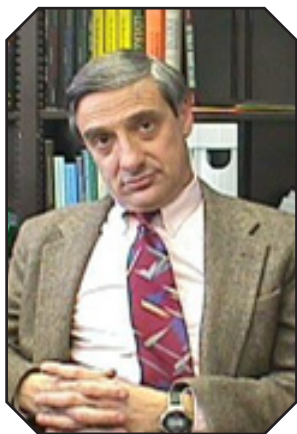


## НОВЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Дж. Мокир

# Дары Афины: исторические истоки экономики знаний



**МОКИР Джоэль (Мокур, Joel)** — профессор экономической истории факультета экономики Северо-Западного университета (Эванстон, США).

**Email:** [j-mokyr@northwestern.edu](mailto:j-mokyr@northwestern.edu)

Перевод с англ. Николая Эдельмана.

Источник: Мокир Дж. 2012. *Дары Афины: исторические истоки экономики знаний*. М.: Изд-во Института Гайдара.

*В книге представлена историческая концепция научно-технического прогресса, который на протяжении последних двух столетий наблюдается в западном мире. Ключевую роль в этом процессе Дж. Мокир отводит знаниям о новых технологиях и расширяющемуся доступу к этим знаниям в обществе. На основе разнообразных исторических примеров автор показывает, как в трансформирующихся средах формировались знания, которые привели к Промышленной революции, повлекшей за собой экономический рост и технологические изменения.*

*Журнал публикует главу 7 из книги Дж. Мокира — «Institutions, Knowledge, and Economic Growth» («Институты, знания и экономический рост»), где автор рассуждает о роли институциональных факторов и полезных знаний в экономическом процветании западных экономик.*

**Ключевые слова:** институты; знания; технологии; экономический рост; история хозяйства.

### Глава 7. Институты, знания и экономический рост

*Ничто не требует большей тщательности в наших исследованиях, касающихся человеческих дел, чем точное различение того, что происходит благодаря случаю и что вытекает из причин; нет никакого другого предмета, в связи с которым автор скорее всего мог бы обмануть сам себя ложными премудростями и ухищрениями мысли. Утверждение, что какое-то событие произошло благодаря случаю, прекращает всякое дальнейшее исследование относительно данного события и оставляет писателя в том же состоянии невежества, в котором пребывает и всё остальное человечество. Но когда предполагается, что событие произошло от определённых и устойчивых причин, то он может проявить своё искусство в установлении этих причин; и так как ни один человек, обладающий некоторой тонкостью мысли, никогда не станет теряться в данном случае, то у него тем самым оказывается возможность написать целые тома и проявить свои глубокие познания, отмечая то, что ускользает от грубых и невежественных людей<sup>1</sup>.*

Дэвид Юм. О возникновении и развитии искусств и наук. 1742.

<sup>1</sup> Перевод Е.С. Лагутина; см.: Юм Д. *Сочинения: В 2-х т.* 2. М.: Мысль. — Примеч. ред.

Полезные знания, согласно определению, используемому в нашей книге, описывают те орудия, которые мы применяем в своей игре против природы. Большая часть этих знаний весьма банальна: мы знаем, что в Чикаго в январе холодно и что толстый слой одежды защищает тело человека от потери вырабатываемого им тепла, благодаря чему и получаем на основе этих знаний очевидную технологию ношения свитеров. В принципе, подобные знания могут быть исключительно частными. Однако эволюция техники — это процесс, при котором взаимодействие между различными индивидуумами не менее важно, чем их конкретные знания. Хотя в основе своей техника — это «игра против природы»; для того, чтобы *игра* обрела смысл как исторический фактор, мы должны рассматривать её как составную часть социальной игры, которую люди ведут друг с другом и друг против друга.

Что требует объяснения, так это история предшествующих двух с половиной веков. Несмотря на все шумные нападки на либерализм и бездумную теорию модернизации, экономисты неустанно напоминают другим представителям общественных наук и историкам, шарахающимся от «триумфалистских евроцентричных телеологий», о том, что усиление западных экономик на основе экономического роста и технического прогресса представляет собой ключевое событие современной истории, с которым нам просто нечего сопоставить. Но как его объяснить? Если такие историки-ревизионисты, как Померанц [Pomeranz 2000], хотя бы отдалённо правы, утверждая, что великий разрыв между Западной Европой и Востоком в реальности произошёл после 1750 г., то тем более важным становится изучение тех событий, которые мы называем Промышленной революцией.

В чём конкретно заключалась роль полезных знаний? Заявление о том, что современный экономический рост *целиком* обусловлен техническими изменениями, попросту неверно. Экономика может расти в результате непрерывного перераспределения ресурсов или установления закона и порядка и последующей коммерциализации. Она может расти, потому что люди становятся более добросовестными и склонными к сотрудничеству, более бережливыми, усердными и благоразумными, сильнее доверяющими друг другу. Некоторые исследователи (например, [Landes 1998]) в качестве основной причины, обеспечившей развитие Запада, называют *культуру*: традиции честности, трудолюбия, умеренности и заботы об образовании потомства передаются из поколения в поколения и могут сильно различаться *в разных обществах*. Трудолюбие, доверие и бережливость действительно способствуют благополучию экономики; но если база полезных знаний не расширяется, подобные похвальные черты будут приносить все меньшую и меньшую отдачу. Лишь расширение полезных знаний может навсегда устранить верхний предел роста процветания.

*Есть и те, кто считает*, что большее значение имеют *институты* — формальные и неформальные: степень доверия к государству, функциональность семьи как базовой единицы, безопасность и господство закона, надёжная система надзора за выполнением контрактов, а также отношение властной элиты к индивидуальной инициативе и инновациям. Некоторые общества просто лучше организованы и обладают более эффективными системами стимулов. Согласно этой точке зрения, удачнее всего представленной в работах Дугласа Норта [North 1990] и Эрика Джонса [Jones 2002], трудолюбие, инициатива и бережливость обеспечивают экономический рост в том случае, если они должным образом вознаграждаются, а такое вознаграждение определяется институциональной структурой. Экономические различия между двумя Кореями и двумя частями Германии служат решительным напоминанием о том, насколько важны социальные правила, по которым ведётся экономическая игра. Подход к экономической эффективности, предлагаемый Дэвидом Ландесом [Landes 1998], сформулирован, скорее, в терминах культуры, однако в литературе данного направления порой отсутствует чёткое различие между «культурой» и «институтами».

