

В. Д. Орехов, О. С. Причина

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИННОВАТИКИ

МОНОГРАФИЯ

Москва
Знание-М
2022

УДК 608.1: 330.4(035.3)

ББК 65

О-63

Авторы:

Орехов Виктор Дмитриевич — кандидат технических наук, директор НОЦ «Управление инновациями», Международный институт менеджмента ЛИНК;

Причина Ольга Сергеевна — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической теории и мировой экономики, университет «Синергия»

Редактор

Орехов Виктор Дмитриевич — кандидат технических наук, директор НОЦ «Управление инновациями», Международный институт менеджмента ЛИНК

Рецензенты:

Косорукова Ирина Вячеславовна — доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой, университет «Синергия»;

Теслинов Андрей Георгиевич — доктор технических наук, профессор, генеральный директор научно-консалтинговой группы «DBA-concept»

Орехов, Виктор Дмитриевич.

О-63 Экономико-математическое моделирование процессов управления в области инноватики : монография / В. Д. Орехов, О. С. Причина ; под ред. В. Д. Орехова. — Москва : Знание-М, 2022. — 218 с.

ISBN 978-5-00187-180-4

DOI 10.38006/00187-180-4.2022.1.219

Посвящена разработке экономико-математических моделей в области управления инновациями, которая рассматривается как необходимый компонент реализации инновационной политики. Раскрываются прикладные аспекты механизма управления инновациями с учетом факторов, влияющих на возникновение технологических революций, в частности, количество явных знаний человечества, направления публикаций в научных журналах, спрос на востребованность инновационных продуктов, выгоды и движущие силы различных революций. Значительное внимание уделено анализу эффективности работы исследовательских групп. С использованием когнитивных методов изучены социально-экономические системы, включающие в себя инновационную деятельность. Показано, что изобретения являются важным компонентом явных знаний человечества и составляют порядка половины годового прироста его количества. Проанализированное научное направление медико-биологических исследований выступает одним из доминантных факторов в векторном прогнозировании очередной технологической революции, при этом движущие силы киберфизической системы представляются более мощными составляющими научно-технического прогресса. Предложена модель международного инновационного процесса, адекватная условиям глобализации общества и экономики знаний.

Адресована научно-педагогическому составу высших учебных заведений, аспирантам, магистрантам для использования в качестве дополнительного источника при изучении вопросов инновационной экономики. Результаты исследований будут полезны при разработке стратегических программ и механизмов инновационного развития.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 19-29-07328.

УДК 608.1:330.4(035.3)

ББК 65

ISBN 978-5-00187-180-4

© Орехов В. Д., Причина О. С., 2022
© Макет, оформление, Знание-М, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Глава 1. Технологические революции.....	9
1.1. Обзор по тематике технологических революций	10
1.2. Периодичность технологических революций	13
1.2.1. Анализ датировки технологических революций.....	13
1.2.2. Математический анализ датировки технологических революций	15
1.3. Пары технологических революций.....	17
1.3.1. Содержание технологических эпох	17
1.3.2. Экспоненциальная эволюция в пределах технологических эпох	21
1.4. Профиль технологических волн	26
Глава 2. Знания как базис инноваций.....	31
2.1. Подходы к трактовке понятия «знание»	31
2.1.1. На пути к экономике знаний	31
2.1.2. Определения концепции «знание»	33
2.1.3. Соотношение понятий «данные», «информация» и «знание»	34
2.1.4. Явное и неявное знания.....	37
2.2. Процесс познания	39
2.2.1. Знание с точки зрения системного подхода.....	39
2.2.2. Виды знания в процессе познания	41
2.2.3. Научные парадигмы и создание знания	43
2.3. Измерение количества знаний	45
2.3.1. Измерение различных типов знания	45
2.3.2. Измерение явного знания на основе библиотечных фондов	47
2.3.3. Связь количества явных знаний и публикационной активности.....	54
2.3.4. Измерение неявного знания	59
2.4. Связь технологических революций с ростом количества знаний	60
2.4.1. Оценка роста знания между технологическими революциями.....	60
2.4.2. Причины технологических революций.....	61
Глава 3. Анализ направлений научного развития.....	65
3.1. Прогнозирование тематики технологической революции с использованием анализа базы научных журналов SCImago JR	65
3.1.1. Обзор методов и технологий прогнозирования	67
3.1.2. Методика исследования.....	70

3.1.3. Результаты анализа базы SCImago JR	76
3.1.4. Перспективы лидерства в технологической революции	87
3.1.5. Анализ публикации статей в базе SCImago JR.....	95
3.2. Прогнозирования тематики технологической революции на основе востребованности инновационных продуктов.....	98
3.2.1. Методика исследования востребованности продуктов	99
3.2.2. Исследование востребованности инновационных продуктов	100
3.2.3. Анализ востребованности профессий будущего.....	106
3.3. Прогнозирование на основе анализа сил, определяющих инновационное развитие.....	109
3.3.1. Соотношение сил за различные технологические революции	110
3.3.2. Опрос о соотношении сил за различные революции	112
Глава 4. Роль инноваций и НИОКР в экономической динамике	119
4.1. Исследование эффективности командной работы в сфере НИОКР.....	119
4.1.1. Образовательная экспонента и командная работа	119
4.2. Исследование эффективности командной работы в сфере НИОКР.....	124
4.2.1. Модель эффективности труда НИОКР-команд	126
4.2.2. Метод исследования эффективности работы R&D-команд	128
4.2.3. Апробация метода исследования эффективности работы групп	134
4.3. Исследование эффективности командной работы в сфере НИОКР.....	140
4.3.1. Результаты исследования эффективности командной работы.....	141
Глава 5. Когнитивное моделирование социально-экономической системы, включающей в себя инновационную деятельность	146
5.1. Когнитивное моделирование взаимодействия инновационной деятельности со СТЕР-факторами на примере России	146
5.1.1. Методика исследования.....	147
5.1.2. Определение ключевых факторов эффективной трудовой деятельности	148
5.1.3. Когнитивное моделирование статического состояния системы.....	152
5.1.4. Когнитивное моделирование динамического развития системы	157
5.1.5. Влияние отдельных управляющих концептов на динамику системы.....	162
5.2. Когнитивное моделирование управления эффективностью научного труда,	168
5.2.1. Определение ключевых концептов НИОКР-деятельности.....	169
5.2.2. Формирование и оценка когнитивной матрицы.....	174
5.2.3. Моделирование динамического поведения системы.....	177

Глава 6. Отдельные модели в области инноватики.....	182
6.1. Экстернальные эффекты и инновационная деятельность	182
6.1.1. Исследование экстернальных эффектов при взаимодействии инноватики и образования	182
6.1.2.Методика исследования зависимости ВВП от уровня образования	184
6.1.3. Зависимость ВВП на душу населения от образования	187
6.1.4. Распределение доходов и затрат при реализации инноваций.....	191
6.1.5. Распределение доходов от инноваций в образовательной организации.....	193
6.2. Международный инновационный процесс	198
Основные выводы по работе.....	204
Литература	207

ВВЕДЕНИЕ

Инновационная деятельность относится к одному из наиболее сложных творческих процессов, которые осуществляет человек в сфере познания и преобразования реальности. Поэтому он характеризуется высоким уровнем непредсказуемости результатов деятельности. Ряд авторов считает, что управление инновациями аналогично управляемому хаосу¹ и не поддается управлению алгоритмическими способами².

В связи с этим высокую значимость имеют те аспекты инновационной деятельности, по которым можно получить математические или системные модели (например, в виде схем или когнитивных моделей). В данной работе рассмотрен ряд направлений построения таких экономико-математических моделей управления в области инноватики, по которым уже получены значимые результаты и которые могут получить дальнейшее развитие.

Одно из таких направлений касается связи инноваций со знаниями. По мере роста объема явных знаний человечества изменяются и подходы к инновационной деятельности. В свою очередь количество знаний связано с численностью человечества. Период быстрого роста числа людей в XXI веке ознаменовался феноменальным количеством новых изобретений. Но, по мере торможения темпов роста человечества³, стали снижаться и темпы роста знаний⁴, что влияет и на инновационную деятельность. В частности, по утверждению Дж.А. Хюбнера, количество крупных изобретений за год, деленное на численность населения Земли, уменьшается после 1915 года⁵.

Другим аспектом инновационной деятельности являются технологические революции. Согласно теории длинных волн Н.Д. Кондратьева⁶, их продолжительность составляет 50–60 лет. Однако, согласно последним исследованиям, отмечается, что со временем продолжительность технологических эпох сокращается. Поэтому важно более детально исследовать цикличность технологических революций, поскольку содержание инновационной деятельности существенно меняется в связи с изменениями технологических эпох. Актуальность изучения технологических революций также связана с тем, что, ориентировочно после 2008 года, прогнозировалось наступление новой технологической революции⁷.

¹ Quinn, J.V. (1986) Innovation and corporate strategy: managed chaos. Technology and the Modern Corporation: a Strategic Perspective. Horwich, M. (ed). Oxford, Pergamon Press.

² Runciman, W.G. (1998) The Social Animal, London, Harper Collins.

³ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012. — С. 79.

⁴ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: монография. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

⁵ Huebner, J. A. Possible Declining Trend for Worldwide Innovation, Technological Forecasting & Social Change, 72(8):988–995 Elsevier Inc., 2005. P. 982.

⁶ Kondratiev N.D. Big cycles of conjuncture // Questions of conjuncture. — 1925. — T. I. — Issue. one.

⁷ Silbergliitt R., Anton P.S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation.

Однако вопрос о ее содержании до сих пор остается открытым, несмотря на активную пропаганду со стороны представителей Всемирного экономического форума⁸ концепции киберфизической революции. Первая кибернетическая революция произошла в далеком 1960 году, когда создавались первые микрочипы⁹ и суперкомпьютеры. С тех пор производительность компьютеров увеличилась в миллиарды раз. Уместно ли в этом случае возрождать идею очередной кибернетической революции? С точки зрения промышленного капитала это превосходная идея, но для всего человечества вряд ли.

Нужно отметить, что сами технологические революции происходят относительно незаметно, и лишь через 10–20 лет они превращаются в мейнстрим. На завершающей стадии технологической эпохи, которая характеризуется экспоненциальным ростом ключевого показателя эпохи (мощность паровых двигателей¹⁰, производство электроэнергии, число транзисторов на микросхеме), мощность новых технологий становится подавляющей. В этих условиях сложно заметить ростки нового. Однако в настоящее время уже трудно не заметить быстрый научный рост в области медико-биологических технологий¹¹, который многократно опережает объем научных исследований¹² в области кибернетики и искусственного интеллекта¹³.

Еще одно важное направление исследований связано с тем, как происходит инновационная деятельность и к каким результатам она приводит. В частности, интересны возможности управления продуктивностью инновационной деятельности за счет работы синергетических групп специалистов высшей категории. Исследования в данной области проводились как путем опроса специалистов таких групп¹⁴, так и методом когнитивного моделирования^{15, 16}.

⁸ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.

⁹ Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Electronics, pp. 114–117, April 19, 1965.

¹⁰ Nicholas Crafts. Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. The Economic Journal. Vol. 114, No. 495 (Apr., 2004), pp. 338–351.

