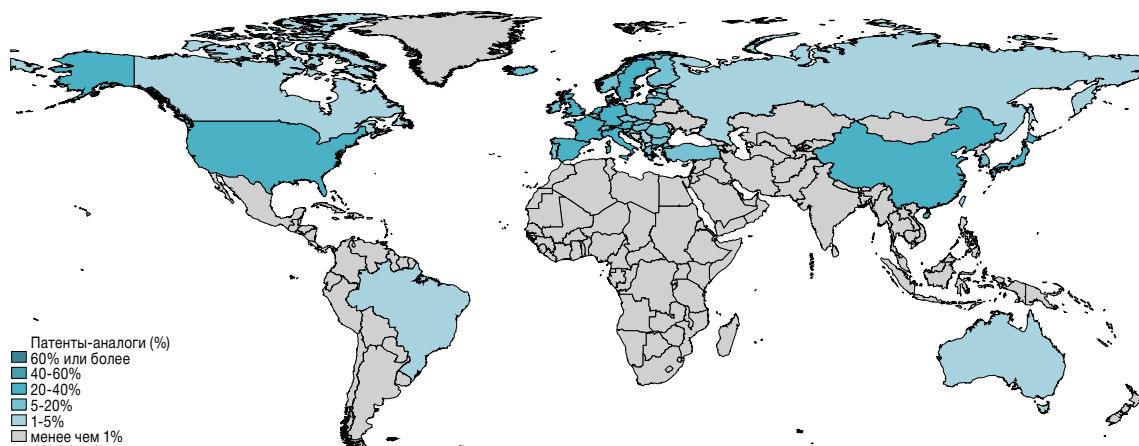
Центральное направление развития робототехники сдвигается от автоматизации промышленного производства к более сложным сферам применения в различных областях технологии и отраслях экономики с задействованием более широкого круга участников. Поэтому связанные с ней стратегии охраны интеллектуальной собственности и другие стратегии обеспечения возврата вложений в инновации находятся в зачаточном состоянии, и наше понимание этих стратегий не может быть полным.

Однако на основе существующей литературы, данных и оценок работников отрасли и исследователей можно сделать кое-какие умозрительные выводы.

113. [Mireles, 2006; Springer, 2013; Siegart, 2015].

Рис. 3.14. Заявки на робототехнические патенты концентрируются в нескольких странах

Доля семейств патентов-аналогов, заявленных к охране в отдельных странах мира с 1995 г.



Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Растущая роль патентов, их важная функция и потенциальные проблемы

Особо важную роль в обеспечении предприятиями доходности своих инвестиций в НИОКР играют две формы охраны ИС: патенты и, в меньшей степени, промышленные образцы, которыми охраняются декоративные элементы робота.

Ключевые изобретения в робототехнике зачастую патентовались их первоначальными авторами (часто происходившими из научной среды), многие из которых основывали соответствующие компании или активно переуступали свою интеллектуальную собственность существующим производственным предприятиям.

В результате в конце 1980-х гг. число робототехнических патентов резко возросло, когда стала осуществляться широкая автоматизация заводов и активизировались исследования в данной области (см. рис. 3.12). Затем после периода относительно неизменной патентной активности, длившегося до 2000 г., переход к более передовой робототехнике вызвал новый рост патентования, который продолжается по сей день.

Из рисунка 3.14 видно, что фактические исключительные права на робототехнические патенты сильно сконцентрированы географически. Лидером по получению заявок является Япония: в ней заявлены патенты-аналоги из примерно 39% семейств, зарегистрированных по всему миру. За ней следуют США и Китай (около 37%), Германия (29%), другие крупные европейские страны и Республика Корея. В свою очередь, в странах с низким и средним уровнем доходов, за исключением Китая, регистрируется лишь 1,4% патентов-аналогов в сфере робототехники.

Крупнейшими заявителями патентов, относящихся к робототехнике, по-прежнему остаются компании автомобильной и электронной промышленности (см. табл. 3.10). В то же время на сцене появляются и новые действующие лица из различных стран и отраслей, например, из сектора медицинских технологий. Эти предприятия наращивают свои патентные портфели, делая изобретения самостоятельно или поглощая другие компании, владеющие патентами в этой сфере.

Таблица 3.10. 10 ведущих заявителей патентов в сфере робототехники с 1995 г.

Наименование компании	Страна	Количество впервые поданных патентных заявок
Toyota	Япония	4 189
Samsung	Республика Корея	3 085
Honda	Япония	2 231
Nissan	Япония	1 910
Bosch	Германия	1 710
Denso	Япония	1 646
Hitachi	Япония	1 546
Panasonic (Matsushita)	Япония	1 315
Yaskawa	Япония	1 124
Sony	Япония	1 057

Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

Также стоит обратить внимание на большие и растущие патентные фонды университетов и ГНИУ. В табл. 3.11 перечислены самые важные патентовладельцы, среди которых на данный момент в основном доминируют китайские вузы. Хотя отраслевые эксперты отмечают сильную тенденцию к «общедоступности» у молодого поколения университетских робототехников, портфели интеллектуальной собственности университетов растут, что, возможно, способствует коммерциализации новых технологий, как отмечалось в предыдущих разделах, но может также создавать для университетов и ГНИУ новые проблемы, связанные с управлением и использованием этими объемными портфелями.

Таблица 3.11. 10 ведущих заявителей патентов в сфере робототехники среди университетов и ГНИУ с 1995 г.

10 ведущих заявителей патентов по всему миру			10 ведущих заявителей патентов по всему миру (кроме Китая)		
Шанхайский транспортный университет	811	Китай	Корейский институт науки и техники (KIST)	290	Республика Корея
Китайская академия наук	738	Китай	Научно-исследовательский институт электроники и телекоммуникаций (ETRI)	289	Республика Корея
Чжэцзянский университет	300	Китай	Национальная аэрокосмическая лаборатория (вошла в состав Японского агентства аэрокосмических исследований)	220	Япония
Корейский институт науки и техники (KIST)	290	Республика Корея	Корейский институт передовых технологий (KAIST)	188	Республика Корея
Научно-исследовательский институт электроники и телекоммуникаций (ETRI)	289	Республика Корея	Германский центр авиации и космонавтики	141	Германия
Университет Цинхуа	258	Китай	Фраунгоферовское общество по содействию прикладным исследованиям	91	Германия
Харбинский инженерный университет	245	Китай	Корейский университет	85	Республика Корея
Национальная аэрокосмическая лаборатория	220	Япония	Ханянский университет	84	Республика Корея
Харбинский технологический институт	215	Китай	Сеульский национальный университет	77	Республика Корея
Корейский институт передовых технологий (KAIST)	188	Республика Корея	Национальный институт передовых промышленных технологий (AIST)	69	Япония

Примечание: В некоторых странах изобретатели, являющиеся сотрудниками научных учреждений, подают патентные заявки от собственного имени или от имени компаний, выделенных из состава этих учреждений. Здесь такие заявки не учтены.

Источник: ВОИС на основе базы данных PATSTAT (см. технические примечания).

С учетом имеющихся данных сложно понять факторы, влияющие на подачу патентных заявок предприятиями в области робототехники. Не проводилось ни масштабных опросов среди роботостроительных предприятий, ни других серьезных количественных исследований, которые могли бы пролить свет на этот вопрос. Трудно дать и определенный ответ на вопрос, как раскрытие сущности изобретений в патентах влияет на дальнейшие инновации.

Однако некоторые выводы можно сделать на основе мнений отраслевых экспертов — как юристов, так и инженеров¹¹⁴.

Как и в других высокотехнологичных секторах и в связи с ожидаемой высокой прибыльностью роботостроения, предприятия этой отрасли пытаются использовать патенты для исключения третьих лиц, обеспечения патентной чистоты для своей деятельности, предоставления лицензий и перекрестных лицензий на технологии и, в меньшей степени, для избежания судебных исков. Для мелких и узкоспециализированных робототехнических фирм патенты служат, в частности, инструментом привлечения инвестиций или средством защиты своих интеллектуальных активов от посягательств других (зачастую более крупных) компаний.

Что касается воздействия патентной системы на инновации, на сегодняшний день экосистема инноваций представляется довольно результативной¹¹⁵. Наблюдается активное сотрудничество (в том числе взаимодействие между вузами и промышленностью) и масштабное «перекрестное опыление» между исследователями. Очевидно, патенты помогают сохранять разделение труда между компаниями, а это важный фактор для эволюции системы инноваций в робототехнике.