Противопоставление «институтов» и «полезных знаний» как альтернативных объяснений экономического роста в большой степени искусственно. Однако следующие два заявления, как представляется, приближенно раскрывают суть истории экономического роста. Первое из них состоит в том, что разли-

чия в институтах, скорее, объясняют разницу в *уровне* дохода в данный момент времени. Знания могут перетекать (и перетекают) через национальные границы, пусть и не всегда с такой лёгкостью, как представляют себе некоторые экономисты. Если единственная причина, по которой современная Германия богаче Зимбабве, в наличии у Германии большего количества полезных знаний, то это различие можно устранить сравнительно быстро. Однако, если мы зададимся вопросом, почему сегодня Германия богаче, чем в 1815 г., то никто не сможет сказать, что техника здесь ни при чем, хотя значение могло иметь и совершенствование институтов. Второе заявление сводится к тому, что до 1750 г. техника играла лишь *второстепенную* роль при обеспечении экономического роста, и это верно даже в отношении Китая и Европы, где наблюдались периоды существенного экономического прогресса. Расцвет некоторых экономик (например, средневековой Фландрии и ренессансной Италии) был обусловлен главным образом такими институциональными изменениями, как развитие рынков и рост торговли и специализации. Известное влияние на эти экономики оказали некоторые изобретения, такие как предмодерные усовершенствования в кораблестроении и текстильной промышленности, но они, как правило, были разовыми, не создавали основы для устойчивого и непрерывного технического прогресса, характерного для современной эпохи. Именно в этом изменении относительного значения движущих сил заключается истинный смысл Промышленной революции.

Институциональные факторы имели значение в первую очередь потому, что они определяли эффективность экономики, влияя на отношения обмена между людьми, на распределение ресурсов, на накопление и на инвестиционное поведение. С полезными знаниями дело обстоит по-иному. Фундаментальная сущность производства заключается в попытке извлечь из окружения нечто, желательное для людей, но не выдаваемое природой добровольно. Отказавшись от охоты и собирательства и используя подмеченные в природе закономерности, люди изобрели сельское хозяйство и создали то, что можно назвать производящим обществом. Формализовав эти закономерности и превратив их в нечто, со временем ставшее наукой, а также допустив их взаимодействие с основанными на них технологиями, бэконовская программа в конце XVIII века достигла критической массы в Западной Европе. В этом не было ничего неизбежного, и отнюдь не очевидно, что если бы Западная Европа никогда не существовала или не была бы стёрта с лица Земли Чингисханом, то какое-либо другое общество в конце концов всё равно изобрело бы рентгеновские лучи, сублимированный кофе и калькуляторы на солнечных батарейках [Mokyr 2002, forthcoming]<sup>2</sup>. Эволюционный подход к истории знаний подразумевает, что мы не можем объяснить, *почему* современный *экономический рост* начался после 1800 г., как не можем объяснить, почему человек разумный не возник, скажем, на 30 млн лет раньше (в середине олигоцена). Однако мы можем показать, *каким образом* экономический рост был обеспечен предшествовавшими интеллектуальными достижениями, такими как Ренессанс, научная революция и Просвещение.

Впрочем, на самом деле все гораздо сложнее. Институты оказывают принципиальное влияние на темп и направление приращения самих полезных знаний. Наука и техника, как утверждает конструктивистская школа, являются социальными процессами. Этот подход не так далёк от представлений экономистов, как они считают: все согласны с тем, что стимулы важны. Также понятно, что предложение талантов в рамках конкретной экономики не беспредельно и *этот ресурс следует относить к числу дефицитных* [Murphy, Shleifer, Vishny 1991]. Институты помогают определять, на каких направлениях будут задействованы усилия и время наиболее изобретательных и амбициозных людей. Предприниматели, новаторы и изобретатели стараются заработать славу и состояние в тех областях, которые в смысле награды представляются им наиболее многообещающими. Существует много потенциальных путей, позволяющих этого добиться: торговля, инновации, финансовое дело, а также грабежи, вымогательство и коррупция. Институты общества, кроме того, диктуют, в каких сферах усилия таких людей

<sup>2</sup> Статья вышла в 2006 г.; см.: Mokyr J. 2006. King Kong and Cold Fusion: Counterfactual Analysis and the History of Technology. In: Tetlock P. E., Lebow R. N., Parker G. (eds). *Unmaking the West: «What-if?» Scenarios that Rewrite World History*. Ann Arbor: University of Michigan Press; 277–322. — *Примеч. ред.*

будут вознаграждены наиболее щедро. С точки зрения экономического агента, доллар есть доллар, каким бы способом он ни был заработан. Однако с точки зрения экономики предпринимательская активность обогащает общество, а рентаискательство обедняет его [Baumol 1993]. Поиск новых знаний может осуществляться разными путями, и некоторые из них полезнее, чем другие. Подобные различия носят сложный характер: некоторые виды деятельности, рассматриваемые одними людьми как рентаискательство (например, судебные тяжбы), в глазах же других являются существенной стороной обеспечения прав собственности. Знания, которые поначалу могут казаться довольно абстрактными (такие как чистая математика), порой находят неожиданное применение.

Тем не менее накопление полезных знаний не похоже на другие виды предпринимательской активности. Стремление к пониманию природы и к тому, чтобы авторитетные лица признали успех этих усилий, выходит за рамки чисто материальной мотивации. Любопытство и жажда к знаниям сами по себе служили движущей силой при накоплении утвердительных знаний (*propositional knowledge*) во всех человеческих обществах<sup>3</sup>. Одна из характерных черт современной эпохи состоит в том, что относительное значение абстрактных знаний снизилось по сравнению с теми знаниями, которые можно задействовать для совершенствования технологий. В то время как определённая часть приращения  $\Omega$  в обществе с рыночными капиталистическими институтами по-прежнему может быть мотивирована подобными эпистемными соображениями, в течение предыдущих полутора столетий на первый план все сильнее выходили экономические интересы, как бы далеки они ни были от мотивов первого типа. Бэконовская мечта чем дальше, тем больше превращается в реальность. Разумеется, перевод  $\Omega$  в  $\lambda$  в значительной мере основывался на открытиях, чьё значение в качестве эпистемной основы было осознано лишь много времени спустя. Было бы абсурдом думать, что Нильс Бор и Эрвин Шрёдингер, разрабатывая квантовую физику, имели в виду магнитно-резонансную томографию и лазеры<sup>4</sup>. Однако нельзя сказать, чтобы подобная отрешённость была особо характерна для современной «чистой» науки. Мысли о финансировании порой закрадываются в головы даже наиболее далёких от практики учёных. Финансирующие учреждения стараются не забывать о законодателях. А в самом отдалённом уголке сознания законодателей, как можно надеяться, все же остаётся место для соображений о нуждах общества. Более того, многие исследования в сфере утвердительных знаний непосредственно мотивируются и вдохновляются предполагаемыми потребностями промышленности. Любопытство и другие механизмы внутренней мотивации никуда не делись, но им приходится делиться своей ведущей ролью, направляющей поиск утвердительных знаний, с прагматическими нуждами. В этом смысле современная экономика представляет собой окончательный триумф промышленного просвещения.