¹¹ Grinin L., Grinin A., Korotayev A.A. (2020). Quantitative analysis of worldwide long-term technology growth: From 40,000 BCE to the early 22nd century. Technological Forecasting and Social Change, Volume: 155. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.119955

¹² Scimago Journal & Country Rank. 2019. URL: <https://www.scimagojr.com/journalrank.php?year=019&area=2400>

¹³ Блинникова А.В., Орехов В.Д., Андрющенко Г.И. Исследование генезиса, направлений реализации и дат технологических революций во взаимосвязи с развитием человеческого капитала. Московский экономический журнал. 2022. № 2. — С. 500–531. doi: 10.55186/2413046X_2022_7_2_86 <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-2-2022-20/>

¹⁴ Причина О.С., Орехов В.Д., Есипова Э.Ю. Закономерности трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда. Социальная политика и социология. 2017. Т. 16. № 6 (125). С. 25–35. URL: https://rgsu.net/netcat_files/multifile/5219/3/SP_6_2017_V_PeChAT_.pdf

¹⁵ Shinkareva Olga V., Orekhov Viktor D., Soloduha Peter V., Prichina Olga S., Gizyatova Aliya Sh. Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managing the Performance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET). Volume 9, Issue 13, December 2018, pp. 303–317.

¹⁶ Орехов В.Д., Лютова Т.В., Панфилова Е.А. Когнитивное моделирование процессов трудовой деятельности в области НИОКР. М., Юр-БАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2019. № 1. С. 88–94. <http://www.urvak.ru/journals/problemy-ekonomiki-i-yuridiche/12842/>

Методы когнитивного моделирования позволяют также понять место инноваций в процессах социально-экономического развития общества. В частности, активизация инновационной деятельности оказывается одним из наиболее эффективных инструментов положительного влияния на рост ВВП на душу населения.

В работе также исследован ряд других моделей, связанных с управлением инновационной деятельностью. В частности, предложена модель международного инновационного процесса, адекватная условиям глобализации и экономики знания. Исследовано влияние инноваций на возникновение экстерналий доходов.

ГЛАВА 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕВОЛЮЦИИ

Инновационная деятельность тесно связана с технологическими революциями. Каждая новая революция происходит на базе длительного развития новой технологии, которое завершается созданием ключевого изобретения в данной области, а затем и новой технологической парадигмы¹⁷ — модели лучшей деловой практики в новых условиях. После начала новой технологической эры следует взрывной рост новых изобретений в этой отрасли, который постепенно истощается, и изобретения в данной сфере становятся, в основном, тривиальными.

Основные результаты, изложенные в данном разделе, продолжались и дополнялись на протяжении восьми лет и опубликованы за это время в ряде работ^{18, 19, 20}.

Одним из основных факторов экономической динамики являются технологические революции, в ходе которых происходит трансформация мировой промышленности на основе качественно новой технологии. Эта трансформация сопровождается глобальным экономическим кризисом и следующим далее подъемом деловой активности. Достаточно часто эти кризисы выливаются в ожесточенные военные столкновения, вплоть до мировых войн.

Начавшийся в 2008 году экономический кризис и современное состояние мировой экономики можно воспринимать как индикаторы наступления технологической революции. Однако ряд феноменов, которыми сопровождается эта технологическая трансформация, дают противоречивые сигналы относительно направленности данной технологической революции.

В частности, прогнозируемый рядом авторов киберфизический характер очередной революции противоречит логике принципиальной новизны направления технологической трансформации, поскольку революция кибернетического (информационного) типа началась около 60 лет назад. Предыдущие технологические эпохи (пары волн Кондратьева) отличались друг от друга радикально. Они различались даже по используемой рабочей субстанции: знания, пар, электричество, информация. В этом ряду более уместной следующей субстанцией представляется — биологическая ткань.

¹⁷ Perez C. (2002) *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.

¹⁸ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

¹⁹ Причина О.С., Орехов В.Д., Горшенин В.П. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции. Проблемы экономики и юридической практики. № 6, 2017. М., Юр-ВАК.

²⁰ Блинникова А.В., Орехов В.Д., Андрющенко Г.И. Исследование генезиса, направлений реализации и дат технологических революций во взаимосвязи с развитием человеческого капитала. Московский экономический журнал. 2022. № 2. — С. 500–531.

Важной проблемой является то, что многие авторы предлагают принципиально различные механизмы, движущие технологические революции, но убедительные доказательства того, какие из них действуют в реальности, отсутствуют.

Для России очень важно правильно понимать направленность очередной технологической революции и силы, которые ее инициируют, чтобы не отстать от происходящих в мире изменений и обеспечить человеческому капиталу страны возможность эффективного приложения своих творческих способностей.

Целью исследования в данном разделе является изучение генезиса и направлений реализации технологических революций во взаимосвязи с развитием человеческого капитала — генератором инноваций.

1.1. Обзор по тематике технологических революций

Одну из первых теорий циклической экономической динамики разработал Н.Д. Кондратьев²¹, который ввел понятие «длинных волн», имеющих продолжительность 50–60 лет. Он также отметил, что на завершающем этапе понижительной стадии волны наблюдается активизация внедрения инноваций. Развивая это наблюдение, J.A. Schumpeter²² указал, что именно инновации придают активность циклической динамике и важную роль играют предприниматели, которые реализуют наиболее плодотворные инновации в сочетании с имеющимися факторами производства.

В начале 70-х годов G. Mensch²³ показал, что в развитии экономики регулярно возникает патовая ситуация, выход из которой не реализуется в рамках существующих технологий. Согласно его теории, каждая длинная волна имеет вид S-образной кривой, характеризующей жизненный цикл технологического способа производства. Период перехода к новому способу производства он именует технологическим патом. Затем следует относительно короткий период технологической революции, а за ним следует длительный эволюционный период роста. G. Mensch разделил инновации на базисные, формирующие новые технологические сегменты, на улучшающие, которые возникают при реализации базисных, и псевдоинновации. G. Mensch утверждает, что преодоление кризиса и следующий период экономического подъема начинаются именно с базисных инноваций.

C. Freeman²⁴ ввел понятия национальной инновационной системы. Он отмечал важную роль государственных инвестиций в создании инфраструктуры и реализации

²¹ Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. — 1925. — Т. I. — Вып. 1.

²² Schumpeter J.A. A Theorist's Comment on the Current Business Cycle. *Journal of the American Statistical Association* V.30 (189), 1935.

²³ Mensch, Gerhard: *Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression*. Frankfurt a.M. 1975.

²⁴ Freeman, C. (1987). *Technology, Policy, and Economic Performance: Lessons from Japan* (pp. 44–45). London: Pinter Publishers.

институциональных изменений, открывающих возможность распространения новых технологий, и в подготовке работников новых специальностей. Он также акцентирует внимание на том, что важнейшую роль в экономическом развитии играют человеческий капитал и накопленные знания.

С. Perez²⁵ детально проанализировала взаимосвязь длинных волн и финансовых кризисов. Детализируя понимание волн развития, она выделяет в их структуре период становления, включающий в себя этапы внедрения и агрессии, и период развертывания с этапами — синергия и зрелость. Рождение волны начинается с «большого взрыва»²⁶ — технологической революции, происходящей в мире, которому угрожает спад.

Каждая новая революция вызывает смену техноэкономической парадигмы — модели лучшей деловой практики в новых условиях. Отметим ряд установок, которые С. Perez приводит в своем примере парадигмы информационной революции: интенсивное использование информационных ресурсов на основе микроэлектроники, сетевые структуры, знание как капитал, экономия на масштабе, глобализация, кластеры, мгновенная связь и т.д. Всего же она рассматривает пять технологических революций, годы начала которых: 1771, 1829, 1875, 1908, 1971²⁷.

Темп и направление развития технологических эпох определяются взаимодействием между финансовым и производственным капиталом. Финансовый капитал во время становления новой парадигмы производит агрессивное инвестирование и создает на рынке ценных бумаг пузырь. После коллапса пузыря, примерно посередине волны, происходит переломный момент. Модернизированный производственный капитал перехватывает контроль и обеспечивает более упорядоченный процесс роста — развертывание революции.

Согласно этой теории, в качестве движущих сил волнообразного развития действуют: технологические перемены, формирующие технологическую революцию, финансовый и производственный капиталы, получающие прибыль различными способами, а также социально-институциональная структура.

В ряде представленных выше работ авторы утверждают, что технологические революции следуют с периодом примерно 50–60 лет. Другие авторы^{28, 29, 30, 31} считают, что

²⁵ Perez C. (2002) *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.

²⁶ Примечание авторов — последнее утверждение весьма спорно.

²⁷ Примечание авторов. Похоже, что между 1908 и 1971 годами пропущено несколько революций.

²⁸ Vinge V. *The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era*. Whole Earth Review, 1993.

²⁹ Kurzweil R. *The Singularity Is Near. When Humans Transcend Biology*. Y.: Viking, 2005.

³⁰ Tateisi K. *The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989.

³¹ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012. — С. 79.

циклические изменения в экономике происходят, ускоряясь во времени с приближением к точке технологической сингулярности, которая соответствует примерно 2027 году.

После финансового кризиса 2008 года активизировались работы в области исследования длинных волн. D. Smihula³² выявил в историческом развитии до промышленных революций признаки длинных волн и показал, что длительность этих волн с течением времени сокращается. В частности, он указал на волну, связанную с внедрением бумажного производства, и волну Возрождения.

J. Attali, исследуя историю новой эры, обнаруживает 9 инновационных сдвигов, начало которых приходится на следующие даты: 1200, 1350, 1500, 1560, 1620, 1788, 1890, 1929, 1980 годы³³. По его мнению, современная технологическая эпоха исчерпает себя к 2030 году.

Ряд авторов^{34, 35, 36, 37, 38} указывают другие даты технологических революций прошлого и будущего, и закономерности их следования будут изучены далее.

Активные дискуссии идут не только о том, когда состоится очередная технологическая революция, но и какова будет ее техноэкономическая парадигма. Так, в 2006 году RAND Corporation опубликовала прогноз³⁹, согласно которому революция произойдет в 2020 году. Из числа ее основных трендов шесть относятся к информационно-коммуникационным, пять к биологическим и пять к энергетике, экологии и жилищному хозяйству.

Основатель и президент Даосского экономического форума К. Schwab утверждает, что драйвером очередной технологической революции будет интеграция киберфизических систем⁴⁰. Он отмечает три мегатренда, выделенных экспертами форума: цифровой, физический и биологический. Все эти мегатренды основаны на использовании цифровых и информационных технологий, включая искусственный интеллект. По многим из ос-

³² Daniel Šmihula. Long Waves of Technological Innovations. Štúdie a analýzy URL: https://www.sav.sk/journals/uploads/04201200SPS_2_2011_D%20%20Smihula.pdf

³³ Attali J. (2011). A Brief History of the Future: A Brave and Controversial Look at the Twenty-first Century. Skyhorse Publishing Inc.

³⁴ Toffler A., The Third Wave, London, Pan Books Ltd, 1981.

³⁵ Глазьев С.Ю., Воронов А.С., Леонтьева Л.С., Орлова Л.Н., Сухарева М.А. О формировании человеческого капитала на разных этапах социально-экономического развития. Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск № 82. Октябрь 2020 г. DOI: 10.24411/2070-1381-2020-10096

³⁶ Grinin L., Grinin A., Korotayev A.A. (2020). Quantitative analysis of worldwide long-term technology growth: From 40,000 BCE to the early 22nd century. Technological Forecasting and Social Change, Volume: 155. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.119955

³⁷ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

³⁸ Wallerstein I. The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century. University of California Press, 2011. P. 14–65.