Также сложно утверждать, что патентная охрана мешает выходу новых производителей на рынок или вообще сдерживает робототехнические инновации тем, что ограничивает доступ к технологиям. Судя по имеющимся данным, в этой области практически не ведется судебных разбирательств. В большинстве споров о нарушении прав ИС в сфере робототехники, которые возникали за последние 10 лет, участвовала одна и та же компания — iRobot¹¹⁶.

Важность конкретных патентов для робототехнических инноваций тоже трудно установить. На данный момент нет ни одного патента, считающегося «существенным для стандарта», и не известно ни о каких патентных пулах в области робототехники. Формальных и объявленных партнерств или обменов патентами, в которых центральную роль играет ИС, тоже немного. В недавней истории отрасли широкое внимание привлекла только одна крупная лицензионная сделка¹¹⁷. При этом устойчиво растет количество поглощений одних компаний другими, предусматривающих передачу прав ИС¹¹⁸.

116. [Keisner et al., 2015].

117. [Keisner et al., 2015].

118. Самой заметной сделкой в недавней истории стало соглашение о совместных разработках и перекрестном лицензировании между компаниями iRobot Corp. и InTouch Technologies, заключенное в июле 2011 г.

114. [Keisner et al., 2015].

115. [Keisner et al., 2015].

Что касается информационной функции патентов, предприятия пользуются патентами, чтобы узнать о новых тенденциях в технологии, понять планы конкурентов по усовершенствованию или созданию новой продукции, а также чтобы предупредить попытки конкурентов получить патенты, которые надлежит оспорить¹¹⁹. Наличие ссылок в последующих патентах как в сфере робототехники, так и в других областях, часто является признаком поэтапных инноваций, основанных на прежних изобретениях. Но зачастую (в частности, в патентной системе США) такие ссылки просто требуются по закону, что затрудняет оценку реального влияния патентов. В итоге общая ценность патентной информации в области робототехники, по большому счету, не ясна.

Многие из вышеупомянутых проблем решаются только со временем. Возможно, в современной робототехнике ИС пока не используется в полной мере, и ее потенциальное воздействие реализуется в будущем. По сравнению с промышленной роботизацией прошлого периода, сегодняшняя система робототехнических инноваций отличается большим числом участников, широким кругом технологических отраслей и значительно большим количеством регистрируемых патентов. Можно разглядеть признаки осуществления более активных наступательных и оборонительных стратегий в области ИС, которые давно характерны для других высокотехнологических отраслей¹²⁰.

Актуальным вопросом является то, будет ли увеличение ставок в игре и появление новых коммерческих перспектив в различных секторах смещать сложившийся баланс в сторону более дорогостоящих судебных разбирательств, как можно наблюдать в других сложных высокотехнологических отраслях. Уже известны случаи (хотя пока таких немного) предъявления исков к роботостроительным предприятиям со стороны компаний-патентодержателей, не ведущих больше никакой деятельности¹²¹. В некоторых средствах массовой информации уже отмечалась возможность такого «патентного троллинга» — в частности, в отношении хирургических роботов и вообще медицинской робототехники¹²².

Вероятность судебных споров могут повысить два фактора. Во-первых, эксперты, опрошенные при подготовке настоящего доклада, высказывали озабоченность слишком широкими формулами изобретения в патентных заявках в области робототехники, особенно по сравнению с более старыми патентами. Во-вторых, в некоторых странах патентоспособность и новизна изобретений в компьютерной сфере вообще являются предметом дебатов. Особенно это касается США, где недавнее решение Верховного суда по делу Alice Corp. против CLS Bank, кажется, закрепило ограничительный подход к патентоспособности компьютерных программ¹²³. Учитывая, что программная составляющая робототехнических инноваций велика и продолжает увеличиваться, сомнения в патентоспособности программных средств могут представлять проблему для существующих и будущих патентов, связанных с робототехникой.

Робототехнические платформы и сосуществование ИС и открытого программного обеспечения

Как отмечалось в разделе 3.3.2, робототехнические платформы, используемые в университетах и компаниях, занимают всё более центральное место в инновациях. Всё чаще эти платформы являются общедоступными, основанными на программном обеспечении с открытым исходным кодом, таком как ROS (операционная система для роботов). Эти открытые робототехнические платформы позволяют третьим лицам использовать и/или улучшать их содержимое без формального приобретения или регистрации прав ИС. Вместо этого компьютерные программы или их проекты распространяются по лицензии Creative Commons или универсальной общедоступной лицензии GNU (лицензии на свободно распространяемое ПО). Это дает возможности для быстрого прототипирования и гибкого экспериментирования.

119. [Keisner et al., 2015]

120. [Keisner et al., 2015].

121. См. судебный процесс между Siemens AG и Roy-G-Biv. См. также иски Hawk Technology Systems LLC против Fanuc Robotics Corp и Sonic Industry LLC против iRobot Corp.

122. [Sparapani, 2015].

123. [Thayer, Bhattacharyya, 2014a, 2014b].

Идея проста. Участники различают два уровня инноваций. С одной стороны, осуществляется совместная разработка робототехнических программ, платформ и инноваций. Эти инновации бывают значительными, но практически не вовлечены в конкуренцию, поскольку применяются в относительно элементарных областях, в которых продукты еще не отличаются друг от друга. Поэтому участники сотрудничают друг с другом для получения открытых робототехнических платформ, что позволяет им делить между собой значительные начальные инвестиции, избегать дублирования работы и совершенствовать существующие подходы.

С другой стороны, предприятия-новаторы инвестируют в собственные НИОКР и намного усерднее охраняют те элементы своих робототехнических изобретений, которые выделяют их продукцию среди конкурентов.

Такое параллельное применение стратегий сотрудничества и конкуренции приводит к сосуществованию закрытых и открытых подходов к интеллектуальной собственности.

Существует множество некоммерческих организаций и проектов, поддерживающих разработку, распространение и внедрение открытых программных средств, предназначенных для использования в робототехнических исследованиях, в образовательных целях и при создании продуктов. Например открытая платформа для разработки обучаемых гуманоидных роботов iCub финансируется Европейским союзом и используется во многих лабораториях. Общедоступная платформа Poppy разработана в Бордоском филиале Национального исследовательского института информатики и автоматизации (INRIA) в целях создания, использования и распространения интерактивных роботов, изготавливаемых с помощью 3D-принтеров. К другим примерам относятся проект Dronocode и форум разработчиков космических приложений HACA — International Space Apps Challenge.

В какой-то степени это приводит к тому, что конечные пользователи и ученые-любители всё больше привлекаются к сотрудничеству и усовершенствованию существующих робототехнических приложений. И действительно, многие ориентированные на пользователя доступные платформы, предназначенные для бытового и учебного применения, такие как TurtleBot и LEGO Mindstorm, основаны на платформах с открытым исходным кодом.

Этот открытый подход не ограничивается программным обеспечением: он может также распространяться на проекты изделий, включая технические чертежи, схемы и образцы. Так, общедоступная робототехническая платформа ROP нацелена на то, чтобы предоставлять сообществу разработчиков аппаратные проекты роботов по лицензии на открытое аппаратное обеспечение: это позволяет сообществу совместно пользоваться всеми новыми разработками.

Вообще, будет интересно посмотреть, сможет ли система инноваций в робототехнике сохранить нынешнее динамическое равновесие между «собственническим» отношением к тем аспектам ИС, где берут верх коммерческие интересы, и открытыми подходами, позволяющими популяризовать более общие аспекты робототехники путем организации конкурсов и совместной работы молодых специалистов и любителей, которым интересны открытые приложения.

Защита изобретений за счет технологической сложности и коммерческой тайны

Потенциально более важную роль, чем патенты, играют технологическая сложность и секретность роботизированных систем — именно они часто служат основным инструментом охраны прав на инновации. Это относится к стандартным механическим, аппаратным компонентам. Робототехнические компании, выпускающие небольшие серии очень дорогостоящих роботов, в том числе военного назначения, как правило, не опасаются того, что конкуренты завладеют их изделиями в целях обратного инжиниринга. Сложны для инженерного анализа также алгоритмы и другие сложные элементы¹²⁴.