Исторический путь знаний определяется существованием организаций, хранящих, распространяющих и пополняющих эти знания (таких как академии, университеты и научно-исследовательские институты), и теми правилами, по которым они *действуют* (например, открытость науки, принцип приоритета, воспроизводимость эксперимента и *риторика признания*). На темпе технического развития сильнейшим образом *сказывается*, что те люди, которые изучали природу, и те, которые участвовали в экономическом производстве, в течение почти всей истории по большому счету принадлежали к разным социальным группам. Обмен знаниями между этими группами и лёгкость доступа к социальным хранилищам знаний служат ключевыми факторами, объясняющими прогресс, достигнутый за послед-

<sup>3</sup> В первой главе «Technology and the Problem of Human Knowledge» («Технологии и проблема человеческого знания») Дж. Мокир даёт определения основным понятиям, встречающимся в книге. В частности автор разделяет полезные знания на два типа: утвердительные знания (*propositional knowledge*) и предписывающие знания (*prescriptive knowledge*). К первому типу относятся знания «что», или теоретические знания о природных явлениях и закономерностях. Такого рода знания могут служить источником возникновения знаний «как», то есть предписывающих знаний, которые можно именовать техникой. В книге Дж. Мокира утвердительные знания обозначаются  $\Omega$ , а предписывающие знания —  $\lambda$ . Как объясняет автор, если  $\Omega$  — это эпистема (*episteme*), то  $\lambda$  — техне (*techne*). — *Примеч. ред.*

<sup>4</sup> Существует анекдот о том, что Джозеф Дж. Томсон, открывший существование субатомных частиц в катодных лучах, на торжествах по случаю получения им Нобелевской премии поднял тост: «За электрон и за то, что никто никогда не найдёт для него применения». — *Примеч. авт.*



ние столетия. Лёгкость доступа была важна потому, что полезные знания могут приобрести экономическое значение лишь в том случае, если они являются общими, а определялась лёгкость институтами, настроениями и техникой связи. Сегодня создатели новых технологий и товаров гораздо лучше подготовлены и технически оснащены для того, чтобы получить такой доступ к утвердительным знаниям, выполняющим роль эпистемной основы для новых предписывающих знаний. Чудо современного экономического роста невозможно понять без чёткого уяснения того, что наше время в этом отношении отличается от прежних эпох.

Вообще говоря, различия в институциональных структурах приводят к *неодинаковым* последствиям. Некоторые нации больше времени уделяют формальному изучению природы, в то время как другие более склонны к поиску практических сторон её постижения. На промышленном Западе, каким он сформировался в XIX веке, возникло и соответствующее разделение труда<sup>5</sup>. Тем не менее благодаря свободному перемещению информации через национальные границы американские инженеры могли обращаться и обращались к французской физике, когда нуждались в ней, а британские промышленники могли рассчитывать на немецкую и бельгийскую химию<sup>6</sup>. Эта открытость поощрялась и институтами, и техникой: западная наука сохраняла свою открытую структуру, и одновременно со снижением коммуникационных и транспортных издержек непрерывно снижалась цена доступа к знаниям. В 1902–1914 гг. 61% студентов, изучавших в Дармштадте электротехнику, были иностранцами [König 1996: 76]. Даже те экономисты, которые сами вносили несущественный вклад в передовые полезные знания, при желании могли воспользоваться новыми возможностями, создававшими приращение полезных знаний<sup>7</sup>.

Соответственно на Западе полезные знания перетекали через границы, сглаживая различия в достаточной мере для того, чтобы можно было говорить о возникновении более-менее единой системы «западных полезных знаний». Дискуссии о различиях между национальными стилями, об «успехах и неудачах» и о «лидерах и отстающих» в *пределах* Запада мешают разглядеть фундаментальное единство западного мира, стирающее поверхностную разницу между национальными стилями [Fox, Guagnini 1999]. Происходил не только обмен полезными знаниями: различные институты, на которые

<sup>5</sup> А. де Токвиль в 1830-е гг. сделал знаменитое наблюдение о том, что американцев не слишком интересуют теории и абстрактные стороны доступных людям знаний. Н. Розенберг отмечает, что это отношение было характерно для американской культуры на протяжении многих последующих десятилетий [Rosenberg 1998: 196]. Е. Кранакис в своей ставшей классической статье анализирует различия между типами вклада в инженерную науку, внесенного Францией и США, отмечая, что французские инженеры вели поиск теоретических знаний универсального характера, перенасыщенных математикой и абстракциями, в то время как американские знания были прагматичными, нередко имея вид таблиц и графиков [Kranakis 1989].

<sup>6</sup> Например, Фредерик Грейс Кельверт (Frederick Crace Calvert), один из наиболее успешных британских химиков-промышленников своей эпохи, в конце 1850-х гг. первым приступивший к изучению карболовой кислоты (первого дезинфицирующего средства, применявшегося на практике), обучался во Франции у Мишеля Эжена Шеврёля (Michel Eugène Chevreul); другой ведущий британский химик, Гай Лайон Плейфэр (Guy Lyon Playfair), учился в Гиссене с самим Юстусом фон Либихом (Justus von Liebig); Уильям Генри Перкин (William Henry Perkin), открывший анилиновый краситель, а также большинство других британских химиков-промышленников его поколения проходили обучение у Августа фон Гофмана, немца, возглавлявшего английский Королевский химический колледж; Генрих Каро (Heinrich Caro), впоследствии ставший одной из ключевых фигур в германской индустрии синтетических красителей, в 1859–1866 гг. работал в Манчестере; Айра Ремсен (Ira Remsen), директор первой американской аспирантской программы по химии в Университете Джона Хопкинса и соизобретатель сахарина, также проходил обучение в Германии. Вследствие очевидного превосходства Германии в сфере химической подготовки другие нации (включая Великобританию) во все большей степени брали на ключевые должности немцев, а зарубежные студенты отправлялись в Германию с целью углубленного изучения органической химии.