³⁹ Silbergitt R., Anton P.S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation.

⁴⁰ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.

новых технологий этой революции, согласно прогнозам экспертного сообщества, к 2025 году будет достигнут переломный момент. Датировка индустриальных революций Клауса Шваба существенно отличается от других авторов. Он выделяет вдвое меньше технологических революций в период с начала XVII века, то есть указывает на их парное происхождение (первая и вторая промышленные и т.д.). В целом имеется большое количество прогнозов дат технологических революций, что делает актуальным вопрос о системе их взаимосвязи.

1.2. Периодичность технологических революций

1.2.1. Анализ датировки технологических революций

Для исследования закономерности следования этих революций представим даты начала соответствующих технологических сдвигов и кризисов в виде таблицы 1.1. Здесь в строке 1 пронумерованы последовательно (номер — n) все революции примерно с 500 года новой эры. В столбце 1 указаны авторы соответствующих датировок и ссылка на источник.

Таблица 1.1. Датировка начала технологических революций

Автор	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Глазьев С.Ю. ⁴¹						1770	1830	1880	1930	1970		2010	
Гринин Л.Е. ⁴²		800		1430	1600	1730	1830	1890	1929	1955	1995		2030
Капица С.П. ⁴³	500			1500			1840			1955		2000	2050
Кондратьев Н.Д. ⁴⁴						1789	1845	1898		1949	1985	2018	
Молчанов А.В. ⁴⁵	630		1325		1674		1848		1934		1978		
Орехов В.Д. ⁴⁶	630	1038	1342	1531	1668	1770	1844	1899	1939	1968	1990	2006	2026
Панов А.Д. ⁴⁷	500			1500			1835			1950	1991		
Подлазов А.В. ⁴⁸			1350			1770			1930		1990		

⁴¹ Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы. — М., 1986. — № 5. — С. 793–804.

⁴² Grinin L., Grinin A., Korotayev A.A. (2020). Quantitative analysis of worldwide long-term technology growth: From 40,000 BCE to the early 22nd century. Technological Forecasting and Social Change, Volume: 155.

⁴³ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012. — С. 79.

⁴⁴ Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. — 1925. — Т. I. — Вып. 1.

⁴⁵ Молчанов А.В. Развитие теории С.П. Капицы. Гипотеза сети сознания // Око планеты. — 2009 // Естествознание. — 2009 // Наука и техника. — 2009.

⁴⁶ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

⁴⁷ Панов А.Д. Единство социально-биологической эволюции и предел ее ускорения. Историческая психология и социология истории. № 2, 2008. — С. 35.

⁴⁸ Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. — М., 2002.

Яковец Ю.В. ⁴⁹	450		1350			1731					1973		
Attaly J. ⁵⁰		1200	1350	1500	1620	1788		1890	1929		1980		2030
Bell D. ⁵¹										1961			
Berry B. ⁵²					1619	1729	1817	1866	1921		1981		
Bunch B. ⁵³	530			1453	1660	1735	1820	1895	1945	1972		2003	
Facchini F. ⁵⁴	500			1500			1840			1960		2005	2050
Perez C. ⁵⁵						1771	1829	1875	1908	1971			
Tateisi K. ⁵⁶	700		1302			1765		1876	1945	1955	1974	2005	2025
Toffler A. ⁵⁷						1800				1956			2025
Schumpeter J. A. ⁵⁸						1780	1840	1900		1955	1990	2015	
Schwab K. M. ⁵⁹						1784		1870		1956			2025
Smihula D. ⁶⁰	300	930	1340	1470	1600	1780	1840	1880	1940		1985	2015	2035
Unctad ⁶¹						1775	1830	1875	1908	1971		2007	
Wallerstein I. ⁶²				1450	1640	1730	1840						
Среднее — T(n)	527	992	1337	1482	1635	1765	1835	1884	1930	1960	1984	2008	2033
S, %	118	169	18	32	30	24	9	12	12	8,0	7,1	5,9	10
ΔT(n)		465	345	145	154	129	71	49	46	30,4	24,1	24,1	24,5

⁴⁹ Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. — М., 1999. — Табл. 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>

⁵⁰ Attali J. (2011). A Brief History of the Future: A Brave and Controversial Look at the Twenty-first Century. Skyhorse Publishing Inc.

⁵¹ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

⁵² Berry B.J. (2017) Seven Long Waves in America's History. School of Economic, Political and Policy Sciences at the University of Texas at Dallas.

⁵³ Berry B.J. (2017) Seven Long Waves in America's History. School of Economic, Political and Policy Sciences at the University of Texas at Dallas.

⁵⁴ Facchini F. Le origini l'uomo. Introduzione alla paleoantropologia / Pref. di Y. Coppens. Milano: JACA Book, 1993.

⁵⁵ Perez C. (2002) Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.

⁵⁶ Tateisi K. The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989.

⁵⁷ Toffler A., The Third Wave, London, Pan Books Ltd, 1981.

⁵⁸ Schumpeter J.A. A Theorist's Comment on the Current Business Cycle. Journal of the American Statistical Association V.30 (189), 1935.

⁵⁹ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.

⁶⁰ Daniel Šmihula. Long Waves of Technological Innovations. Štúdie a analýzy

⁶¹ Unctad. Catching technological waves Innovation with equity. Technology and innovation report 2021. United Nations conference on trade and development Unctad. Geneva.

⁶² Wallerstein I. The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century. University of California Press, 2011. P. 14–65.

В последних строках таблицы 1.1 даны: среднее значение даты — $T(n)$ для каждого столбца, среднеквадратичное отклонение — S и средний промежуток времени между революциями в годах — $\Delta T(n) = T(n) - T(n-1)$.

Аналогичные исследования были проведены авторами в предыдущих работах^{63, 64}. Однако в этом исследовании количество источников данных о революциях увеличено в полтора раза и нумерация некоторых дат революций уточнена.

1.2.2. Математический анализ датировки технологических революций

Средние значения $\Delta T(n)$ в зависимости от номера n приведены на рис. 1.1. в экспоненциальной (двоичной) системе координат. Для революций до 1970 года дан также экспоненциальный тренд, который имеет вид (1.1). Здесь $\wedge$ — показатель степени.

$$\Delta T(n) = 800 \cdot 10^{(-0,332 \cdot n)} \quad (1.1)$$

На рис. 1.1 для сравнения даны также точки геометрической прогрессии вида (1.2), где $\Delta T(1) = 600$ лет. Видно, что эти точки близки к линии тренда.

$$\Delta T(n) = \Delta T(n-1)/2^{0,5} \quad (1.2)$$

Видно, что примерно с 1980 года ($n \geq 10$) периоды между революциями не соответствуют экспоненциальной зависимости (1) и близки к постоянному уровню $24,3 \pm 0,2$ года. Точки до $n = 10$ близки к линии тренда, причем коэффициент детерминации имеет высокое значение $R^2 = 0,962$.

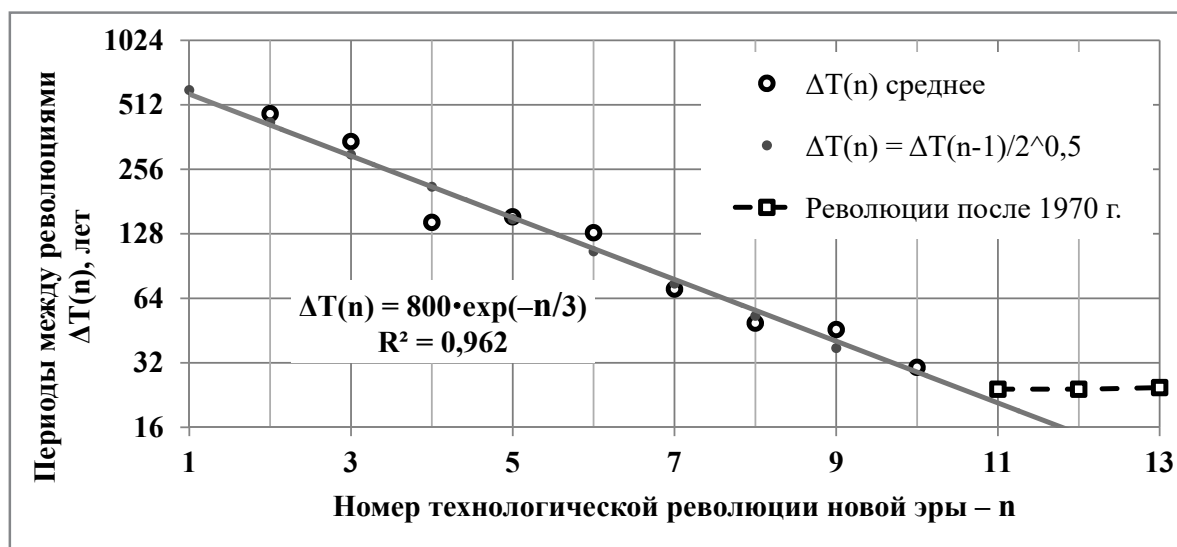


Рис. 1.1. Зависимость периода между революциями от номера революции

⁶³ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

⁶⁴ Причина О.С., Орехов В.Д., Горшенин В.П. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции. Проблемы экономики и юридической практики. № 6, 2017. М., Юр-БАК.

Полученные таким образом зависимости (1.1), (1.2) не соответствуют утверждению о примерно постоянном периоде длинных волн, которое Н.Д. Кондратьев сделал по наблюдениям первых трех волн с 1760 года. Геометрическая прогрессия периодов между революциями (1.2) может быть связана с гиперболическим законом роста численности населения^{65, 66}, согласно которому число людей выражается формулой:

$$N \approx C/(T_s - T) \quad (1.3)$$

Здесь T — время, измеряемое в годах, $C \approx 180$ млрд — постоянная с размерностью [чел. · лет], а T_s — условная дата сингулярности (примерно 2025 год). При приближении к дате сингулярности (после 1960 года) закономерность роста населения Земли начинает отставать от гиперболической зависимости (1.3), и это может быть причиной того, что периоды между технологическими революциями перестают сокращаться, как это видно из рис. 1.1. Сумма геометрической прогрессии типа (1.2) со знаменателем $2^{-1/2} \approx 0,707$ имеет вид:

$$T(n) = A - B \cdot 2^{-n/2} \quad (1.4)$$

Для определения коэффициентов A и B зададим начальные значения этих коэффициентов и определим разность $\Delta(n)$ между значениями $T(n)$ согласно формуле (1.4) и величиной $T(n)$ из таблицы 1.1. Затем, варьируя величину B , найдем такое ее значение, которое обеспечивает минимум среднеквадратичного отклонения S_B для величины $\Delta(n)$ на континууме революций № 4–11. Далее определим коэффициент A , для которого достигается минимум среднеквадратичного отклонения — S_A для величины — $\Delta(n)/\Delta T(n)$, применительно к революциям $n = 1 - 11$. Полученные оптимальные значения равны: $A = 2027$, $B = 2190$. При этом $S_B(\Delta(n)) = 5,5$ года, а $S_A(\Delta(n)/\Delta T(n)) = 11\%$. Соответственно, формула для дат технологических революций (1.4) примет вид:

$$T_n = 2027 - 2190 \cdot 2^{-n/2} = -163 + 2190 \cdot (1 - 2^{-n/2}) \quad (1.5)$$

Сравнение разности $\Delta(n)$ между датами технологических революций $T(n)$, согласно таблице 1.1. и формуле (1.5), приведено в таблице 1.2. Видно, что для революций индустриальной эпохи разность $\Delta(n)$ не превосходит 13 лет, а отношение $\Delta(n)/\Delta T(n)$ не выше 12%.