Кроме того, существуют исторические причины, по которым роботостроительные компании предпочитают сохранять информацию в секрете¹²⁵. В 1980-е гг. в робототехнике были достигнуты значительные успехи, и предприятия зарегистрировали большое количество патентов (см. рис. 3.12). Однако в промышленное производство были запущены немногие из этих изобретений. В результате компании потратили крупные суммы денег на получение патентов, срок действия которых истек раньше, чем продукция стала приносить прибыль. Из этого опыта они поняли, что затраты на патентование не всегда окупаются, особенно в отношении инноваций, применение которых в изделиях, готовых к выходу на рынок, может откладываться на десятилетия.

Охрана коммерческой тайны также важна в условиях высокой мобильности кадров. Известно несколько случаев, когда роботостроительные компании обвиняли работников в нарушении коммерческой тайны, в частности, после того, как те переходили к конкуренту¹²⁶.

Наконец, еще одним стимулом для выбора засекречивания как инструмента защиты изобретений являются недавние дебаты о патентоспособности программного обеспечения в США и других странах.

124. [McGurk, Mandy, 2014].

125. [Keisner et al., 2015].

126. Два примера из судебной практики 2013 г.: ISR Group против Manhattan Partners и MAKO Surgical против Blue Belt Technologies. См. [Keisner et al., 2013].

Роль опережения конкурентов, репутации и узнаваемости бренда

Работа на опережение конкурентов, отличное послепродажное обслуживание, репутация и бренд — все эти факторы были решающими для прошлых инноваций в робототехнике и остаются таковыми сегодня, тем более что спрос перемещается от заводов в сторону тех сфер применения, где производитель непосредственно контактирует с потребителями.

В эпоху промышленной автоматизации рынок формировали автоконцерны, работавшие с несколькими проверенными производителями, способными выпускать и своевременно обслуживать большие партии надежных роботов. Первоначально основным поставщиком промышленных роботов была компания Unimation, затем доминирующее положение заняли крупные корпорации, такие как Fanuc.

Хотя сегодня ландшафт более разнообразен, опережение, солидная репутация и узнаваемый бренд по-прежнему имеют первостепенное значение. Такие заказчики, как больницы, учебные заведения и вооруженные силы, предпочитают полагаться на опытные фирмы и заслуживающие доверия бренды. В сегменте медицинских роботов к таким относятся хирургический робот DaVinci, роботы для сосудистой хирургии CorPath и система роботизированной радиохирургии CyberKnife компании Accuray. Даже в военных и других схожих областях бренды имеют значение, как свидетельствует практика использования таких товарных знаков, как BigDog компании Boston Dynamics. Но особую важность репутация бренда приобретает, когда роботы продаются непосредственно конечным пользователям: так, робот-пылесос Roomba завоевал популярность во многом благодаря ценности товарного знака.

Большинство роботостроительных компаний регистрируют в качестве товарных знаков свои фирменные наименования и названия своих роботов, в результате чего возникает всё большее число товарных знаков, включающих слово «робот»¹²⁷. Кроме того, используется охрана внешнего вида и упаковки — еще одна форма ИС, позволяющая идентифицировать производителя.

Авторское право

Авторско-правовая охрана в робототехнике тоже важна с нескольких точек зрения.

В отличие от более традиционных машин, робот может обладать собственными особыми чертами и качествами, подпадающими под охрану авторского права, товарных знаков и/или промышленных образцов. Например, особое художественно-конструкторское решение робота или компонента может охраняться как промышленный образец, а используемая им звуковая дорожка — подлежать авторско-правовой охране.

Кроме того, авторским правом часто охраняется исходный код и программное обеспечение робота. И действительно, чаще всего авторское право регистрируется робототехническими компаниями в отношении программного кода, который считается оригинальным и уникальным. На практике к защите авторского права они прибегают, как правило, чтобы предотвратить копирование своего компьютерного кода другими лицами или даже получение доступа к нему¹²⁸. Помимо споров между компаниями и несмотря на то, что национальные законы часто предусматривают исключения для обратного инжиниринга, разработчики также ссылаются на законодательство об авторском праве в тех случаях, когда ученый-любитель расшифровывает и изменяет программный код¹²⁹.

Что будет происходить с изобретениями или творческими произведениями, авторами которых будут роботы?

В будущем роботы, предназначенные для выполнения определенных задач, вероятно, будут вырабатывать новые решения проблем, создавая при этом физические или нематериальные продукты или результаты, которые — по крайней мере, теоретически — могут рассматриваться как объекты интеллектуальной собственности: например, новые изобретения, творческие произведения или товарные знаки.

Этот аспект инноваций в робототехнике может поднимать интересные вопросы об устройстве и пределах действующей системы ИС. Могут ли объекты, программные коды или другие активы, самостоятельно создаваемые роботом, подлежать авторско-правовой или патентной охране? Если да, то каким образом? И кому будут принадлежать такие права ИС? Производителю, пользователю робота или самому роботу?¹³⁰ В некоторых странах, таких как Япония и Республика Корея, уже рассматривается вопрос правосубъектности машин.

Полная правовая оценка вопросов, касающихся результатов творческой деятельности автономных роботов, выходит за рамки настоящего доклада, но принадлежность прав ИС на такие продукты несомненно станет предметом широкого обсуждения в будущем.

128. [Keisner et al., 2015].

129. В случае собаки-робота Aibo, разработанного компанией Sony, пользователи взломали исходный программный код, внесли в него изменения и распространили новую программу среди других потребителей, которые теперь могли «научить» робота танцевать, говорить и совершать другие новые действия. См. [Mulligan, Perzanowski, 2007].

130. [Leroux, 2012].

127. [Keisner et al., 2015].

3.4 Выводы

Три тематических исследования, посвященные трехмерной печати, нанотехнологиям и робототехнике, приводят к различным выводам о характере и экосистеме трех современных инноваций, имеющих революционный потенциал. Как и в главе 2, многие из этих выводов относятся только к конкретной технологии и не позволяют сделать общие умозаключения. Тем не менее стоит указать на общие черты и различия между этими тремя инновациями, что мы и попытаемся сделать в этом заключительном разделе. Он будет построен по тому же принципу, что и сами тематические исследования: сначала мы изложим выводы о вкладе инноваций в экономический рост, затем об их экосистемах и, наконец, о роли интеллектуальной собственности.

Вклад в экономический рост

Три инновации, которые рассматривались в настоящей главе, уже наложили некоторый отпечаток на экономическую деятельность. Применение промышленных роботов для автоматизации определенных производственных операций началось давно, и нанотехнологии уже присутствуют в многочисленных электронных устройствах. Каков потенциал этих двух технологий, а также трехмерной печати в качестве локомотивов будущего экономического роста?

На первый взгляд, эти инновации способны значительно повысить производительность труда в промышленном производстве. Но учитывая довольно маленький размер производственного сектора в большинстве экономик (см. раздел 1.1), их итоговый вклад в экономический рост может оказаться незначительным. Более существенное влияние на рост могут оказать новые продукты, которые возникнут в результате этих инноваций и найдут применение в масштабах всей экономики, особенно в секторе услуг. Кроме того, как показали тематические исследования, расширение использования 3D-принтеров и роботов с искусственным интеллектом может повлечь за собой реорганизацию производственно-сбытовых цепочек со значительным повышением эффективности. Прошлый опыт показывает, что для реализации скрытого потенциала роста потребуются различные дополнительные инновации, новые бизнес-модели и навыки. Кроме того, распространение этих инноваций будет зависеть от динамики конкуренции, доступа к финансированию, принятия новых стандартов и технических регламентов и других решающих факторов.

Как отмечалось в разделе 1.5, некоторые экономисты обеспокоены тем, что сегодняшние новые технологии не порождают большого спроса на новые инвестиции, что, возможно, является одной из причин низких процентных ставок во многих развитых экономиках. Чаще всего такая озабоченность высказывается в отношении информационно-коммуникационных технологий, и трудно определить, как в этом смысле обстоят дела с трехмерной печатью, нанотехнологиями и робототехникой¹³¹. Можно возразить, что ни одна из этих трех технологических отраслей не требует столь капиталоемкой инфраструктуры, как прежние технологии общего назначения — например, железные дороги, автомобили, электричество или телекоммуникации. Однако многое будет зависеть от того, какую форму примут эти инновации и каковы будут их возможности и сферы использования. Новые мощные технологии, которые найдут широкое применение во всех секторах экономики, вполне могут генерировать значительный спрос на инвестиции, включая спрос на нематериальные активы.