<sup>7</sup> Простой пример: почтенная голландская сахарная промышленность после 1815 г. отстала от передовых технологий и сперва не могла ими овладеть. Однако к 1880 г. руководство амстердамских сахарных заводов Wester получило доступ к профессиональной периодике, а при необходимости для консультаций поездом-экспрессом можно было доставить лучших европейских специалистов [Bakker 1995: 71].

они опирались, постоянно оказывали влияние друг на друга. Британская идея патентной системы повлияла на другие западные страны, англичане же, в свою очередь, в конце XIX века на примере других стран убедились в том, что должны реформировать свои высшие учебные заведения, если хотят участвовать в играх, которые велись на различных площадках второй Промышленной революции.

Существуют четыре сигнала в фарватере движения общества, характеризующие институциональные условия и позволяющие определить, насколько эффективно данное общество в создании новой технологии. Первый из них — это способность общества к накоплению новых утвердительных знаний. Какова программа исследования природных закономерностей, чем она мотивирована, и к каким сферам данное общество проявляет наибольший интерес? Многие древние общества тратили немало времени на изучение движения небесных тел, что было не слишком полезно в плане сытости (хотя помогало при создании календаря). В течение многих поколений еврейские мудрецы посвящали всю свою жизнь толкованию Писания, что весьма способствовало росту учёности и развитию юриспруденции, но почти не давало людям новых полезных знаний, как они понимаются в данной книге. Помимо вопроса о программе, существует также вопрос о распределении ресурсов: сколько средств выделяется на поиск новых знаний и что это за средства? Сколько людей участвует в изучении природных закономерностей, каким образом производится вербовка исследователей и как оплачивается их труд? Какие орудия и инструменты применяются при исследованиях?

Второй сигнал — это распространение найденных утвердительных знаний и их прочность. Кому и какому числу людей доступны эти знания? Что можно сказать о культуре доступа к знаниям: они содержатся в секрете и остаются недоступными благодаря непонятным кодам и жаргону или же становятся так быстро и широко известны, насколько возможно, а впоследствии распространяются с помощью научно-популярных книг, журналов и телепрограмм достигают массовой аудитории? Каким образом знания проверяются и отбираются, то есть получают путём консенсуса признание со стороны людей, имеющих вес в обществе? Какими критериями определяется «истинность» данных предположений, и с помощью каких языков и символов этими знаниями обмениваются лица, применяющие их на практике?

Третий сигнал — использование утвердительных знаний или их перевод в предписывающие знания или технологии. Прибыль и убытки от инноваций, а также вероятность успешного сопротивления инновациям, расхолаживающая или сдерживающая других потенциальных новаторов, задаются институтами. Какую компенсацию получит лицо, сделавшее изобретение, и какие другие стимулы побуждают людей к продолжению зачастую утомительной и неблагодарной работы по доведению данной технологии до ума? Помимо этого, необходима связь между людьми, занятыми в производстве, и теми, кто изучает природу. В этом отношении наибольшее значение, как отмечалось выше, имеют институты, от которых зависят связи и взаимное доверие между теми, кто обладает  $\Omega$ -знаниями, и теми, кто работает руками, используя инструкции из состава  $\lambda$ -знаний. Получали ли философы, алхимики и современные учёные сигналы о том, в чём нуждается общество, и были ли склонны реагировать на них? И напротив, имели ли ремесленники, крестьяне, мореплаватели и врачи доступ к  $\Omega$ -знаниям, а если нет, могли ли они получить совет у тех, кто имел такой доступ, или нанять этих людей?

Наконец, четвёртый сигнал — это распространение инноваций: даже если осуществлён перевод  $\Omega$  в  $\lambda$  и сделано изобретение, будет ли оно освоено? В главе 6 шла речь об институте<sup>8</sup>, которым является часто наблюдаемое социальное и политическое сопротивление со стороны тех групп общества, что могут оказаться в проигрыше из-за применения новой технологии или по той или иной причине испытывают к ней неприязнь. Институты определяют, добьются ли эти группы успеха и пойдёт ли общество на

<sup>8</sup> В главе 6 «The Political Economy of Knowledge» («Политическая экономия знаний») Дж. Мокир рассуждает об институциональной структуре общества; она включает правила, в соответствии с которыми в обществе принимаются решения о признании или отрицании того или иного изобретения. — *Примеч. ред.*

риск — примет ли опасность ввержения в хаос творческого разрушения. Однако значение имеют и другие факторы, издавна служившие предметом обширных дискуссий среди историков-экономистов. Например, всегда ли найдётся достаточно предпринимателей, готовых взять на себя инициативу и пойти на риск освоения новой технологии? А если такие люди есть, то способны ли они контролировать ресурсы, необходимые для того, чтобы данная технология работала должным образом? Предоставляют ли рынки капитала необходимый венчурный капитал, а рынки труда — необходимые дополнительные навыки?

Технологические достижения Запада в течение последних трёх столетий позволяют дать, по крайней мере, осторожный ответ на эти вопросы. Историки способны проследить социальные и физические связи между людьми, изучавшими природные явления, и теми, кто применял эти технологии на практике и добивался их работоспособности. Знания должны перетекать от тех, кто разбирается в явлениях окружающего мира, к тем, кто делает вещи, из которых состоит этот мир. Подобное распространение знаний может принимать всевозможные формы — от лекций, философских обществ и энциклопедий XVIII века до современных двухгодичных колледжей и Интернета. Однако должны существовать институты, способствующие этому процессу.