Таблица 1.2. Даты революций согласно формуле (1.5) и средние из таблицы 1.1

п революции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Среднее (n)		527	992	1337	1482	1635	1765	1835	1884	1930	1960	1984
$T(n)$ по формуле (1.5)	-163	478	932	1253	1480	1640	1753	1833	1890	1930	1959	1979
Разность $\Delta(n)$		-48	-60	-84	-2	5	-11	-2	6	0	1	-5
$\Delta T(n)$ по (1.5)		641	454	321	227	160	113	80	57	46	30	24
$\Delta(n)/\Delta T(n)$, %		-8	-13	-26	-1	3	-10	-2	11	1	-5	-22

⁶⁵ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012. — С. 79.

⁶⁶ Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science 132:1291–5. 1960.

Отметим, что при $n \rightarrow \infty$ в соответствии с формулой (1.5) $T_n \rightarrow 2027$, то есть к дате, близкой к условной сингулярности — T_s . Поэтому для революций, начиная с 1984 года, формула (1.5) дает значения, существенно отклоняющиеся от представленных в таблице 1.1.

1.3. Пары технологических революций

Представленная в таблице 1.2 датировка технологических революций, начиная с 1765 года, примерно соответствует длинным волнам Н.Д. Кондратьева⁶⁷. Однако, согласно нумерации К.М. Schwab⁶⁸, число волн вдвое меньше, то есть их можно сгруппировать парами.

1.3.1. Содержание технологических эпох

Содержание технологических эпох, следующих после революций, отражается в их наименовании или названии соответствующей революции. Так, С. Perez называет первую из этих революций «Промышленной», иногда ее называют «Первой промышленной»⁶⁹. Следующие эпохи она называет: «Эпоха пара и железных дорог», «Эпоха стали, электричества и тяжелой промышленности», «Эпоха нефти, автомобиля и массового производства» и «Эпоха информации и телекоммуникаций». Как мы видим, в эти названия включено по несколько ключевых изобретений.

Согласно нумерации К.М. Шваба, в период с 1760 по 1840 год длилась «Первая промышленная» революция, пусковым механизмом для которой стало изобретение парового двигателя и строительство железных дорог. Революцию, которая происходила с конца XIX до начала XX века, он называет «Второй промышленной» и считает ее основным достижением «возникновение массового производства благодаря распространению электричества и внедрению конвейера. Третья промышленная революция началась в 1960-х годах»⁷⁰. Ее называют компьютерной, цифровой, информационной или кибернетической. Ее катализатором стало развитие полупроводников и больших ЭВМ. К.М. Шваб также отмечает важность для этой революции персональных компьютеров в восьмидесятих годах и Интернет в девяностых.

К.М. Шваб утверждает, что сегодня начинается четвертая промышленная революция. В качестве основных ее сторон он отмечает вездесущий мобильный интернет, миниатюрные производственные устройства, искусственный интеллект и обучающиеся

⁶⁷ Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. — 1925. — Т. I. — Вып. 1.

⁶⁸ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.

⁶⁹ Perez C. (2002) Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.

⁷⁰ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.

машины. Вместе с тем он указывает на волны дальнейших прорывов «Индустрии 4.0»: нанотехнологии, генетика, квантовые вычисления и возобновляемые энергоресурсы.

Как мы видим, имени собственного для некоторых технологических революций К.М. Шваб не называет, а лишь нумерует их. Не выделяет он и основного ядра четвертой промышленной революции, перечисляя несколько ключевых инноваций. Данный момент вызывает сомнение. С точки зрения системного подхода, если технологическая революция или эпоха является системой, а не «кучей», то она должна иметь имя собственное, которое отражает ее парадигму.

Для более полного представления о парах революций в таблице 1.3 приведены основные инновации, появившиеся во временные периоды, соответствующие формуле (1.5)^{71, 72}. Аналогичный перечень часто называют технологическим укладом⁷³, однако в данном случае рассматриваются не только технические достижения, но и те, что связаны с жизнесберегающими технологиями и распространением знаний. При этом за даты соответствующих инноваций принято время, когда их использование находилось в стадии быстрого роста, вблизи точки перегиба логистической кривой (даты округлены до десятилетий). Поскольку для нас наиболее важны близкие к современности технологические сдвиги, ограничимся событиями, начинающимися с ремесленной революции. При этом первую из пары революций предлагается считать «предвестником» и использовать для ее обозначения приставку «пре».

Таблица 1.3. Инновации, характеризующие технологические эпохи

п	Годы	Технические, технологические и другие достижения
2	930–1250	Предремесленная революция: гидравлический пильный станок, водяная мельница, шлюз, кормовой руль, компас, цепной привод, шестерня, чугун, шелк, прялка, порох, очки, угольная шахта, простейшая домна, наборный шрифт, многоцветная печать, бумажные деньги, бомбы с шрапнелью, законы оптики, цифра ноль, десятичное счисление, решение кубических уравнений, буквы как переменные, натурфилософия Роджера Бэкона
3	1250–1480	Ремесленная революция (проторенессанс): ремесленное производство, ручной труд, цеховая система, банк, ветряная мельница, полностью парусные суда, навигация, астролябия, медицинские инструменты, листовое стекло, арбалет, артиллерия, техника живописи, принципы перспективы, университет, открытие Америки, изобретения Леонардо да Винчи
4	1480–1640	Возрождение: товарное производство, авторское и патентное право, географические открытия, гуманитарные науки, конный плуг, токарный станок, зеркало, огнестрельное ружье, аналитическая геометрия, таблица логарифмов, книгопечатание, труды Н. Коперника, Г. Галилея, И. Кеплера, Е. Торричелли, Ф. Парацельса

⁷¹ Bunch, B., Hellemans, A. The history of science and technology. Houghton Mifflin company, Boston — New York, 2004.

⁷² Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

⁷³ Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экон. и мат. методы. — 1986. — № 5. — С. 793–804.

5	1640–1750	Классическая наука: научный подход, телескоп, микроскоп, маятниковые часы, термометр, арифмометр, фрезерный станок, паровой двигатель, оружие с кремниевым затвором, дифференциальное исчисление, академия наук, научный журнал, педагогика, законы И. Ньютона
6	1750–1830	Первая промышленная революция (К1): мануфактурное производство, текстильная машина, жатка, энергия каменного угля и воды, транспортный канал, велосипед, монгольфьер, железо, ковкий чугун, «вольтов столб», нарезное оружие, стальное перо, печатная машинка
7	1830–1890	Вторая промышленная революция (К2): фабричное производство, системы машин, станки, машиностроение, угледобыча, черная металлургия, керосин, электрогенератор, электролампа, турбина, железнодорожный транспорт, пароход, бетон, телеграф, почтовая связь
8	1890–1930	Предвестник НТР (К3): автоматическое производство, электрический двигатель, двигатель внутреннего сгорания, электричество, бензин, сталь, тяжелое машиностроение, цветная металлургия, неорганическая химия, автомобиль, дирижабль, самолет, танк, автоматическое оружие, электронная лампа, обучение по переписке
9	1930–1960	Научно-техническая революция (К4): современная наука, серийное производство, конвейер, автоматика, дизельный двигатель, ТРД, авиация, нефтепродукты, органическая химия, пластмассы, сплавы, алюминий, рентген, радар, кондиционер, холодильник, телефон, телевидение, ЭВМ, транзистор, радиотехника, теория относительности, квантовая физика, ядерное оружие, спутник, СМИ, вакцины, антибиотики, заочное обучение
10	1960–1980	Предкибернетическая (постиндустриальная) революция: инновационная экономика, преобладание сферы услуг, сетевое производство, демографический переход, возрождение развивающихся стран, резкий рост качества жизни людей, электроника, кибернетика, информатика, языки программирования, интегральные микросхемы, суперкомпьютер, ракетная техника, космические полеты, ядерная энергия, газ, синтетические волокна, пленки, сети супермаркетов, массовая культура, программированное обучение, деловые игры, мозговой штурм, ТРИЗ
11	1980–2010	Кибернетическая (информационная) революция (К5): информатизация, телекоммуникации, гибкое производство, фабрика услуг, газовая энергетика, персональный компьютер, Интернет, оптоволокно, бытовая электроника, мобильная связь, лазер, светодиод, высокотемпературная сверхпроводимость, робототехника, спутник связи, спейс шаттл, космический телескоп, темная материя, бозоны Хигса, композитные материалы, кардиохирургия, томограф, платежные системы, интернет-торговля, корпоративные информационные системы, поисковые машины, тотальная мобильная связь, социальные сети, системы распознавания, секвенирование, анализ генома человека, ГМО, клонирование, дистанционное обучение, компьютерная грамотность
12	2010–2040	Предвестник медико-биологической революции (К6): глобализация, геновая инженерия, наноэлектроника, нанотехнология, новая фармацевтика, биомедицина, нейронауки, имплантация, клеточные технологии, репродуктивные технологии, возобновляемая энергетика, сланцевый газ, наноматериалы, мультимедиа, 3D-печать, искусственный интеллект, освоение Луны, управление знаниями, элементы экономики знания, электронное обучение

13	2040 ...	Медико-биологическая революция: продление срока жизни людей до 150 лет, лечение самых опасных болезней, регенерация органов, генно-модифицированные люди, первые бессмертные, возрождение вымерших животных, рождение детей в искусственной среде, мыслящие животные, телепатия, управление демографией, биоэнергетика, квантовый компьютер, термоядерный реактор, космический лифт
----	----------	--

Для характеристики технологических достижений эпох по мере наличия соответствующих инноваций в таблице 1.3 использованы следующие факторы: название революции, способ производства, ключевой фактор, двигатель, энергоноситель, транспортное средство, инструмент, материал, оружие, метод лечения, технология передачи информации, метод обучения, инноваторы и др.

Отметим, что ряд изобретений (бумага, порох, книгопечатание) вначале появлялись в одном месте (Китай, Индия), а спустя много лет широко распространялись в другом (арабские страны, Европа), поэтому датировка изобретений не вполне однозначна. Изобретения революций № 12, 13 показаны в соответствии с представлением на 2015 год⁷⁴.

По поводу содержания последних технологических сдвигов 2010–2040 годов у разных авторов существуют различные мнения, однако в настоящее время наибольший объем научных публикаций в мире сосредоточен в областях, связанных с медициной и биотехнологиями. Ряд авторов убедительно аргументируют, почему именно это направление технологического развития наиболее перспективно^{75, 76, 77}. В этих областях наблюдается наибольший объем революционных достижений, но их использование еще не привело к реальному изменению жизни людей и экономики. Видимо, этого следует ожидать от следующего элемента пары технологических революций, результаты которого можно лишь прогнозировать, что мы сделаем далее.

Отметим, что до сих пор продолжается поток новых технических решений, являющихся результатом кибернетической революции. Среди них не исключено возникновение радикальных инноваций, например в области искусственного интеллекта. Кроме того, важным фактором развития является использование нанотехнологий.