Также сложно предсказать, насколько широким будет распространение трех рассматриваемых технологий на развивающиеся экономики. Поскольку трехмерная печать и робототехника позволяют экономить на персонале, вряд ли предприятия увидят серьезные стимулы для их внедрения в странах с относительно низкой стоимостью рабочей силы. Однако, разумеется, эти стимулы будут отличаться в разных отраслях и странах и зависеть от того, насколько капиталоемкими окажутся новые технологии. Кроме того, некоторые сферы применения этих трех инноваций могут удовлетворять особым потребностям развивающихся экономик. Так, возможно эффективное использование 3D-принтеров в удаленных местах, отрезанных от традиционных каналов сбыта. А нанотехнологии могут повысить пищевую, биологическую безопасность и экологическую устойчивость. Исторический опыт говорит о том, что для использования этих технологических возможностей странам с низким и средним уровнем доходов будет необходимо развивать потенциал освоения инноваций.

131. См. [Baldwin, Teulings, 2015].

Экосистемы инноваций

Любопытно, что экосистемы, в которых развиваются три рассматриваемые инновации, проявляют много сходства с историческими инновациями, о которых шла речь в главе 2. Государственное финансирование позволяло продвигать научный прогресс, что закладывало основы для коммерческих исследований. Правительства также сыграли определенную роль в выведении перспективных технологий из научных лабораторий на рынок — в частности, создавая рыночный спрос. Но эта роль, по всей видимости, была более важной для робототехники, чем для трехмерной печати и нанотехнологий, что во многом объясняется военным применением роботов. В свою очередь, конкурентные рыночные силы стимулировали частные исследования и разработки, адаптацию новых технологий для крупносерийного производства и доработку продукции с учетом нужд потребителей. Кроме того, как и в прошлом, экосистема нынешних инноваций характеризовалась постепенным повышением специализации, что отчасти связано с тем, что технологические задачи становятся всё более сложными, а отчасти с необходимостью сосредотачивать внимание на узких сферах применения технологии.

Но есть и важные отличия. Прежде всего, сегодня более важную роль играет научная сфера и систематическое взаимодействие между научными учреждениями и коммерческими предприятиями. Так, среди технологий, рассмотренных в данной главе, доля патентов, заявленных университетами, составляет 15–40%. Отчасти это является результатом политики, направленной на использование научных разработок в промышленности. Однако, возможно, эта политика означает признание решающей роли фундаментальной науки в техническом прогрессе.

Кроме того, хотя и государственные, и частные НИОКР по-прежнему сосредоточены в довольно небольшом числе стран, в последнем десятилетии в группу инновационных экономик вошли также несколько восточноазиатских стран. Особенно примечательно недавнее становление Китая как крупного инвестора в НИОКР, учитывая размер его экономики. Три тематических исследования, представленные в этой главе, показывают, что в Китае активно осуществляются инновации в области трехмерной печати, нанотехнологий и робототехники. При этом, судя по статистике патентных заявок, с точки зрения ландшафта инноваций Китай имеет одно важное отличие от других наукоемких экономик: здесь на университеты и ГНИУ приходится значительно большая доля заявленных патентов, чем в других странах — в нанотехнологиях она даже достигает 80%. Возможно, это говорит о более ограниченных возможностях китайских предприятий в области НИОКР, что в свою очередь может свидетельствовать о более низких темпах коммерциализации технологий. Вместе с тем, как показывают исторические примеры, сильная научная база может в долгосрочной перспективе — после технологических прорывов — привести к возникновению множества новых предприятий и отраслей.

Роль интеллектуальной собственности

С точки зрения роли системы ИС, можно наблюдать как общие черты, так и отличия от исторических примеров, рассмотренных во 2-й главе. Прежде всего, как и их давние предшественники, новаторы в области трехмерной печати, нанотехнологий и робототехники активно пользовались патентной системой для охраны результатов своей исследовательской деятельности. Хотя необходимо иметь в виду отсутствие альтернативных доводов, три тематических исследования позволяют сделать вывод о том, что патентная система сыграла полезную роль в обеспечении возврата инвестиций в НИОКР, содействии последующим инновациям за счет раскрытия информации об изобретенных технологиях, а также в стимулировании разделения труда.

Несмотря на большое число подаваемых патентных заявок и опасения некоторых наблюдателей о возможных «патентных чашках», конфликтов вокруг прав интеллектуальной собственности происходит довольно мало. В случае трехмерной печати и робототехники вместе с закрытыми подходами к управлению знаниями получили распространение сообщества, ратующие за общедоступность технологий. В целом, видимо, система ИС вмещает и поддерживает различные механизмы обмена знаниями. Вместе с тем, как и в клубах изобретателей в эпоху зарождения авиации, важную роль в регулировании обмена знаниями внутри различных сообществ новаторов сегодня играют социальные нормы.

Однако необходимо иметь в виду, что многие из технологий, рассмотренных в этой главе, всё еще находятся на довольно ранней стадии развития, а некоторые еще далеки от промышленного освоения. История показывает, что когда коммерческие ставки вырастут, может появиться больше конфликтов вокруг прав ИС. Поэтому законодателям можно порекомендовать продолжать обеспечивать равновесие в системе ИС, которое стимулирует создание знаний и при этом не слишком ограничивает последующие инновации. Как и в исторических примерах, на каком-то этапе перед судебными органами могут встать принципиальные вопросы о патентоспособности новых технологий. Такие вопросы уже возникли — например, в отношении патентоспособности «естественных продуктов» нанотехнологий или программного обеспечения роботов.

Еще одна общая черта с историческими примерами — это патентный ландшафт в странах с низким и средним уровнем доходов. Хотя международные коммерческие связи сейчас сильнее, чем сто лет назад, новаторы, работающие в области трехмерной печати, нанотехнологий и робототехники, в основном регистрируют патенты в богатых странах, в которых и делается большинство изобретений. Лишь небольшая часть впервые заявленных патентов в соответствующих областях техники имеет аналоги в странах с низким и средним уровнем доходов. По идее, такое распределение прав ИС говорит о том, что распространение технологий будет в основном определяться тем, в какой степени экономики-получатели способны их осваивать.

Наконец, эти три тематических исследования высветили несколько новых аспектов, которыми будет определяться политика в области ИС:

- Для технологических инноваций всё большее значение приобретает авторское право. Это началось с включения компьютерных программ в объекты авторского права. Поскольку программное обеспечение стало неотъемлемым элементом многих новых технологий — в том числе 3D-принтеров и роботов, — роль авторского права расширилась. Кроме того, авторским правом могут охраняться любые цифровые произведения, в том числе конструкция трехмерных объектов и компьютерных микросхем¹³². Пока неясно, означает ли эта тенденция изменение в использовании различных форм ИС или она поднимает принципиально новые вопросы.
- Появление недорогостоящей трехмерной печати может сделать возможным легкое воспроизведение любого изделия, охраняемого правом на промышленный образец или другими правами ИС. Затруднит ли это охрану таких прав так же, как цифровая революция затруднила авторско-правовую охрану книг, музыки, кинофильмов и других творческих произведений? Может быть, до такого сценария еще далеко, и есть существенные различия между трехмерной печатью и копированием цифрового контента. Тем не менее, как отмечалось в разделе 3.1.3, опыт управления цифровым контентом может оказаться полезным.
- Коммерческая тайна всегда являлась важной — даже если не очень заметной — формой охраны ИС. Хотя три тематических исследования позволяют сделать лишь умозрительные выводы, есть основания полагать, что важность охраны коммерческой тайны возросла. В основном это связано с повысившейся мобильностью работников умственного труда¹³³. Хотя кодифицированные знания стали доступнее, для их эффективного использования по-прежнему нужны квалифицированные кадры. Таким образом, результаты инноваций и распространения технологий зависят от регулирования процессов передачи знаний.

132. О роли авторского права в охране конструкции микросхем см. в разделе 2.3.3.

133. О роли изобретателей, указанных в патентной документации, см. в [Migueluez, Fink, 2013].