Хорошо это или плохо, но история приращения полезных знаний — это история элиты: число людей, внёсших вклад в множество утвердительных и предписывающих знаний, было невелико, даже если учитывать многочисленных экспериментаторов, философов, потенциальных изобретателей и проницательных механиков, не оставивших своего следа в истории вследствие того, что в книге  $\lambda$ -знаний они отметились лишь коротенькими фразами. Рост производительности по большей части обеспечивался мелкими постепенными усовершенствованиями, делавшимися анонимными механиками и инженерами, которые изыскивали возможности к тому, чтобы чуть-чуть исправить инструкции и слегка повысить эффективность той или иной технологии. Покорение природы, как отмечал Роберт Гук (см. эпиграф к данной книге), будет осуществлено «кортесовской армией» (подобной тому отряду, с которым Эрнандо Кортес в 1519 г. покорил Мексику) — организованным и дисциплинированным, но не обязательно очень крупным соединением (цит. по: [Hunter 1989: 223, document C]). Человеческий капитал имеет большое значение для технического прогресса, но измерение его через простой подсчёт совокупного числа людей, получивших общее и техническое образование, может оказаться бессмысленным. Существенно лишь то, какие знания имелись у немногих ключевых фигур, как они получили эти знания и что с ними делали.

Новая теория роста обозначает явную взаимосвязь между техническими изменениями и инвестициями в накопление знаний посредством человеческого капитала и R&D<sup>9</sup>. Сейчас мы можем заново оценить этот подход в смысле его способности к объяснению прошлого. Идея о «кортесовской армии» означает, что лишь человеческий капитал, инвестированный в относительно небольшую элиту, имеет значение при создании информационной основы технического прогресса. Иными словами, технические достижения определяются не столько объёмами человеческого капитала, сколько его распределением и тенденцией образовательной системы к тому, чтобы обучать людей не только техническим навыкам, но и последующей способности получать знания и усваивать их, а затем применять творческим образом.

Средний уровень человеческого капитала более важен в сфере применения и внедрения новых технологий, то есть в сфере того, что я называю «компетенция». Написана обширная литература на тему о том, повышают ли технические изменения спрос на навыки или нет. Однако даже в этом отношении далеко не очевидно, важно ли то, что знает *средний* работник. В конце концов, для хозяйственной единицы, осваивающей ту или иную технику, — будь то ремесленник, крупное промышленное предприя-

<sup>9</sup> Research & Development (англ.) — *досл.* исследования и разработки; подразделения компаний, занимающиеся научно-исследовательской работой, апробацией и внедрением экспериментальных разработок. — *Примеч. ред.*

тие или домохозяйство — не обязательно знакомство с эпистемной основой данной техники. Все, что от этой единицы требуется, — выполнять правила и инструкции, из которых состоят предписывающие знания. Эта компетенция обычно намного более узка, чем знание эпистемной основы. С усложнением оборудования, являющегося воплощением новой технологии, все в большей степени становится возможным передавать компетенцию в сферу средств производства и сырья и упрощать компетенцию, необходимую для выполнения инструкций. Более того, на крупных промышленных предприятиях, которые мы здесь называем фабриками, существовало разделение труда: знаниями, связанными с этой компетенцией, могли обладать лишь немногочисленные специалисты и управляющие; более крупной группе мастеров и механиков было достаточно некоторого уровня технической грамотности и навыков, а подавляющему большинству наёмных работников, выполнявших простые операции, почти не требовалось ничего: они могли ничего не знать, за исключением того, к кому обратиться, если что-то сломается. Природа фабричной системы обеспечивала лёгкий доступ к знаниям.

В XIX веке производство с использованием новых технологий в первую очередь основывалось на координации, дисциплине и контроле за массой рабочих, а не на их обучении чему-либо, кроме элементарной грамотности и счёта. На первый взгляд это не противоречит истории формирования гуманитарного капитала в прошлом. Первыми провели у себя индустриализацию отнюдь не те страны Европы, которые в начале XIX века отличались самой высокой грамотностью: судьба Скандинавских стран, Нидерландов и Пруссии в полной мере демонстрирует это. Обладание технической грамотностью на уровне, превышающем элементарный, было равносильно приобретению билета лотереи, призами в которой служило назначение на должность мастера, механика, инженера, бухгалтера или какого-либо другого специалиста. Из всего этого, конечно, не следует, что человеческий капитал не сыграл никакой роли в экономическом росте. Однако его роль в добыче полезных знаний, возможно, была более сложной, чем считают те экономисты, которые вычисляют его объём путём простого подсчёта лет, проведённых учениками в школе.

В какой степени технический прогресс был вынужденным, то есть реагировавшим на сигналы о нехватке и предпочтениях, подаваемые экономикой? Вернон Руттан фундаментально разобрал данный вопрос, сделав это настолько тщательно, насколько возможно [Ruttan 2001]. В ряде таких устоявшихся секторов, как сельское хозяйство, инженерное дело и металлургия, различия в издержках и факторах производства, несомненно, задавали направление технических изменений. Однако в данном случае речь идёт, скорее, о руле, чем о двигателе. По-видимому, приращение знаний само по себе обусловлено значительно менее податливыми силами. Руттан подробно описывает развитие компьютерной и полупроводниковой отраслей в последние десятилетия, однако не вполне понятно, на основании чего мы можем считать это развитие в каком-либо смысле вынужденным. Тем не менее, опираясь на концепцию исторической эволюции полезных знаний, изложенную в главе 1, мы можем выделить три различных механизма такого принуждения.

Во-первых, на приращение  $\Omega$  как такового могут оказывать влияние сигналы, задающие программу исследований. Если общество всерьёз озабочено вирусом бешенства или загрязнением атмосферы, оно изыщет возможности для того, чтобы направить чистые исследования в соответствующие сферы, а, допустим, не в сферу физики твёрдых тел. Одно любопытство при этом может быть недостаточно; соответствующее направление задаётся с помощью поощрений — как денежных, так и других. Подобная деятельность производится в рамках модели, названной Д. Стоксом «квадрант Пастера» [Stokes 1997]. Разумеется, если люди, занятые поиском  $\Omega$ -знаний, сами участвуют в превращении своих открытий в  $\lambda$ -знания, это смещение возникает почти автоматически.

Во-вторых, при наличии определённых  $\Omega$ -знаний цены и аналогичные сигналы побудят изобретателей, инженеров и техников к анализу уже известных утвердительных знаний в целях создания новых комбинаций, которые позволили бы решить насущные задачи и разработать новые технологии. Такого



рода положение дел Стокс называет квадрантом Эдисона, в рамках которого ведётся поиск путей применения уже существующих знаний, а не расширение самой эпистемной основы [Stokes 1997: 74]. По-видимому, именно активация неиспользуемых знаний из состава  $\Omega$  имеется в виду тогда, когда речь идёт о вынужденных инновациях, хотя в большинстве случаев грань между ними и вынужденным приращением  $\Omega$  провести затруднительно.