Значительных результатов, которые можно было бы отнести к НТР, относительно мало, например 3D-печать и космические технологии. Следует отметить, что все выявленные сдвиги-предвестники несут значительный объем инноваций, мало уступающий по количеству основному сдвигу. Однако результаты второго из пары сдвигов, как пра-

⁷⁴ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

⁷⁵ Tateisi K. The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989.

⁷⁶ Dodson, M., Gann, D. and Salter, A. (2008) The Management of Technological Innovation, Oxford, Oxford University Press.

⁷⁷ Гринин А.Л., Гринин Л.Е. Ведущие технологии шестого технологического уклада. 2017.

вило, более значимы для людей, поскольку позволяют полностью реализовать потенциал революции.

1.3.2. Экспоненциальная эволюция в пределах технологических эпох

Из табл. 1.3 можно заметить, что соответствующие указанным датам инновационные эпохи по своему содержанию попарно связаны. Так, эпоха Возрождения (с 1480 г.), которая прошла под знаменем книгопечатания и возрождения науки, дала миру такие нововведения, как токарный станок, зеркало, огнестрельное ружье, товарное производство, авторское и патентное право, гуманитарные науки, аналитическая геометрия, таблица логарифмов⁷⁸. Развитию наук способствовали труды таких исследователей, как Леонардо да Винчи, Н. Коперник, Г. Галилей, И. Кеплер, Е. Торричелли, Ф. Парацельс.

Следующую эпоху (с 1640 г.) можно характеризовать как эру становления классической науки, основанной на измерениях. Ее характеризуют следующие нововведения⁷⁹: телескоп, микроскоп, маятниковые часы, термометр, арифмометр, фрезерный станок, паровой двигатель, научный подход, академия наук, научный журнал, дифференциальное исчисление, педагогика, законы И. Ньютона. Эти две эпохи вводят в широкое использование печатную книгу, как инструмент для распространения явных знаний, и научные исследования на основе измерений и вычислений для получения проверенных знаний. В дальнейшем это позволило осуществить промышленные революции.

Взаимосвязь Первой и Второй промышленных революций (1750, 1830 годы) основывается на едином базисе возрастающего применения механизмов, паровых двигателей и фабричной организации производства. Хотя паровой двигатель был разработан еще в начале XVII века, но модель, получившая широкое распространение, была запатентована Д. Уаттом в 1769 году⁸⁰. Далее число паровых машин и их мощность быстро росли. Динамика суммарной мощности паровых двигателей в Великобритании в 1760–1907 годах⁸¹ представлена на рис. 1.2. Данные на этом рисунке аппроксимируются единой экспоненциальной зависимостью на протяжении Первой и Второй промышленных революций с высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 0,97$.

Однако видно, что к концу этого периода темп роста мощности двигателей снижается. Также в работе Н. Крафтса⁸² отмечается, что на протяжении Первой промышленной революции вклад паровых двигателей в экономический рост был невелик и только

⁷⁸ Bunch, B., Hellemans, A. The history of science and technology. Houghton Mifflin company, Boston — New York, 2004.

⁷⁹ Там же.

⁸⁰ Там же.

⁸¹ Nicholas Crafts. Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. The Economic Journal. Vol. 114, No. 495 (Apr., 2004), pp. 338–351.

⁸² Там же.

после 1830 года они стали давать существенный вклад в производительность труда. Это было связано с малой эффективностью двигателей и доминированием энергии воды в промышленности.

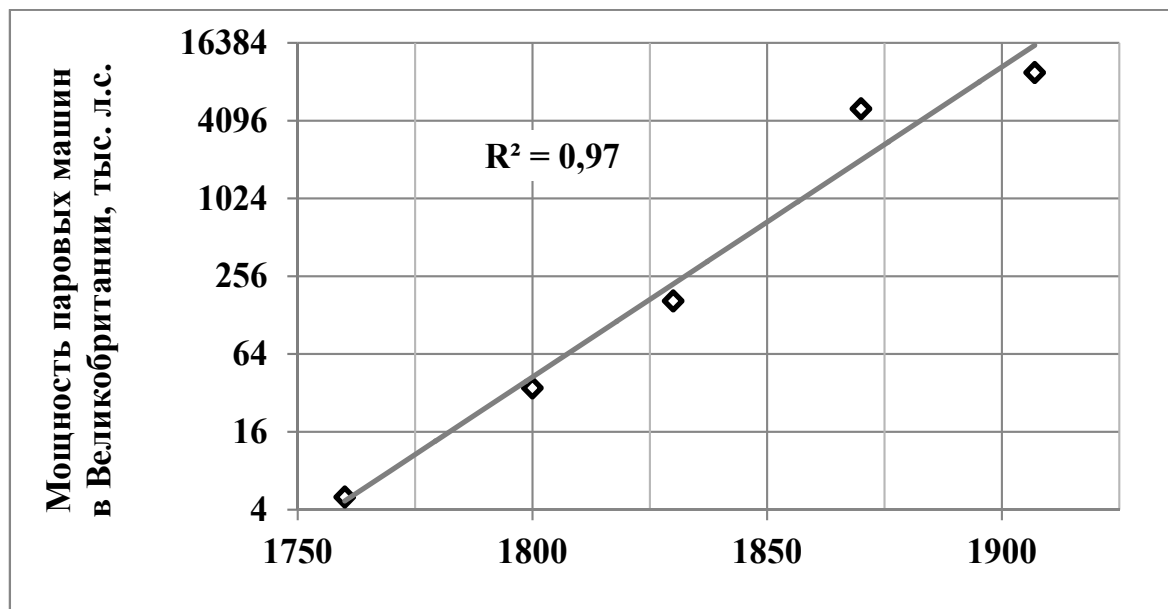


Рис. 1.2. Мощность паровых двигателей в Великобритании

Как мы отмечали в обзоре (примечание 26), сложно назвать изобретение Д. Уатта большим взрывом. Оно было одним из большого ряда усовершенствований, и экономичность паровых машин повышалась постепенно.

К концу XIX века британская экономика исчерпала выгоды роста паровой энергии. Однако к этому времени она обогнала Францию в полтора раза⁸³ и заняла место мирового лидера по величине ВВП.

Следующая пара революций, начавшаяся в конце XIX века, в качестве инновационной основы содержала использование электричества (электротехники) и автоматики. Электротехника постоянного тока длительное время развивалась до этого. Революционным изобретением, которое дало толчок широкому развитию электроэнергетики, стало изобретение Н. Тесла в 1887 году^{84, 85} системы переменного тока, включая генератор, электродвигатель и трансформатор. Если первая электростанция, созданная в 1882 году Т. Эдисоном, имела мощность 500 кВт, то затем, на протяжении около 80 лет, рост производства электроэнергии происходил в соответствии с единой экспонентой, возраста-

⁸³ Андрющенко Г.И., Орехов В.Д., Блинникова А.В. Анализ конкурентоспособности России при переходе к многополярному миру. Московский экономический журнал. 2022. № 2. — С. 500–531. doi: 10.55186/2413046X_2022_7_2_86

⁸⁴ Bunch, B., Helleman, A. The history of science and technology. Houghton Mifflin company, Boston — New York, 2004.

⁸⁵ Margaret Cheney. Tesla: Man Out of Time. — Simon and Schuster, 2001. — С. 33. — 422 с.

ющей в 2,35 раза за 10 лет (рис. 1.3)^{86, 87, 88}. Это указывает на генетическую связь двух технологических эпох, начиная примерно с 1890 года.

Как мы отмечали выше в обзоре (примечание 26), сложно назвать изобретение техники переменного тока «большим взрывом». С технической точки зрения это одно из многих усовершенствований в области электротехники, хотя результат оказался весьма впечатляющим из-за их практической ценности.

Нужно отметить, что к 1900 году электротехника уже имела серьезный фундамент в виде законов А. Ампера, М. Фарадея, Д. Максвелла и других ученых, а также большое количество изобретений в этой области. Однако именно трехфазные генераторы и электродвигатели обеспечили экономичный способ преобразования механической энергии в электрическую и обратно и изменения напряжения, что способствовало быстрому развитию электроавтоматической индустрии.

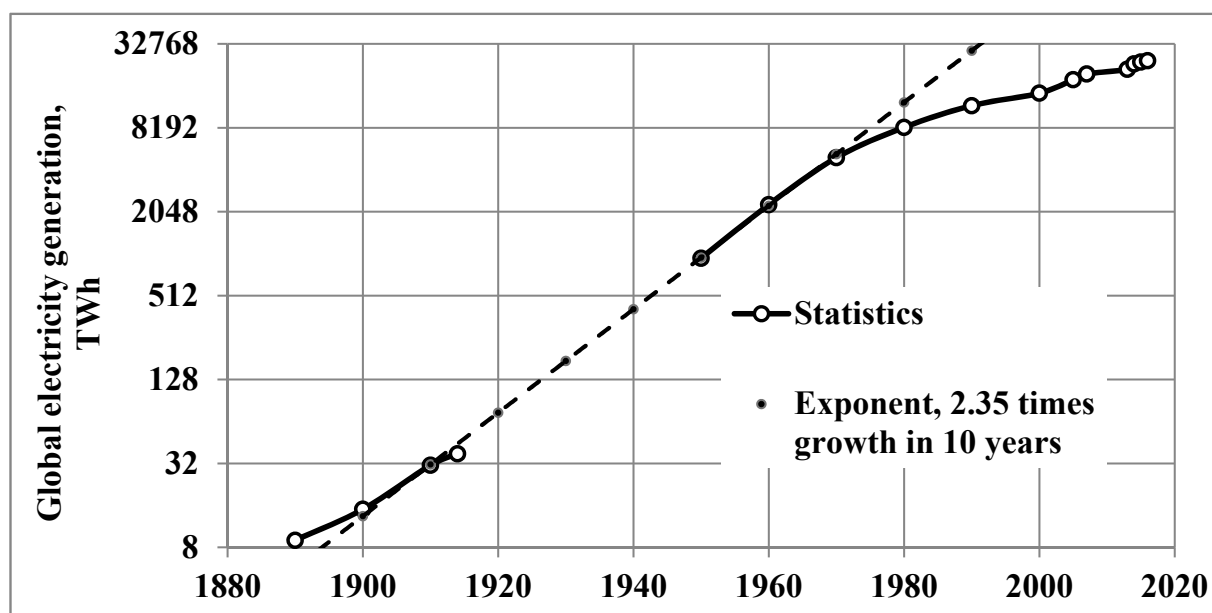


Рис. 1.3. Мировое производство электроэнергии, TWh

Если промышленные революции избавили человека от тяжелой физической работы, создав механическую индустрию, использующую энергию пара, то эпоха электричества освободила человека от необходимости рутинного управления механизмами, создав на основе электрического привода автоматическое управление.

Однако автоматика может обеспечить лишь управление относительно простыми процессами, что стало тормозить дальнейшее развитие технологий. Первый програм-

⁸⁶ Орехов В.Д., Причина О.С., Горшенин В.П. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции. Проблемы экономики и юридической практики. 2017. № 6. С. 43–48. М., Юр-БАК.