Список литературы

- Baldwin, R., & Teulings, C. (2015). Introduction. In C. Teulings & R. Baldwin (Eds.), *Secular Stagnation: Facts, Causes, and Cures*. London: CEPR.
- Banwatt, P. (2013, July 14). 3D Printing Law: Trademarks -- Why "FDM" isn't for everybody. <http://lawitn.com/3d-printing-law-trademarks-why-fdm-isnt-for-everybody/>
- Bawa, R. (2004). Nanotechnology Patenting in the US. *Nanotechnology Law and Business*, 1(1), 31-50.
- Bawa, R. (2007). Nanotechnology Patent Proliferation and the Crisis at the U.S. Patent Office. *Albany Law Journal of Science and Technology*, 17(3), 699-735.
- Bechthold, L., Fischer, V., Hainzmaier, A., Hugenroth, D., Ivanova, L., Kroth, K., et al. (2015). *3D Printing: A Qualitative Assessment of Applications, Recent Trends and the Technology's Future Potential*.
- Bechtold, S. (2015). 3D Printing and the Intellectual Property System. *WIPO Economic Research Working Paper No. 28*.
- Bleeker, R. A., Troilo, L. M., & Ciminello, D. P. (2004). Patenting Nanotechnology. *Materials Today*, 7(2), 44-48.
- Bonaccorso, F., Colombo, L., Yu, G., Stoller, M., Tozzini, V., Ferrari, A. C., et al. (2015). Graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems for energy conversion and storage. *Science*, 347(6217).
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. Norton & Company.
- Campbell, I., Bourell, D., & Gibson, I. (2012). Additive Manufacturing: *Rapid Prototyping Comes of Age, Rapid Prototyping Journal* (Vol. 18, pp. 255-258).
- Chen, C., Roco, M. C., Son, J., Jiang, S., Larson, C. A., & Gao, Q. (2013). Global Nanotechnology Development from 1991 to 2012: Patents, Scientific Publications, and Effect of NSF Funding. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(9), 1951.
- Clinic Staff. (2013, January 25). Crowdsourcing Prior Art for 3D Printing. <http://blogs.law.harvard.edu/cyberlawclinic/2013/01/25/crowdsourcing-prior-art-for-3d-printing/>
- De Volder, M. F. L., Tawfick, S. H., Baughman, R. H., & Hart, A. J. (2013). Carbon Nanotubes: Present and Future Commercial Applications. *Science*, 339(6119), 535-539.
- Desai, D. R., & Magliocca, G. N. (2014). Patents, Meet Napster: 3D Printing and the Digitization of Things, *Georgetown Law Journal* (Vol. 102, pp. 1691-1720).
- euRobotics (2014). *Strategic research agenda for robotics in Europe 2014-2020*. Retrieved August 10, 2015, from www.eu-robotics.net/cms/upload/PPP/SRA2020_SPARC.pdf
- Expertenkommission Forschung und Innovation. (2015). *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015*. Unpublished manuscript.
- Fernández-Ribas, A. (2010). International Patent Strategies of Small and Large Firms: An Empirical Study of Nanotechnology. *Review of Policy Research*, 27(4), 457-473.
- Freeman, C. (2013, July 14). Why did RepRap pick FDM and not other 3D printing technique? <http://reprape.com/post/44316648000/why-did-reprap-pick-fdm-and-not-another-3d-printing/>
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* Oxford: Oxford University.
- Ganguli, P., & Jabade, S. (2012). *Nanotechnology Intellectual Property Rights: Research, Design, and Commercialization*. Boca Raton: CRC Press.
- Genet, C., Errabi, K., & Gauthier, C. (2012). Which Model of Technology Transfer for Nanotechnology? A Comparison with Biotech and Microelectronics. *Technovation*, 32(3-4), 205-215.
- Ghilassene, F. (2014). *L'impression 3D: Impacts Economique et Enjeux Juridiques*: Institut National de la Propriété Industrielle.
- Green, T. (2013). Rising Power and Influence of Robotics Clusters. *Robotics Business Review*, February 22, 2013.
- Hemel, D. J., & Ouellette, L. L. (2013). Beyond the Patents-Prize Debate. *Texas Law Review*, 92, 303-382.
- Huang, C., & Wu, Y. (2012). State-led Technological Development: A Case of China's Nanotechnology Development. *World Development*, 40(5), 970-982.
- Innovative Manufacturing CRC (2015). New Industry-led centre to help transform Australian manufacturing [Press Release]. Retrieved from www.imcrc.org/media-release---imcrc-funding-announcement-26-may-2015.html.
- IFR. Service Robots. Retrieved August 3, 2015, from International Federation of Robotics: www.ifr.org/service-robots/
- IFR. (2012). *History of Industrial Robots: From the first installation until today*. Frankfurt am Main: International Federation of Robotics.
- IFR. (2014a). *World Robotics 2014 Industrial Robots*. Frankfurt am Main: International Federation of Robotics.
- IFR. (2014b). *World Robotics 2014 Service Robots*. Frankfurt am Main: International Federation of Robotics.
- Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., Palmer, C., et al. (2011). RepRap: the Replicating Rapid Prototyper, *Robotica* (Vol. 29, pp. 177-191).
- Jong, J. P. J., & Bruijn, E. d. (2013). Innovation Lessons from 3-D Printing, *MIT Sloan Management Review* (Vol. 54, pp. 43-52).
- Keisner, A. C. (2013). Keeping Things Confidential: Robotics Trade Secrets 1.0. *Robotics Business Review*, October 21, 2013.

- Keisner, A. C., Raffo, J., & Wunsch-Vincent, S. (2015). Breakthrough technologies – robotics, innovation and intellectual property. *WIPO Economic Research Working Paper No. 30*.
- King, D. L., Babasola, A., Rozario, J., & Pearce, J. M. (2014). Mobile Open-Source Solar-Powered 3-D Printers for Distributed Manufacturing in Off-Grid Communities. *Challenges in Sustainability*, 2, 18027.
- Kreiger, M., & Pearce, J. M. (2013). Environmental Life Cycle Analysis of Distributed Three-Dimensional Printing and Conventional Manufacturing of Polymer Products, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* (Vol. 1, pp. 1511-1519).
- Kumaresan, N., & Miyazaki, K. (1999). An integrated network approach to systems of innovation—the case of robotics in Japan. *Research Policy*, 28(6), 563-585.
- Langnau, L. (2014, Oct. 6). Will We 3D-Print Electric Motors? Make Parts Fast: A Design World Resource.
- Lemley, M. A. (2005). Patenting Nanotechnology. *Stanford Law Review*, 58(2), 601-630.
- Lemley, M. A. (2014). *IP in a World Without Scarcity*. Unpublished manuscript.
- Leroux, C. (2012). *EU Robotics Coordination Action: A green paper on legal issues in robotics*. Paper presented at the International Workshop on Autonomics and Legal Implications.
- Lipson, H. (2005, May). Homemade: The Future of Functional Rapid Prototyping. *IEEE Spectrum*, 24-31.
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The New World of 3D Printing*. Indianapolis: Wiley.
- Lux Research Inc. (2007). *The Nanotech Report* (5th ed. Vol. 1-3).
- Lux Research Inc. (2014). *Nanotechnology Update: Corporations Up Their Spending as Revenues for Nano-Enabled Products Increase*.
- Malone, E., & Lipson, H. (2006, August). *Fab@Home: The Personal Desktop Fabricator Kit*. Paper presented at the 17th Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin, Texas.
- McGurk, M. R., & Mandy, J. (2014). Building a Strong Robotics IP Portfolio. Retrieved December 2014: www.finnegan.com/resources/articles/articlesdetail.aspx?news=89c6e508-ddb1-46f4-895d-aa4521c64811
- McKinsey Global Institute. (2013). *Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy*.
- Mendis, D., Secchi, D., & Reeves, P. (2015). A Legal and Empirical Study into the Intellectual Property Implications for 3D Printing: Executive Summary. *Research Commissioned by the Intellectual Property Office No. 2015/41*.
- Metra Martech. (2011). *Positive Impact of Industrial Robots on Employment*. London: Metra Martech Limited.
- Migueluez, E., & Fink, C. (2013). Measuring the International Mobility of Inventors: a New Dataset. *WIPO Economic Research Working Paper Series No. 8*.
- Miller, B., & Atkinson, R. D. (2013). *Are Robots Taking Our Jobs, or Making Them?* Washington, D.C.: The Information Technology and Innovation Foundation.
- Mireles, M. S. (2006). States as Innovation System Laboratories: California, Patents, and Stem Cell Technology. *Cardozo Law Review*, 1133(374).
- Mokyr, J. (2014). Secular Stagnation? Not in Your Life. In C. Teulings & R. Baldwin (Eds.), *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures*. London: CEPR Press.
- Monthioux, M., & Kuznetsov, V. L. (2006). Who Should Be Given the Credit for the Discovery of Carbon Nanotubes? *Carbon*, 44(9), 1621-1623.
- Mulligan, D. K., & Perzanowski, A. K. (2007). The Magnificence of the Disaster: Reconstructing the Sony BMG Rootkit Incident. *Berkeley Technology Law Journal*, 22(1157), 151.
- Muzumdar, M. (2014, July 14). Shapeways in 2014: A year in 3D printing and what's next for 2015. www.shapeways.com/blog/archives/19390-shapeways-in-2014-a-year-in-3d-printing-and-whats-next-for-2015.html
- Nadan, C. H. (2002). Open Source Licensing: Virus or Virtue? *Texas Intellectual Property Law Journal*, 10, 349-378.
- National Research Council. (2013). *Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative*. Washington, D.C.: National Research Council.
- Nof, S. Y. (1999). *Handbook of Industrial Robotics*. West Sussex Wiley.
- OECD. (2011). The International Experience with R&D Tax Incentives, *Tax Reform Options: Incentives for Innovation*: United States Senate Committee on Finance.
- Ouellette, L. L. (2015). Economic Growth and Breakthrough Innovations: A Case Study of Nanotechnology. *WIPO Economic Research Working Paper No. 29*.
- Prinz, F. B., Atwood, C. L., Aubin, R. F., Beaman, J. J., Brown, R. L., Fussell, P. S., et al. (1997). *JTEC/WTEC Panel on Rapid Prototyping in Europe and Japan*.
- PwC, & M Institute. (2014). *3D Printing and the New Shape of Industrial Manufacturing*: PricewaterhouseCooper.
- Rayna, T., & Striukova, L. (2014). The Impact of 3D Printing Technologies on Business Model Innovation. In P. J. Benghozi, D. Krob, A. Lonjon & H. Panetto (Eds.), *Digital Enterprise Design & Management* (Vol. 261, pp. 119-132): Springer International Publishing.
- Roco, M. C., Mirkin, C. A., & Hersam, M. C. (2010). *Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020: Retrospective and Outlook*. Boston: Springer.
- Rosheim, M. E. (1994). *Robot Evolution: The Development of Anthrobotics*: John Wiley & Sons, Inc.
- Sabety, T. (2004). Nanotechnology Innovation and the Patent Thicket: Which IP Policies Promote Growth? *Nanotechnology Law and Business*, 1(3), 262-283.
- Samuels, J. (2013). EFF's Fight for Open 3D Printing Continues at Ask Patents. www.eff.org/deeplinks/2013/03/effs-fight-open-3d-printing-continues-askpatentscom