В-третьих, относительные цены и издержки определяют, какие элементы  $\lambda$  будут отобраны, то есть какие технологии будут использоваться (иными словами, что на самом деле производится и каким образом). В то время как с первого взгляда этот выбор представляет собой немногим больше, нежели стандартное замещение; сам процесс такого отбора тоже может влиять на направление технических изменений. С учётом того что опыт и обучение на рабочем месте очень часто приводят к «местному» усовершенствованию конкретных технологий (по крайней мере, до какой-то степени), подобный механизм в значительной мере объясняет явления, имеющие форму вынужденных инноваций [David 1975].

Однако приращение полезных знаний, подобно появлению новых форм жизни, во многом обладает независимостью, которая не может быть объяснена ссылками на спрос или совокупность факторов производства. Дэвид Юм со свойственной ему проницательностью отмечал в эссе «О прогрессе наук и искусств» («Of the Rise and Progress of the Arts and Sciences»), что прогресс познания именно из-за того, что он зависит от действий немногих людей, в большей мере определяется случайностями, нежели систематическими факторами. Развитие торговли объяснить гораздо проще, чем развитие наук и искусств, поскольку «любовь к знаниям» («*the love of knowledge*») встречается не очень часто. К этому Юм добавляет памятное примечание о том, что, пока есть покупатели книг, у вас не возникнет нужды в их продавцах, но при этом нередко имеются читатели при отсутствии авторов [Hume 1985: 113]. Полезные знания в большинстве случаев появляются прежде, чем люди сообразят, для чего они нужны. При этом по большей части такие знания взаимосвязаны и появляются на серийной основе — как следующий логический шаг, вытекающий из предыдущего открытия, или как сочетание более ранних знаний. Затем в действие вступают механизмы отбора, обеспечивающие принуждение. Однако выбор блюд из меню — проблема иного порядка, нежели вопрос о том, как это меню вообще было составлено и что в нем содержится. Приращение утвердительных знаний во многом задаётся орудиями и инструментами наблюдения и анализа, доступными в данный конкретный момент. В наши задачи не входит построение детальной эволюционной модели полезных знаний и техники, но подобные модели неоднократно предлагались в других работах [Saviotti 1996; Мокуг 1998; 2000].

Встаёт еще один вопрос: действительно ли ресурсы, выделяемые на R&D, каким-то образом непосредственно превращаются в новые полезные знания, как, по-видимому, предполагает новая теория роста. Новые полезные знания стоят дорого и требуют серьёзных инвестиций — намного больших, чем можно себе представить, исходя из одной лишь цены изобретения. Все эволюционные изменения по самой своей природе неизбежно *расточительны вследствие неопределённости, изначально заложенной в этот процесс* [Rosenberg 1996]. Впрочем, не всегда R&D в равной мере свойственна неопределённость. Вероятность успеха весьма высока в той мере, в какой исследования и разработки направлены на относительно мелкие изменения и рекомбинацию существующих знаний — на то, что мы называем *микроизобретениями*, когда значительную часть изначального риска можно предотвратить. Однако вследствие конечности эпистемной основы подобная работа со временем приведёт к снижению отдачи. Именно на этом этапе прибыль от R&D становится крайне нестабильной, а прогресс — непредсказуемым. Одно дело — изучать *существующий* корпус утвердительных знаний в поисках новых технических идей, и совсем другое — создавать этот корпус *de novo*<sup>10</sup>, пополняя множество  $\Omega$ -знаний новым, прежде неизвестным материалом.

<sup>10</sup> Занова (лат.). — Примеч. ред.

Технологии, задававшие основные достижения XIX и XX веков, во многих случаях являлись результатом терпеливых и дорогостоящих поисков, но из-за наличия большого количества шума в системе трудно определить, существовала ли чёткая или хотя бы монотонная зависимость между расходами на R&D и какими-либо показателями технического прогресса. Многое зависит от программы и интересов исследователей, уже существующих представлений и уровня неприятия риска у тех, кто контролирует их бюджет, а также от готовности общества в целом к согласию на радикальные изменения в производстве, предлагаемые новаторами. В любом случае значительная часть исследований, направленных на приращение  $\Omega$ , определяется политической повесткой дня. Крупные расходы на военную технику, гражданское строительство или исследование космоса дадут нам знания иного типа, чем те, которые приносит энтомология или геология.

Создание институтов, способствующих изобретениям, — задача непростая. Экономисты, как правило, полагают, что агенты реагируют на экономические стимулы. Некоторые наиболее удачные недавние исследования в сфере экономической истории технических изменений фокусируются на работе патентной системы как механизма по охране прав собственности на изобретения. В нескольких проницательных статьях Кеннет Соколофф и Зорина Хан показали, что для американской системы патентов характерны многие черты рыночной системы: изобретатели реагировали на условия спроса, делали всё возможное для гарантии прибыли от своих изобретений и, по видимости, рациональным образом производили покупку и продажу лицензий. Эта система была доступной, открытой, дешёвой в использовании и привлекала как профессиональных изобретателей и всевозможных чудаков, так и обычных ремесленников и фермеров [Khan, Sokoloff 1993; 1998; 2001; Khan 2002].

Остаётся открытым вопрос о том, следует ли из этого различия то, что исправно функционирующая система прав на интеллектуальную собственность действительно необходима для приращения полезных знаний. Во-первых, американская система была намного более удобной для пользователей, чем британская патентная система до её реформы в 1852 г. Однако, несмотря на очевидное превосходство американской системы и соответственно более высокую склонность американцев к получению патентов, не может быть особых сомнений в том, что период 1791–1850 гг. приблизительно совпадает с эпохой полного превосходства Британии в изобретательской сфере. Время возмраставшего американского технического лидерства после 1900 г. было отмечено стагнацией, а затем и снижением числа патентов на душу населения в Америке. Относительно более привлекательными стали другие способы получения дохода от R&D. Как показал Ч. Маклеод, в Великобритании патентная система обеспечивала изобретателям лишь слабую и хаотичную защиту, не распространяясь на обширные сферы инноваций [MacLeod 1988]. Патенты ассоциировались с коммерциализацией и распространением торгашеского духа, однако их точная связь с техническим прогрессом по-прежнему не выяснена<sup>11</sup>. Порой забывают о том, что патенты, перемещая техническую информацию в публичную сферу, тем самым снижали стоимость доступа к знаниям. Изобретатели, знакомясь с тем, что сделали другие, осознавали новые возможности и получали стимул к применению полученных таким образом знаний в других областях, не охваченных патентами<sup>12</sup>. В США списки новых патентов, публиковавшиеся с 1845 г. в журнале «Scientific American», пользовались большим спросом. Несмотря на ограничения, накладывавшиеся