⁸⁷ Электроэнергия. Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электроэнергия>

⁸⁸ Global Energy Statistical Yearbook 2016, URL: <https://yearbook.enerdata.ru>

мируемый ламповый электронный компьютер ENIAC был создан в 1946 году⁸⁹ и весил 30 тонн. В дальнейшем было разработано несколько десятков электронных вычислительных машин, но преодолеть их принципиальный недостаток (габариты) не удалось.

В начале 60-х годов в полупроводниковой промышленности произошел прорыв — были созданы первые полупроводниковые микросхемы. И уже в 1963 году вошел в строй первый транзисторный суперкомпьютер CDC 6600⁹⁰, который ознаменовал старт кибернетической эпохи. Процесс развития кибернетической техники можно отследить с использованием закона Мура⁹¹. Согласно ему увеличение числа транзисторов на микросхеме удваивается примерно за 1,5–2 года, в соответствии с экспоненциальной зависимостью. Так же быстро росла скорость быстрогодействия суперкомпьютеров.

На рис. 1.4 представлены зависимости от времени десятичного логарифма (Lg) числа транзисторов на микрочипе (N) и производительности суперкомпьютеров в флопсах (F)^{92, 93, 94}. Видно, что обе эти зависимости экспоненциальные.

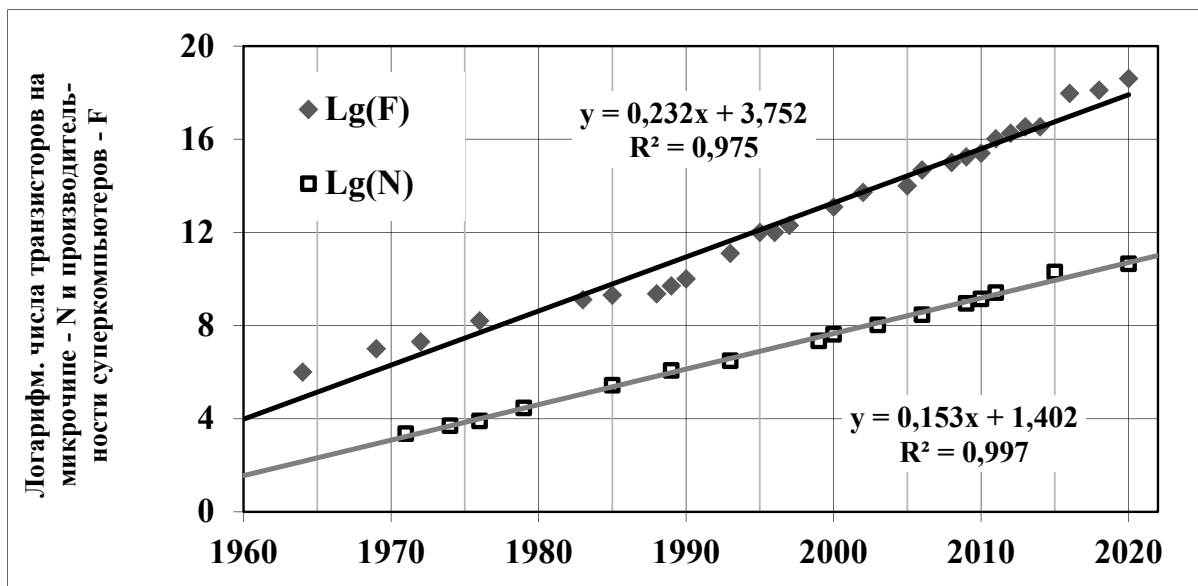


Рис. 1.4. Закон Мура и производительность суперкомпьютеров в флопсах

Если соотнести эти закономерности с датами технологических революций (таблица 1.2), то увидим, что они действовали на протяжении двух технологических эпох,

⁸⁹ The Eniac, an Electronic Computing Machine // Nature (12 October 1946) vol. 158. — P. 500–506.

⁹⁰ Control Data Computer Exceeds Specifications. (англ.) // Missiles and Rockets: The Weekly of Space Systems Engineering. — Washington, D.C.: American Aviation Publications, Inc., September 2, 1963. — Vol.13 — No. 10 — P. 39.

⁹¹ Moore's Law Transistor Count 1970–2020.png. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moore%27s_Law_Transistor_Count_1970-2020.png

⁹² Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Electronics, pp. 114–117, April 19, 1965.

⁹³ Denning P. J., Lewis T. G. Exponential Laws of Computing Growth. Communications of the ACM, January 2017, Vol. 60 No. 1, P. 54–65.

⁹⁴ FLOPS. Wikipedia URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/FLOPS>

начиная с 1960 года, и продолжают действовать до сих пор. Причем за 60 лет производительность компьютерных устройств выросла в миллиарды раз. И хотя вторая кибернетическая революция в начале 80-х годов ознаменовалась резким расширением применения компьютерной техники за счет распространения персональных компьютеров, но из рис. 1.4 видно, что генетически это единая технологическая революция.

Суммируя закономерности динамики технологических революций, можно отметить, что они следуют парами, базирующимися на единой технологической основе: книгопечатание и научное исследование (1480–1750 гг.), механизация и использование силы пара (1750–1890 гг.), электричество и автоматизация (1890–1960 гг.), кибернетика и информатизация — 1960 год и далее (даты округлены до десятилетий). На протяжении пар этих технологических эпох происходит «экспоненциальная эволюция» характеристик базовых технологий. Рабочая среда разных пар революций принципиально отличается: книга (знания), энергия пара, электричество, информация. Группировка революций в пары позволяет более контрастно понять принципиальное отличие технологий каждой пары.

Технологические революции происходят не внезапно, а в результате длительного развития технологий. Ко времени первой из каждой пары технологической революции уже наработан значительный технологический задел, и старт новой революции дает относительно небольшое, но важное улучшение уже созданной техники. Так, книгопечатание вначале было не дешевле рукописного изготовления книг, но в массовом производстве позволило массово и недорого распространять знания. По мере роста распространения знаний возрастала и экономическая мощь общества. В результате прирост выпуска стал пропорциональным величине выпуска, то есть он приобретал экспоненциальный вид.

Паровая машина Д. Уатта отличалась от машины Т. Ньюкомена в основном наличием конденсатора и кривошипно-шатунного механизма. Идея использования трехфазного тока вместо постоянного позволила резко повысить эффективность электрических машин и сделать электротехнику массовой и относительно недорогой. Микросхемы, давшие толчок кибернетической революции, были созданы на основе уже имевшейся полупроводниковой элементной базы, теории кибернетики и с учетом опыта создания ламповых компьютеров.

Можно предполагать, что и следующая пара технологических революций будет реализована на основе уже имеющихся технологий, которые после некоторых инноваций начнут развиваться экспоненциально. При этом опыт следования предыдущих революций подсказывает, что это вряд ли опять будет революция из разряда кибернетических, хотя она и будет широко использовать достижения информационных технологий.

1.4. Профиль технологических волн

Интересно исследовать изменение частоты появления изобретений в зависимости от предложенных дат технологических революций (таблица 1.2). Для этого воспользуемся статистическими данными Всемирной организации интеллектуальной собственности⁹⁵ о числе запатентованных за год изобретений в мире — H по отношению к численности человечества — N в период с 1883 по 2008 год (рис. 1.5).

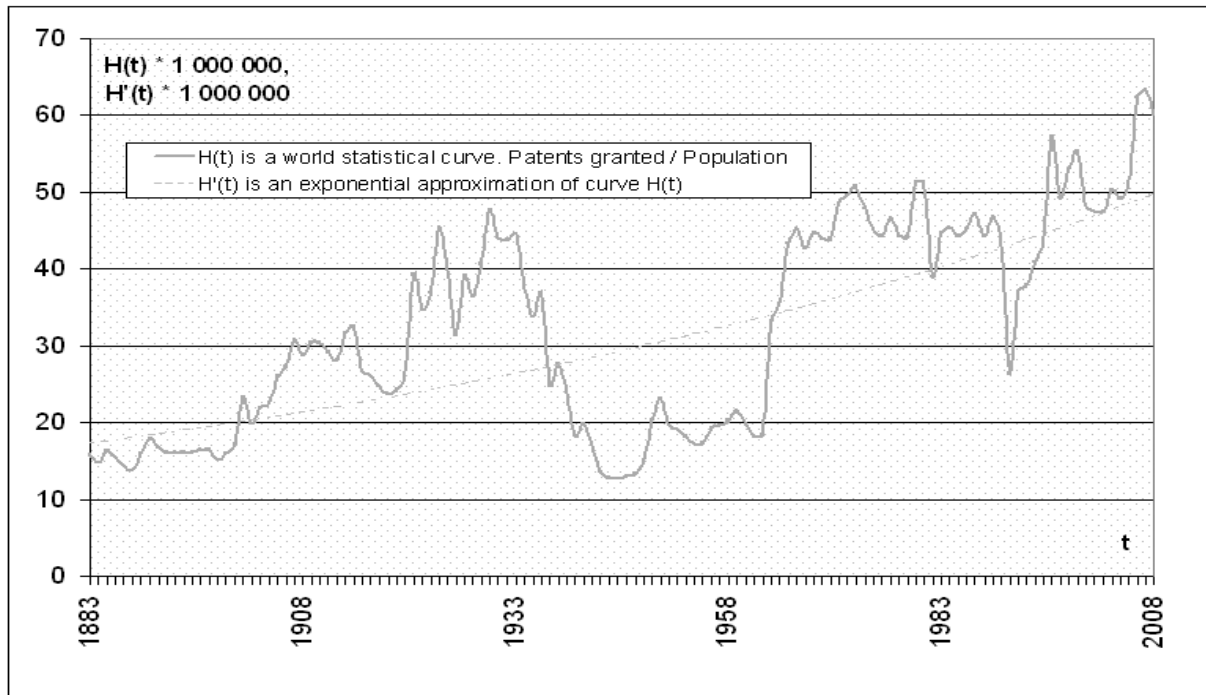


Рис. 1.5. Число выданных патентов на изобретения на миллион жителей Земли

Для того чтобы продлить эту закономерность в прошлое до 1450 года, Э.Ф. Немцовым была использована статистика крупных изобретений, приведенная в работе Д. Хюбнера⁹⁶ (см. рис. 1.6) и основанная на данных В. Банча и А. Хелеманса⁹⁷.

Однако две указанные зависимости после 1900 года показывают противоречивые тенденции: согласно статистике крупных изобретений Д. Хюбнера (рис. 1.6), изобретательность людей снижается, а согласно патентной статистике (рис. 1.5) — растет.

Было принято, что более объективными за последние 100 лет являются данные патентной статистики. Для «сшивки» двух кривых были взяты данные за 1905 год, из

⁹⁵ Мировые показатели интеллектуальной собственности за 2012 год: Докл. Всемир. орг. интел. собст. — Женева. PR/2012/726, 2012. (World Intellectual Property Indicators — 2012/ Edition. <http://www.wipo.int/ipstats/en/wipi/index.html>)

⁹⁶ Huebner, J.A. Possible Declining Trend for Worldwide Innovation. 2005.

⁹⁷ Bunch, B., Hellemans, A. The history of science and technology. 2004.

которых следует, что одно крупное изобретение эквивалентно 1 700 запатентованным изобретениям. Скорректированная кривая крупных изобретений⁹⁸ приведена на рис. 1.7.