- Scheinman, V. (2015). Robotics History Narratives. Interview retrieved from <http://roboticshistory.indiana.edu/content/vic-scheinman>
- Shapiro, C. (2003). Antitrust analysis of patent settlements between rivals *The RAND Journal of Economics*, 34(2), 391-411.
- Siegwart, R. (2015). Report for WIPO on intellectual property and robotics. *Unpublished background report for the World Intellectual Property Report 2015*.
- Smalley, L. W. (2014). Will Nanotechnology Products be Impacted by the Federal Courts' 'Products of Nature' Exception to Subject-Matter Eligibility Under 35 U.S.C. 101? *John Marshall Review of Intellectual Property*, 13(2), 397-443.
- Smith, R. C., & Cheeseman, P. (1986). On the Representation and Estimation of Spatial Uncertainty. *The International Journal of Robotics Research*, 5(4), 56-68.
- Sparapani, T. (2015, June 19). Surgical robotics and the attack of the patent trolls. *Forbes*.
- Springer, P. J. (2013). *Military Robots and Drones: A Reference Handbook*. Santa Barbara: ABC-CLIO
- Sylvester, J. D., & Bowman, D. M. (2011). Navigating the Patent Landscapes for Nanotechnology: English Gardens or Tangled Grounds? In S. J. Hurst (Ed.), *Biomedical Nanotechnology: Methods and Protocols* (pp. 359-378). Totowa: Springer.
- Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, Office of Science and Technology Policy. (2015). *The National Nanotechnology Initiative Supplement to the President's 2015 Budget*, available at: www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NNI_FY15_Final.pdf.
- Thayer, L., & Bhattacharyya, A. (2014a). Patent Eligibility of Software in the Wake of the Alice Corp. v. CLS Bank Decision *Robotics Business Review*, August 14, 2014.
- Thayer, L., & Bhattacharyya, A. (2014b). Will Supreme Court Rein in Software Patents? *Robotics Business Review*, March 4, 2014.
- The Fab Foundation. (2015). Fab Labs World Map. Retrieved August 10, 2015: www.fablabs.io/map
- Tobe, F. (2015). The Robot Report's Global Map. Retrieved August 10, 2015: www.therobotreport.com/map
- UKIPO. (2014). *Eight Great Technologies - Robotics and Autonomous Systems: A patent overview*. London: UK Intellectual Property Office.
- West, J., & Kuk, G. (2014). Proprietary Benefits from Open Communities: How MakerBot Leveraged Thingiverse in 3D Printing. SSRN.
- Wintergreen Research Inc. (2015). *Surgical Robots Market Shares, Strategies, and Forecasts, Worldwide, 2015 to 2021*. Dublin: Research and Markets.
- WIPO. (2011). *World Intellectual Property Report 2011: The Changing Face of Innovation*. Geneva: World Intellectual Property Organization.
- Wittbrodt, B. T., Glover, A. G., Laureto, J., Anzalone, G. C., Oppliger, D., Irwin, J. L., et al. (2013). Life-cycle Economic Analysis of Distributed Manufacturing with Open-source 3-D Printers, *Mechatronics* (Vol. 23, pp. 713-726).
- Wohlers Associates. (2014). *Wohlers Report 2014: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry: Annual Worldwide Progress Report*.
- Yen-Tzu, C., & Hsin-Ning, S. (2014, 27-31 July 2014). *Understanding patent portfolio and development strategy of 3D printing technology*. Paper presented at the Portland International Conference for Management of Engineering and Technology (PICMET), Kanazawa.

Сокращения

3-D	трехмерный	ПРЭМ	просвечивающий растровый электронный микроскоп
АСМ	атомно-силовой микроскоп	STL	язык формата моделирования для стереолитографии
ИИ	искусственный интеллект	СТМ	сканирующий туннельный микроскоп
ARPA-E	Агентство передовых исследований в области энергетики	ПЭМ	просвечивающий электронный микроскоп
ASTM	Американское общество по испытанию материалов	TFP	совокупная производительность факторов производства
AT&T	компания "American Telephone & Telegraph"	TNO	Нидерландская организация прикладных научных исследований
BEA	Бюро экономического анализа	ТРИПС	Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности
CARG	кумулятивный темп роста	УКИРО	Ведомство по вопросам интеллектуальной собственности Соединенного Королевства
DARPA	Агентство по перспективным исследовательским оборонным проектам	ООН	Организация Объединенных Наций
ДНК	дезоксирибонуклеиновая кислота	ООН/ЕЭК	Европейская экономическая комиссия
ЕС	Европейский союз	США	Организации Объединенных Наций
FDA	Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов	долл. США	Соединенные Штаты Америки
ПИИ	прямые иностранные инвестиции	USDA	доллар США
ВВП	валовой внутренний продукт	ВПТЗ США	Министерство сельского хозяйства США
GPT	технологии общего назначения		Ведомство Соединенных Штатов по патентам и товарным знакам
IBM	корпорация "International Business Machines"	VC	венчурный капитал
ИМС	интегральная микросхема	ВОИС	Всемирная организация интеллектуальной собственности
ИКТ	информационно-коммуникационные технологии	XML	расширяемый язык разметки
IDM	интегрированный производитель устройств		
IFR	Международная федерация робототехники		
МВФ	Международный валютный фонд		
ИС	интеллектуальная собственность		
МПК	Международная патентная классификация		
МАА	Ассоциация самолётостроительных предприятий		
MIT	Массачусетский технологический институт		
MITI	Министерство внешней торговли и промышленности		
NACA	Национальный консультативный комитет по аэронавтике		
NASA	Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства		
NEC	компания "Nippon Electric Company"		
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития		
ПК	персональный компьютер		
ГНИУ	государственное научно-исследовательское учреждение		
НИОКР	научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы		
ROS	операционная система для роботов		
SCPA	Закон об охране полупроводниковых микросхем		
РЭМ	растровый электронный микроскоп		

Технические примечания

Группы стран по уровню дохода

В настоящем докладе используется классификация стран по уровню дохода 2014 г., применяемая Всемирным банком. Эта классификация основана на уровне валового национального дохода на душу населения, в соответствии с которым все страны можно разделить на четыре группы: страны с низким уровнем дохода (не более 1 045 долл. США), страны с уровнем дохода ниже среднего (от 1 046 долл. США до 4 125 долл. США), страны с уровнем дохода выше среднего (от 4 126 долл. США до 12 736 долл. США) и страны с высоким уровнем дохода (более 12 736 долл. США).