<sup>11</sup> По сути, экономисты утверждали, что в странах, относительно отсталых технически, жёсткая патентная система в целом может препятствовать экономическому благополучию (резюме этих взглядов см.: [Lerner 2000]). Хилэр-Перес в ином контексте показала, каким образом различные системы поощрения изобретений в Европе XVIII века соответствовали изобретательской деятельности: если во Франции государство играло активную роль, выдавая привилегии и назначая пенсии тем изобретателям, которых Французская академия сочла достойными этого, то в Великобритании государство вело себя более пассивно, оставляя награждение удачливых изобретателей на волю рынка [Hilaire-Pérez 2000]. Эти системы воплощались непоследовательно (некоторым британским изобретателям, которым по той или иной причине не удалось компенсировать свои издержки с помощью патентов, выплачивались специальные премии) и, как показывает Хилэр-Перес, оказывали друг на друга влияние.

<sup>12</sup> Информационная роль патентной системы является темой исследований Росса Томсона (Ross Thomson); благодарю профессора Томсона за полезные дискуссии по этому вопросу.

патентами на использование изобретений, патенты снижали стоимость доступа к воплощённым в них знаниям. Эта функция патентной системы, очевидно, была полностью реализована в 1770-х гг. Полное описание патентов предназначалось для информирования публики. В Великобритании оно было введено по решению верховного судьи лорда Мэнсфилда, в 1778 г. издавшего постановление о необходимости делать спецификации достаточно точными и подробными с тем, чтобы человек с техническим образованием мог получить полное представление об изобретении. В Нидерландах, где патентование существовало с 1780-х гг., от практики спецификаций отказались в середине 1630-х гг., но возродили её в 1770-е гг. [Davids 2000: 267].

По меньшей мере в двух странах — в Нидерландах и Швейцарии — полное отсутствие системы патентов во второй половине XIX века, по-видимому, никак не повлияло на темпы технического прогресса [Schiff 1971]. Разумеется, эти небольшие страны могли жить и в самом деле жили, без труда пользуясь техническими достижениями других стран, и делать вывод о ненужности патентов на основе голландского и швейцарского опыта было бы ошибкой. Кроме того, представляется правдоподобным, что получение патентов и создание новых технологий частично могут быть объяснены обратной причинно-следственной связью: те страны, в которых существовали прочные и доступные мосты между людьми науки и фабрикантами, испытывали относительно бóльшую потребность в защите плодов этих контактов. Лернер показывает, что богатые и демократические экономики в целом обеспечивают более обширную защиту патентов [Lerner 2000]. Таким образом, возможная причинно-следственная связь идёт от технических достижений к доходам, а от них — к институциональным изменениям, а не от институтов к техническим достижениям, как полагают Хан и Соколофф. Вполне возможно, что Авраам Линкольн был прав, сказав, что патентная система «подливает в огонь гениальности топливо заинтересованности» (цит. по: [Khan, Sokoloff 2001: 12]), но это утверждение лишь подтверждает мысль о необходимости хоть как-то ответить на вопрос о том, как этот огонь вообще удалось зажечь.

Широко признается роль институтов, содействующих созданию новых технологий. В числе таких институтов называются относительная лёгкость входа в отрасль и выхода из неё, наличие венчурного капитала в той или иной форме, снижение неопределённости благодаря гарантированному спросу на новый товар или технологию (военные заказы, например), существование учреждений, координирующих и стандартизирующих развитие новых технологий, и «вращающиеся двери»<sup>13</sup> между производственной сферой и организациями, специализирующимися на получении  $\Omega$ -знаний, — такими как университеты и научно-исследовательские институты. Однако за этими институтами и теми изобретениями, которые ими стимулируются, лежат служащие для них основой утвердительные знания. Приращение этих знаний открывает ту дверь, через которую экономические стимулы и рынки продвигают общество вперёд. Но если дверь закрыта, то любые стимулы к инновациям окажутся бесполезны. Нам известны примеры коммерческих, предпринимательских и даже капиталистических обществ, не сделавших почти никаких важных технических достижений просто потому, что использовавшиеся ими технологии опирались на узкую эпистемную основу, а утвердительные знания, являвшиеся источником этой основы, не расширялись. Поскольку расширение этих знаний было дорогостоящим и порой пагубным для общества занятием, те агенты, которые осуществляли контроль за реально требовавшимися для этого ресурсами (будь то богатые покровители-аристократы или налогоплательщики из рядов среднего класса), отнюдь не всегда выказывали соответствующую политическую волю. Впрочем, объем ресурсов, выделяемых на R&D, не более важен, чем вопрос о том, как и на что они расходуются и насколько полученные при этом знания доступны для потенциальных пользователей.

В данной книге мы выдвигаем положение о том, что полезные знания имели значение. Не будет ни либеральной глупостью, ни наивностью считать, что вызванное ими ускорение экономического роста

<sup>13</sup> Практика «вращающихся дверей» (*revolving door*) связана с изменением статуса и роли индивида; например, человек повышает свой статус, работая в госструктурах, затем уходит в бизнес, где зарабатывает деньги, и вновь возвращается во власть. — *Примеч. ред.*

после 1750 г. повлияло на мир в большей степени, чем все прочие социальные и политические изменения, вместе взятые. Процветание XX века укоренено в Промышленных революциях XIX века, но те состоялись благодаря интеллектуальным изменениям, которые принесло с собой предшествовавшее им Просвещение. В создании мира, где полезные знания *использовались* с такой решительностью и целенаправленностью, каких не знало ещё ни одно общество, и заключался уникальный западный подход, породивший современный материальный мир. Именно эти полезные знания отворили дверь к процветанию и широко распахнули её, как заметил С. Кузнец (Simon Kuznets)<sup>14</sup>. В эту дверь одна за другой стали входить страны — сперва нерешительно, медленно, даже неохотно. Но после того, как Великобритания сделала первые шаги к своей грандиозной цели, её примеру последовали другие. Те, кто пошёл на это, приобщились к богатству и комфорту, превосходящему всякое воображение. В конечном счёте стремление к этим благам превратилось в лихорадочную гонку, затронувшую, правда, не всех. Даже сегодня сопротивление и опасения перед техникой велики, однако современный мир институционально устроен так, что упрямы, отвергающие современную технику или не способные освоить её, в конце концов будут вынуждены передумать и тем или иным образом тоже преодолеть дверной проём.