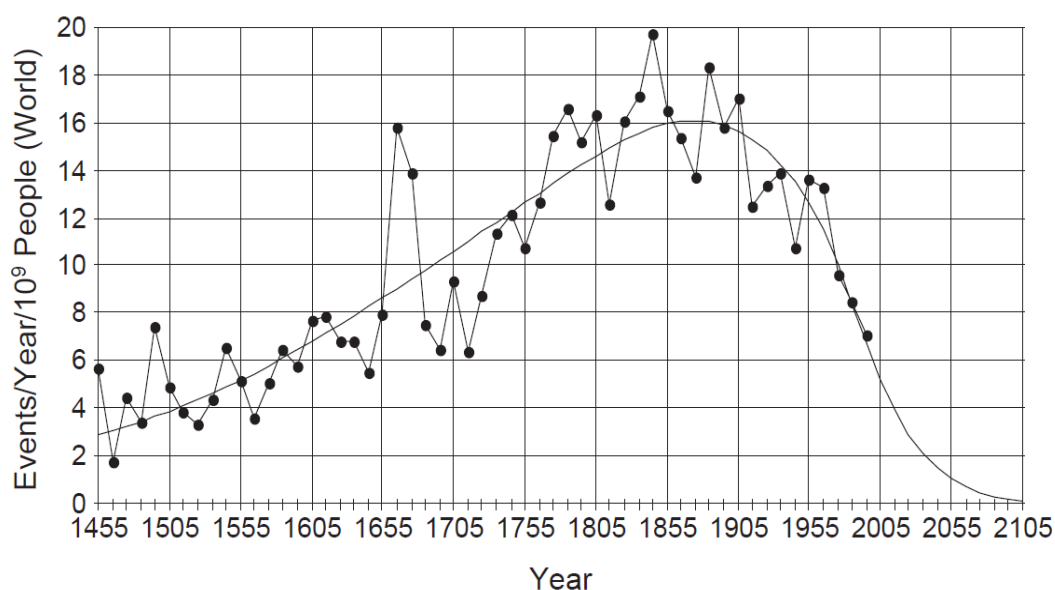


Рис. 1.6. Число крупных изобретений в год на миллиард жителей мира

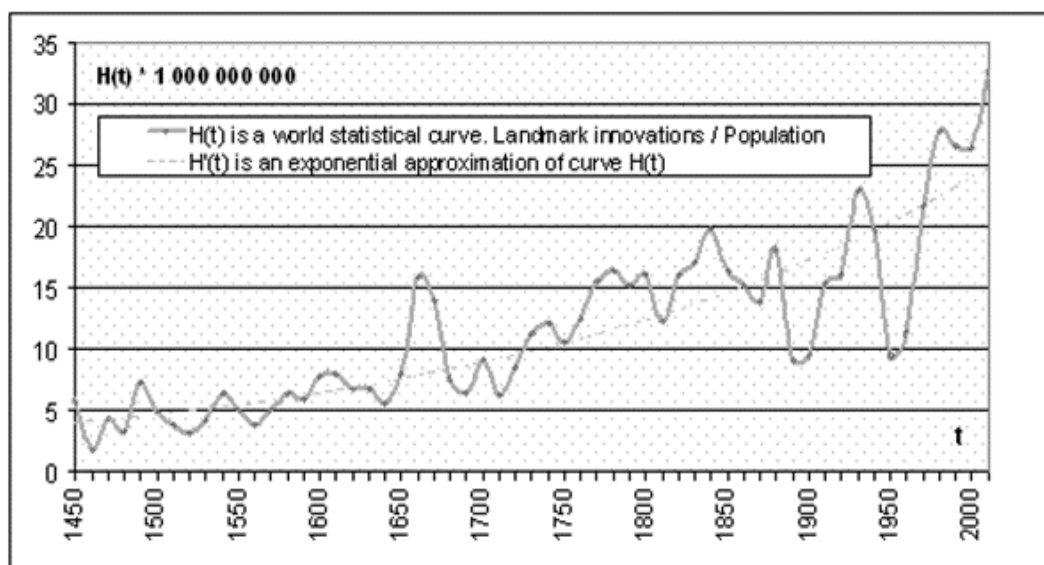


Рис. 1.7. Число крупных изобретений на млрд жителей Земли (скорректировано)

Для определения профиля инновационной активности технологических эпох воспользуемся данными о крупных изобретениях, приведенными на рис. 1.7, а также датами технологических революций согласно табл. 1.2. При этом будем рассматривать

⁹⁸ Цит. по: Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. — 2011. <http://nemtsov.ners.ru/articles/chelovechestvo-stanovitsya-vs-izobretatelnee.html>

соответствующие революции попарно — революция-предвестник и основная. Для того чтобы сравнить профили активности патентования, нормируем значения H к среднему по профилю за каждую пару революций и среднее значение H приравняем к уровню 50%. По оси абсцисс отложим точку от начала революции, причем точке 1 соответствует начало революции-предвестника, точке 11 — начало основной технологической революции, а точке 21 — конец цикла и начало следующей революции-предвестника (шкала равномерная). Соответствующие профили представлены на рис. 1.8. Жирной линией обозначено среднее арифметическое значение уровня патентования.

Характерной особенностью этих профилей является то, что волна-предвестник, как правило, начинается с относительно малого числа изобретений и максимум инноваций достигается вблизи окончания эпохи предвестника. Основная же волна начинается со спада инновационной активности, а затем наблюдается рост числа изобретений в преддверии новой революции⁹⁹.

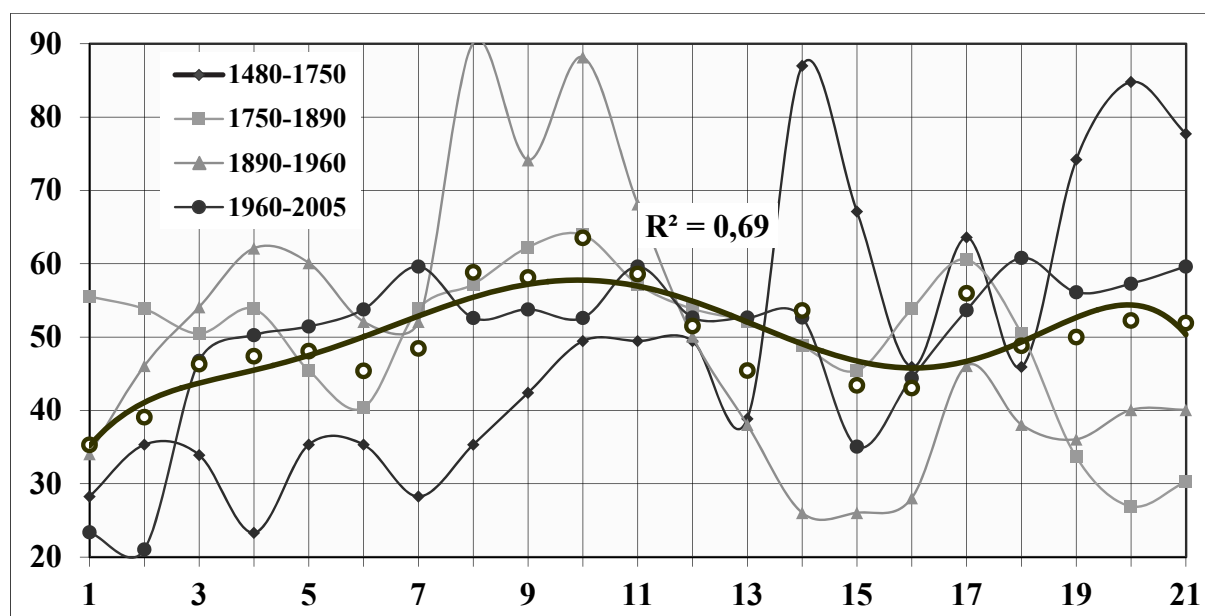


Рис. 1.8. Относительные профили инновационной активности

Видно, что профили различных технологических эпох относительно сильно отличаются, что свидетельствует о значительной случайной компоненте и, возможно, влиянии более кратковременных экономических циклов. Вместе с тем средний профиль волны-предвестника и основных волн достаточно значительно отличаются друг от друга.

Можно предполагать, что значительное число изобретений, появившихся в конце волны-предвестника, не успевают в полной мере реализоваться. Вероятно, это происходит из-за недостатка соответствующих ресурсов (инвестиций, спроса потребителей,

⁹⁹ Орехов В.Д. О парной взаимосвязи длинных волн: Тр. XV межд. научно-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». — М., 2013. — С. 168.

понимания инвесторами направления технологической революции, квалифицированных специалистов соответствующих профессий). Тем не менее определенные решения принимаются предпринимателями и начинается внедрение пробных образцов продуктов новой технологической эпохи.

После этого в ходе основной волны следует спад инновационной активности, в течение которого реализуются наработанные ранее инновации. К концу основной волны начинается подъем инновационной активности, связанный с рождением идей для новой пары технологических революций.

Коэффициент детерминации среднего профиля волн относительно высок — $R^2 \approx 0,7$, что свидетельствует о статистической значимости полученного профиля при аппроксимации полиномом 6-й степени.

Выводы к главе 1

1. Выявленные Н.Д. Кондратьевым длинные волны за пределами непосредственно рассмотренного им временного периода имеют более сложную структуру, чем можно судить по изученным им трем волнам. Эта волновая структура простирается как в прошлое, так и в будущее, но периоды между волнами являются переменными по продолжительности. В прошлом они образуют геометрическую прогрессию, что соответствует гиперболическому закону роста человечества. Наименьшая длина волны соответствует началу демографического перехода (1960 год).

2. Результаты обработки данных 22 авторов по датам технологических революций показали, что с начала новой эры до 1960 года континуум этих революций имеет вид геометрической прогрессии со знаменателем, равным корню квадратному из $1/2$ ($n = 1 - 10$). Даты революций выражаются формулой:

$$T_n = 2027 - 2190 \cdot 2^{-n/2}$$

3. Таким образом, с начала новой эры до 1960 года продолжительность технологических эпох быстро сокращается при приближении к дате условной сингулярности 2027 года в соответствии с экспоненциальной зависимостью:

$$\Delta T(n) = 800 \cdot 10^{(-0,332 \cdot n)}$$

Коэффициент детерминации тренда очень высок — $R^2 = 0,96$. Сокращение периода между революциями связано с ростом численности населения Земли и явного знания человечества.

4. Начиная с 1980 года периоды между революциями близки к постоянному уровню $24,3 \pm 0,2$ года, что связано с замедлением темпов роста числа людей.

5. Технологические революции следуют парами, близкими по содержанию и имеющими единые показатели технологического развития. Эти показатели растут экспоненциально в течение пары эпох, в частности: мощность паровых машин с 1760 по 1900

год; мировое производство электроэнергии с 1900 по 1970 год; число транзисторов на микрочипе и производительность суперкомпьютеров с 1970 по 2020 год. Разные пары революций существенно отличаются по своей парадигме, и динамика показателей технологического развития с приходом новой пары революции значительно меняется.

6. Пара технологических революций, начавшихся примерно в 930 и 1250 годах, характеризуются ремесленным типом производства. Пара, начавшаяся в 1480 и 1640 годах, связана с книгопечатанием и созданием классической науки.

7. Изобретательская активность в течение первой из пары революций (предвестник) характеризуется постоянным повышением количества изобретений, а основная волна начинается со снижения изобретательской активности, к концу же эпохи активность возрастает.