Ознакомиться с более подробной информацией об этой классификации можно по адресу: <http://data.worldbank.org/about/country-classifications>.

Составление патентного ландшафта

В основе анализа примеров в главах 2 и 3 лежат патентные ландшафты, подготовленные специально для этого доклада. Данные о патентах для их составления были взяты из Статистической базы данных ВОИС и из Глобальной статистической патентной базы ЕПВ (PATSTAT, апрель 2015 г.). Далее перечислены ключевые методологические элементы, лежащие в основе составления патентного ландшафта.

Единица анализа

Основной единицей анализа является первая заявка на то или иное изобретение¹³⁴. Поэтому в качестве исходной даты для подсчета количества патентов используется дата подачи первой заявки. В некоторых исторических документах (например, в документах ВПТЗ США, датируемых ранее 1930 г.) дата подачи заявки отсутствует. В таких случаях использовалась дата последующей подачи или дата выдачи патента по поданной первой заявке. Происхождение изобретения определяется происхождением первого заявителя, который подал первую заявку. В случае отсутствия такой информации использовалась стратегия замещения отсутствующих данных, которая описана ниже.

Этот подход не использовался только при анализе доли патентных семей, в отношении которых запрашивалась охрана в отдельных патентных ведомствах (см. рисунки 2.6, 3.5, 3.10 и 3.14). В этом случае использовалось расширенное определение патентной семьи (известное как патентная семья ИНПАДОК), а не определение, основанное на данных о подаче первых заявок. Кроме того, для этого анализа использовались только те патентные семьи, в которых по заявкам был выдан хотя бы один патент, а в качестве исходной даты принималась самая ранняя дата подачи в той же расширенной патентной семье. Основной смысл использования расширенного опре-

деления патентной семьи и применения требования о наличии хотя бы одного выданного патента в рамках семьи состоит в том, чтобы смягчить возможное занижение показателей, обусловленное сложной структурой последующей подачи заявок (в частности, на продление и выделение) и присутствием небольших патентных семей более низкого качества (например, если заявки подавались в одной стране и были либо отклонены, либо отозваны до проведения экспертизы).

Определение страны происхождения в случае отсутствия информации о ней

Если в первой заявке отсутствовала информация о стране проживания первого заявителя, то выполнялась следующая последовательность действий: (i) определение страны по адресу заявителя; (ii) определение страны по имени заявителя (более подробно описано далее); (iii) использование информации, полученной после консолидации корпораций (более подробно описано далее); (iv) использование наиболее часто встречающейся страны происхождения первого заявителя в той же патентной семье (согласно расширенному определению патентной семьи); (v) использование наиболее часто встречающейся страны происхождения первого изобретателя в той же патентной семье (согласно расширенному определению патентной семьи); и (vi) для некоторых исторических документов — использование ведомства ИС, где была подана первая заявка в качестве показателя страны происхождения.

«Очистка» имен заявителей и определение их типа

Заявители были разделены на три крупные категории: (а) *компании* (эта категория в основном включает в себя частные компании и корпорации, а также государственные компании); (б) *научные учреждения и государственный сектор* (в эту категорию входят государственные и частные университеты (а также их попечители и попечительские советы), государственные исследовательские организации и другие государственные институты, в частности министерства, государственные департаменты и связанные с ними структуры); (с) *частные лица* (в эту категорию входят частные лица, выступившие в качестве первых заявителей, которые могут быть как аффилированы, так и не аффилированы с компаниями, научными учреждениями или иными структурами). Еще одна категория ((d) — *нет данных*) включает в себя всех первых заявителей, которых не удалось распределить по другим категориям.

Чтобы распределить всех первых заявителей по широким категориям, был выполненная серия автоматических шагов по каждой из шести областей инноваций, к которым относятся рассматриваемые примеры, для «очистки» и стандартизации имен заявителей. Результаты этого автоматизированного процесса были перепроверены вручную (особенно по ведущим заявителям каждого типа), что позволило доработать стратегию и уточнить параметры в несколько итераций.

134. При подготовке ландшафта по возможности использовались данные о полезных моделях.

На начальном этапе из первой заявки была получена исходная информация об имени первого заявителя. Если оно отсутствовало, то использовалось наиболее часто встречающееся имя первого заявителя в рамках той же патентной семьи согласно расширенному определению патентной семьи. Было проведено несколько итераций автоматического парсинга по перечню исправленных имен первых заявителей в целях: (i) унификации регистра; (ii) удаления символов и другой избыточной информации (например, стоп-слов и акронимов); (iii) удаления географических указаний (которые использовались для уточнения информации о стране проживания заявителей); и (iv) получения любой полезной информации об именах заявителей, отвечающих установленным критериям для их отнесения к типу (a) компании или к типу (b) научные учреждения и государственный сектор.

После этого был проведен нечеткий поиск (с использованием команды *matchit* программы Stata¹³⁵), чтобы выявить альтернативные варианты написания или ошибки в написании имен заявителей, и типы были распределены соответственно. Кроме того, результаты консолидации корпораций (см. ниже) также позволили отнести некоторые нераспределенные имена заявителей к типу компаний. Наконец, категория *частных лиц* присваивалась только оставшимся нераспределенным заявителям, если они либо фигурировали в качестве изобретателей в том же патенте, либо значились как частные лица в Статистической базе данных ВОИС в отношении патентных семей, содержащих заявку РСТ. Анализ нераспределенных записей показал, что в большинстве из них отсутствуют имена заявителей в PATSTAT. Большинство таких имен относятся к оригинальным патентным документам, которые были составлены не на латинице и по которым не подавались более поздние патентные заявки.

Консолидация заявителей

Рейтинги по трем современным инновациям из главы 3 составлены на основе консолидации патентных заявок различных первых заявителей. В отношении наиболее активных заявителей по каждому рассмотренному примеру инноваций была проведена проверка и консолидация вручную. Заявители, имеющие одного конечного владельца, были консолидированы как одно лицо. При составлении списка 30 ведущих компаний для каждого вида инноваций данные о собственности были взяты из базы данных *BvD Ownership Database*. При консолидации во внимание принимались только дочерние предприятия с прямым или непрямым владением контрольным пакетом акций.

Стратегии картирования

Стратегия патентного картирования для каждой из шести инноваций основана на имеющихся данных и мнениях экспертов. Каждая стратегия была проверена по существующим альтернативным источникам, если это было возможно.

В основе картирования в области 3D-печати лежит фундаментальная работа UKIPO¹³⁶, в которой использованы символы CPC и IPC (например, B29C 67/005 и B22F) и проведен поиск текстовых терминов по названиям патентов и их рефератам (например, таких терминов, как *послойное аддитивное наращивание, моделирование методом наплавления, селективное лазерное спекание и стереолитография*).

Картирование в области авиации основано на существующих перечнях патентов, содержащихся в ключевой работе Мейера (2010) и Шорта (2015), а также в общедоступных документах патентного пула МАА и патентном портфеле Кертисс-Райт¹³⁷. Эти патенты позволили определить и оценить наиболее подходящие символы IPC и CPC, а именно B64C и B64B.

При картировании патентов в области антибиотиков были впервые совместно использованы символы IPC и CPC (например, A61K 31/18, A61K 31/43 и A61K 31/7036) и поиск обширного списка текстовых терминов, таких как *сульфамидные препараты, пенициллин и стрептомицин*, по названиям и рефератам патентов. Список терминов был составлен на основе таких источников, как Индекс 2015 WHO ATC/DDD, Индекс Merck (15-е издание) и Orange Book управления FDA.