Из всего этого вовсе не следует, что приращение полезных знаний ведёт нас к безусловному счастью. Дары Афины бывают разными: царю Кекропу она преподнесла оливковое дерево, однако Троя получила от неё деревянного коня, из-за которого в итоге и погибла. Техника даёт людям силу, позволяющую эксплуатировать природу, но не определяет, каким образом и для чего они это делают. Если XX век и научил нас чему-либо, так это тому, что проявления людской глупости, нетерпимости и эгоизма отнюдь не сократились вместе с ростом технического могущества. Как заметил Фрейд в «Будущем одной иллюзии» («Die Zukunft einer Illusion»), «если в деле покорения природы человечество шло путём постоянного прогресса и вправе ожидать ещё большего в будущем, то трудно констатировать аналогичный прогресс в деле упорядочения человеческих взаимоотношений...»<sup>15</sup>.

## Литература

- Bakker M. S. C. 1995. Beheerst Innoveren. In: Lintsen H. (ed.). *Geschiedenis van de Techniek in Nederland*. 6; 69–89.
- Baumol W. J. 1993. *Entrepreneurship, Management, and the Structure of Payoffs*. Cambridge, MA: MIT Press.
- David P. A. 1975. *Technical Choice, Innovation and Economic Growth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Davids K. 2000. Patents and Patentees in the Dutch Republic between c. 1580 and 1720. *History and Technology*. XVI: 263–283.
- Fox R., Guagnini A. 1999. *Laboratories, Workshops and Sites: Concepts and Practices of Research in Industrial Europe, 1800–1914*. Berkley: University of California.
- Jones E. L. 2002. *The Record of Global Economic Development*. Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar.

<sup>14</sup> В первой главе Дж. Мокир отсылает читателей к работе С. Кузнец, в которой представлены рассуждения о полезных знаниях как источнике современного экономического роста [Kuznets 1965: 85–87]. — *Примеч. ред.*

<sup>15</sup> Перевод В. Бибихина; см.: Фрейд З. 1989. Будущее одной иллюзии. В кн.: *Сумерки богов*. М.: Изд-во политической литературы; 96. — *Примеч. ред.*



- Hilaire-Pérez L. 2000. Technical Invention and Institutional Credit in France and Britain in the 18th Century. *History and Technology*. 16 (3): 285–306.
- Hunter M. 1989. *Establishing the New Science: The Experience of the Early Royal Society*. Woodbridge: Boydell Press.
- Hume D. 1985 (1742). Of the Rise and Progress of the Arts and Sciences. In: Miller E. F. (ed.). *David Hume: Essays, Moral, Political, and Literary*. Indianapolis: Liberty Fund; 111–137.
- Khan B. Zorina. 2002. «*The Fuel of Interest*»: *Patents and Copyrights in American Economic Development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Khan B. Zorina, Sokoloff K. L. 1993. «Schemes of Practical Utility»: Entrepreneurship and Innovation among «Great Inventors» During Early American Industrialization, 1790–1865. *Journal of Economic History*. 53 (2): 289–307.
- Khan B. Zorina, Sokoloff K. L. 1998. Patent Institutions, Industrial Organization, and Early Technological Change: Britain and the United States. In: Berg M., Bruland K. (eds). *Technological Revolutions in Europe*. London: Edward Elgar; 292–313.
- Khan B. Zorina, Sokoloff K. L. 2001. The Early Development of Intellectual Property Institutions in the United States. *Journal of Economic Perspectives*. 15 (3): 233–246.
- Kranakis E. 1989. Social Determinants of Engineering Practice: A Comparative View of France and America in the Nineteenth Century. *Social Studies of Science*. 19 (1): 5–70.
- König W. 1996. Science-Based Industry or Industry-Based Science? Electrical Engineering in Germany before World War I. *Technology and Culture*. 37 (1): 70–101.
- Kuznets S. 1965. *Economic Growth and Structure*. New York: W. W. Norton.
- Landes D. 1998. *The Wealth and Poverty of Nations: Why Some are So Rich and Others So Poor*. New York: W. W. Northon.
- Lerner J. 2000. *150 Years of Patent Protection*. NBER Working Papers 7478. National Bureau of Economic Research, Inc.
- MacLeod Ch. 1988. *Inventing the Industrial Revolution: The English Patent System, 1660–1800*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mokyr J. 2002, forthcoming. King Kong and Cold Fusion: Counterfactual Analysis and the History of Technology. In: Tetlock Ph., Lebow N., Parker G. (eds.). *Counterfactual Analysis in History and the Social Sciences*.
- Mokyr J. 1998. *Science, Technology, and Knowledge: What Historians can Learn from an Evolutionary Approach*. Working Papers on Economics and Evolution. № 98-03. Jena, Ger.: Max Planck Institute for Research into Economic Systems.

- Mokyr J. 2000. Innovation and Selection in Evolutionary Models of Technology: Some Definitional Issues. In: Ziman J. (ed.) *Technological Innovation as an Evolutionary Process*. Cambridge: Cambridge University Press; 52–65.
- Murphy K. M., Shleifer A., Vishny R. W. 1991. The Allocation of Talent: Implications for Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. CVI: 503–530.
- North D. 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Pomeranz K. 2000. *The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy*. Princeton: Princeton University Press.
- Rosenberg N. 1996. Uncertainty and Technological Change. In: Fuhrer J., Little C., Sneddon J. (eds). *Technology and Growth. Conference Series*. 40: 91–110.
- Rosenberg N. 1998. Technological Change in the Chemicals: The Role of University-Industry Relationships. In: Arora A., Landau R., Rosenberg N. (eds). *Chemicals and Long-Term Economic Growth*. New York: John Wiley; 193–230.
- Ruttan V. W. 2001. *Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective*. New York; Oxford: Oxford University Press.
- Saviotti P. 1996. *Technological Evolution, Variety and the Economy*. Cheltenham; Brookfield: Edward Elgar.
- Schiff E. 1971. *Industrialization without National Patents: The Netherlands, 1869–1912; Switzerland, 1850–1907*. Princeton: Princeton University Press.
- Stokes D. E. 1997. *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Washington, DC.: Brookings Institution Press.