Стратегия в отношении нанотехнологий была основана на следующих символах IPC и CPC: B82Y и Y10S 977, включая их более низкие уровни. Такие более низкие уровни связаны с разграничением *исследовательских инструментов, наноэлектроники и наноматериалов*.

Стратегия в отношении робототехники основана на ключевой работе UKIPO¹³⁸, в которой использованы символы CPC и IPC (например, B25J 9/16 и Y10S 901/00) и поиск текстовых терминов по названиям и рефератам патентов, в частности таких терминов, как *робот и робототехника*.

Картирование в отношении полупроводников основано на символе IPC и CPC H01L, включая все более низкие уровни.

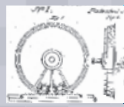
135. Доступно в архиве Statistical Software Components (SSC) и на сайте ВОИС.

136. См. UKIPO (2013) 3D Printing: A Patent Overview. Newport: UK Intellectual Property Office.
137. Meyer, P. B. (2010). Some Data on the Invention of the Airplane and the New Airplane Industry. Unpublished manuscript. Office of Productivity and Technology, US Bureau of Labor Statistics, Washington, DC, US.
Short, S. Simone's US Aviation Patent Database 1799-1909. Дата доступа: 25 августа 2015 г., с сайта <http://invention.psychology.msstate.edu/PatentDatabase.html>
138. См. UKIPO (2013) Eight Great Technologies: Robotics and Autonomous Systems – A Patent Overview. Newport: UK Intellectual Property Office.

200 лет инноваций и роста

Стремление человечества к поиску инновационных подходов обеспечило его прогресс и меняет наш мир. Революционные инновации последних двух столетий привели к 15-кратному росту дохода на душу населения в странах с передовой экономикой. В Докладе о положении в области интеллектуальной собственности в мире за 2015 г. рассматриваются шесть революционных технологий и анализируется роль интеллектуальной собственности в инновационном процессе.

2000
долл.
США
ВВП
на душу
населения
(в долл.
США 1990 г.)



1836 г. Паровоз

Первый номерной патент США на локомотив с паросилой установкой



1856 г. Пластмассы

Первая искусственная пластмасса изобретена, запатентована и зарегистрирована под товарным знаком *Паркезин*



1866 г. Научная селекция растений

Научная публикация Менделя о гибридизации растений

1905 г.

Первый успешный высокоурожайный гибрид пшеницы



1879 г. Автомобили

Бенц патентует автомобиль с бензиновым двигателем

1908 г.

Форд начинает массовое производство модели *Ford T*



1906 г. Самолеты

Полет Сантос-Дюмона на биплане *14-bis*

Братья Райт патентуют "Летающую машину"



1929 г. Фармацевтические препараты

Флеминг открывает пенициллин

1947 г.

Начало массового производства пеницилина



1950 г. Полупроводники

Компания Bell Labs патентует полупроводник

1977 г.

Продажа первого ДПК Commodore



1954 г. Робототехника

Первый промышленный робот

1996 г.

Компьютер *Deer Blue* побеждает гроссмейстера Каспарова

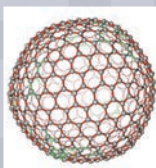


1969 г. Интернет

Развертывание сети ARPANET

1991 г.

В ЦЕРНе создана "Всемирная паутина" (WWW)



1981 г. Нанотехнология

Разработка сканирующей зондовой микроскопии

2005 г.

Велосипед с рамой из композита, содержащего нанотрубки, участвует в велогонке *Tour de France*

1837 г. Электрический телеграф

Кук и Уитстон патентуют пятигольчатый телеграф



1858 г.

Первое трансатлантическое телеграфное сообщение

1856 г. Промышленное сталеплавильное производство

Бессемер патентует улучшение производства железа и стали



1876 г. Телефон

Белл патентует улучшения в области телеграфии



1879 г. Электрическая лампа

Эдисон патентует электрическую лампу



1897 г. Радио

Маркони патентует передачу электрических сигналов



1911 г. Атомная энергия

Мари Кюри получает вторую Нобелевскую премию

1954 г.

Атомная электростанция АЭС-1 (Обнинск) генерирует электричество для коммерческого использования



1925 г. Телевидение

Дженкинс патентует "Беспроволочную передачу изображений"



1952 г. Инновации в области производственно-сбытовых цепочек

Патентование штрихкода



1953 г. Производство "точно в срок"

Компания Toyota внедряет систему канбан для бережливого производства

1957 г. Устойчивая энергетика

Патентование фотоэлемента



1973 г. Сотовый телефон

Первый звонок по сотовому телефону

1992 г.

Первое СМС-сообщение

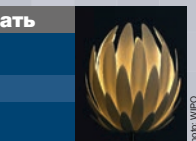


1987 г. Трехмерная печать

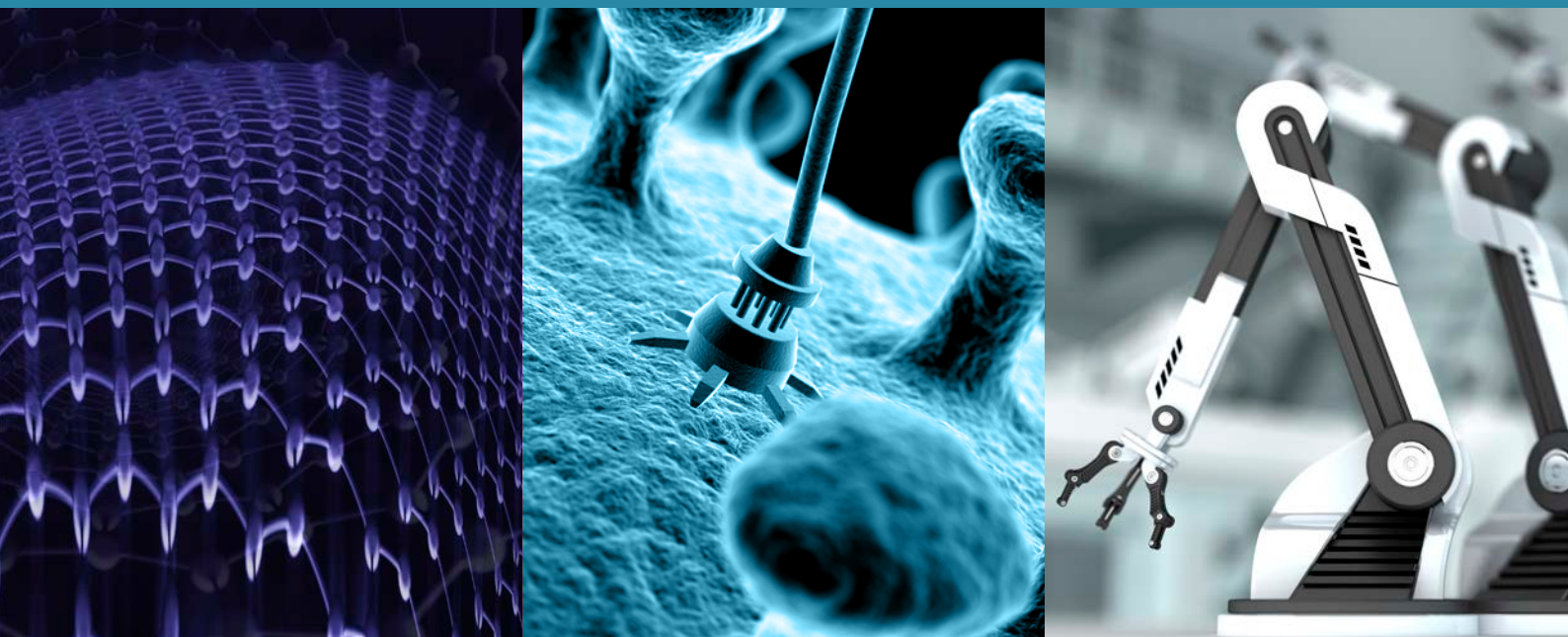
Начало коммерциализации промышленных 3D-принтеров

2009 г.

Начало коммерциализации дешевых 3D-принтеров



Источник: Доклад о положении в области интеллектуальной собственности в мире за 2015 г.



Всемирная организация
интеллектуальной собственности
34, chemin des Colombettes
P.O. Box 18
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Телефон: +41 22 338 91 11
Факс: +41 22 733 54 28

Контактные данные внешних бюро ВОИС приводятся
на сайте www.wipo.int/about-wipo/ru/offices/

Публикация ВОИС № 944R
ISBN 978-92-805-2737-7