ГЛАВА 2. ЗНАНИЯ КАК БАЗИС ИННОВАЦИЙ

Широко известен афоризм Фрэнсиса Бэкона «Знание — сила». Другой перевод этого высказывания еще более категоричен: «Знание — это власть». В начале XVII века Ф. Бэкон провозгласил целью науки увеличение власти человека над природой¹⁰⁰. Он разработал и популяризировал исследовательский метод «индукции», который стал предшественником научного метода.

Тем не менее до последнего времени экономисты уделяли фактору знания далеко не первостепенную роль. Так, в работе Нонака и Такеучи отмечается: «...экономисты неоклассического направления *отрицали* огромное значение как неформализованного, так и формализованного знания, находящегося в собственности субъектов экономики и не представленного в виде информации о ценах»¹⁰¹.

2.1. Подходы к трактовке понятия «знание»¹⁰²

Одним из первых обратил внимание на роль знания в экономических процессах Й.А. Шумпетер, который придавал особое значение комбинированию формализованных знаний¹⁰³. Признаки радикальных изменений роли знания в числе первых заметил известный теоретик менеджмента Питер Друкер. В работе «Посткапиталистическое общество»¹⁰⁴ он изложил свое мнение, согласно которому капитализм вступает в «общество знания», где основным экономическим ресурсом является не капитал, природные ресурсы или труд, а знание. Ключевое место в этом обществе будут занимать специалисты, создающие знание.

2.1.1. На пути к экономике знаний

Под понятием «экономика знаний» подразумевают общество, в котором знания, наука и инновации играют важнейшую роль в экономическом развитии. Возникновение экономики знаний связано с возрастанием роли знаний в качестве фактора производства. Исторически концепция экономики знаний «пришла на смену концепции информационного общества, которая в свою очередь сформировалась на основе разработок по

¹⁰⁰ Bacon F. Novum Organum scientiarum, 1645. <http://www.jameslindlibrary.org/bacon-f-1645/>

¹⁰¹ Нонака И., Такеучи Х. Компания — создатель знания. — М., 2003. — С. 51.

¹⁰² Основные результаты опубликованы в работе: Орехов В.Д. Современные подходы к трактовке понятия «знание». Вестник МИМ ЛИНК. 2016, № 2. С. 103–109.

¹⁰³ Schumpeter, J.A. The Theory of Economic Development. Cambridge, Harvard University Press, 1951.

¹⁰⁴ Drucker, P.F. Post-Capitalist Society. Oxford, 1993.

изучению постиндустриального общества»¹⁰⁵. Понятие «экономика знаний» связано со следующими основными позициями:

- знания становятся ключевым фактором роста наряду с капиталом и трудом;
- производство знаний становится важнейшим звеном развития экономики;
- резко возрастает роль кодифицированных знаний;
- информационные и коммуникационные технологии становятся важнейшим базисом развития знаний¹⁰⁶.

«В качестве главного поставщика новых знаний наука, прежде всего фундаментальная, играет первостепенную роль в обеспечении роста всех развитых экономик мира... Результаты фундаментальных исследований носят общественный характер и в большей части открыты для всех заинтересованных пользователей. Новые научные открытия и крупные технологические сдвиги, как правило, имеют обширную историю получения фундаментальных результатов и заключают в себе труд ученых многих поколений и нескольких фундаментальных направлений»¹⁰⁷.

Отличие подхода к инновациям в экономике знаний заключается в том, что они базируются не столько на изобретениях и новых комбинациях ресурсов, как раньше, сколько на потоках знаний и информации, полученных в результате целенаправленного развития науки и техники. Инновации же играют роль замыкающего контура, который заставляет двигаться все компоненты экономики знаний и приводит к экономическому развитию и росту качества жизни¹⁰⁸.

Преимущественное развитие сектора услуг по сравнению с промышленным производством является одной из важных черт постиндустриального периода и экономики знания. В развитых странах на долю услуг приходится около 70% добавленной стоимости¹⁰⁹. Главными активами общества знания выступают специалисты, как единственно возможные носители творческого начала и неявного знания¹¹⁰.

По мере приближения эпохи «Знания» возрастает и важность корректного понимания концепции знание. В последние годы в связи с развитием ряда новых научных направлений, таких как кибернетика, управление знаниями, системный подход, понимание концепции знание существенно изменилось, но зачастую мы видим ее устаревшее понимание.

¹⁰⁵ Цит. по: Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. — М., 2007. Раздел: «О понятии “экономика знаний”». http://www.issras.ru/papers/probpr03_2007_Mindeli.php

¹⁰⁶ Там же.

¹⁰⁷ Там же. Раздел: «Наука и технологии».

¹⁰⁸ Там же. Раздел: «Инновации в экономике знаний».

¹⁰⁹ Там же. Раздел: «Сфера услуг и экономика знаний».

¹¹⁰ Цит. по: Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. — М., 2007. Раздел: «От экономики знаний к обществу, основанному на знаниях». http://www.issras.ru/papers/probpr03_2007_Mindeli.php

2.1.2. Определения концепции «знание»

В словарях можно увидеть такое определение концепции «знание»: «проверенный практикой результат познания действительности, верное ее отражение в мышлении человека»¹¹¹. Согласно другому определению: «Знание — это осведомленность или понимание кого и чего угодно, которое можно логически или фактически обосновать и эмпирически или практически проверить»¹¹².

В первом из этих определений существенным является то, что знание — это результат познания действительности. Постулируется также критерий проверки практикой, а также то, что носителем знаний является мышление человека. Вопросы кодификации и значимости знаний остаются за рамками этого определения. Отметим также, что алгоритмы проверки знания практикой и верности отражения в мышлении человека нельзя считать объективными.

Классик философии науки Карл Поппер считал, что требовать обоснования для научного знания нерационально. Он утверждал, что научное знание рационально не из-за его обоснования, а поскольку мы способны критически его анализировать¹¹³. В своей книге «Logik der Forschung, 1934» Поппер указывал на то, что научное знание возникает не из-за появления новых обоснований, а из-за критики гипотез, которые предлагаются для решения новых проблем. Научное знание имеет эмпирический и теоретический уровень, причем корректность доказательства верности теории весьма относительна¹¹⁴.

Согласно «Википедии» (02.01.2016 г.): «Знание — форма существования и систематизации результатов познавательной деятельности человека. Знание помогает людям рационально организовывать свою деятельность и решать различные проблемы, возникающие в ее процессе»¹¹⁵. Довольно странно, что на первое место в таком определении концепции знания здесь ставится некая форма, хотя смысл знания заключен именно в его содержании. Делается также робкая попытка обозначить роль знания в деятельности человечества.

В некоторых определениях этой концепции за исходную позицию принимается функция знания. Например: «Знания — основные закономерности предметной области, позволяющие человеку решать конкретные производственные, научные и другие задачи, а также

¹¹¹ Знание. Советский энциклопедический словарь. М. «Советская энциклопедия», 1987.

¹¹² Философия: Энциклопедический словарь. — М.: Гардарики. Под редакцией А. А. Ивина. 2004.

¹¹³ Поппер К.Р. Логика и рост научного знания. М.: Прогресс. 1983. <http://skepdic.ru/wp-content/uploads/2013/05/popper.pdf>

¹¹⁴ Гейзенберг В. Критерии правильности замкнутой теории в физике / Шаги за горизонт. М.: «Прогресс», 1987. С. 184–187. <http://vikent.ru/enc/1747>

¹¹⁵ Разработка методов и моделей анализа и прогнозирования социально-экономических процессов с учетом фактора человеческого капитала // монография. Под ред. В.Н. Голубкина, В.Д. Орехова. — Жуковский: «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2020. — С. 24.

стратегии принятия решения в этой области»¹¹⁶. Обращает на себя внимание то, что в этом определении знания разделяются на основные и рутинные.

Для того чтобы отделить важное знание от рутинного, можно воспользоваться классификацией, которая принята в менеджменте и опирается на уровень сложности решаемых проблем или сложности управляемых систем: рутинные, простые, сложные и сверхсложные. Пример рутинной проблемы — выбор пути на работу и, соответственно, знания, которые для этого необходимы. Простая проблема — помочь сыну решить задачу по математике (нужно будет вспомнить математику). Сложная проблема предполагает, что нет известного алгоритма ее решения, но это доступно при напряжении интеллектуальных усилий. Сверхсложная проблема не имеет, как правило, корректного решения и не по силам отдельному человеку, а часто и группам людей. Знания, соответствующие ее решению, собираются в течение длительного времени научным сообществом. Например, пандемия коронавируса COVID-19 напрягла усилия ученых многих стран, но и это не помогает в ограниченное время предотвратить тяжелые последствия ее развития. Разработка термоядерного источника энергии продолжается уже многие десятилетия, и сроки ее решения пока не ясны. Как правило, сверхсложными являются проблемы, которые включают в себя нетривиальное участие людей¹¹⁷.

2.1.3. Соотношение понятий «данные», «информация» и «знание»

Известные теории из области «управления знанием» прежде всего указывают на принципиальное различие между данными, информацией и знанием. Так, объем цифровых данных, хранимых во всем мире, в 2006 году составил 161 млрд Гбайт, а объем изданных книг — в 3 млн раз меньше, или 52 000 Гбайт¹¹⁸. В этом смысле данные — это набор объективных данных о событии, а информация — данные, упорядоченные с определенной целью, придающей ей уместность и предназначение.

Известно утверждение некоего мудреца, которое гласит: «Унция знания стоит фунт информации...». В этом определении знание соотносится с близким по природе объектом — информацией. Известна также модель иерархии знаний¹¹⁹, которая представлена на рис. 2.1.

¹¹⁶ Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М.: Радио и связь, 1992.

¹¹⁷ Орехов В.Д. Маркетинг. Курс «Предприимчивый менеджер». R788. Кн. 3. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2005.

¹¹⁸ Объем цифровой информации в 3 млн раз превышает объем книжной. — М., 2007.

¹¹⁹ Skyrme D.J. and Amidone D.M. Creating the Knowledge-Based Business Wimbledon: Business Intelligence Ltd. 1997.



Рис. 2.1. Модель иерархии знаний по Skyrme and Amidone

Применительно к этой модели интуитивно понятно, в каком виде представляются данные, информация и знание, чего нельзя сказать о мудрости. Ряд авторов считают, что знания, в отличие от информации, должны быть полезными, т.е. готовыми к продуктивному применению в определенном контексте^{120, 121}. Такое свойство важно для знаний, используемых конкретной организацией или человеком. Знание же объективных законов природы или общества практически всегда может найти применение.

Таким образом, важно обратить внимание на значительное различие между всеобщими законами природы и общества и локальными и очень многочисленными знаниями о локальных явлениях, связанных с конкретными людьми, сегментами потребителей, компаниями, географическими зонами и техническими устройствами. По своей природе эти знания ближе к информации и четкое различие между ними не всегда можно провести.

Известные классификации выделяют также следующий ряд видов знания^{122, 123}:

1. *Причины, цели* (видение). Отвечает на вопрос: «Почему?» Этот вид знания дает основания для структурирования проблем и стремления к достижению успеха.

2. *Предмет знания* (факты, концепции, теории, конструкции). Отвечает на вопрос: «Что?»

3. *Алгоритмы* (процедуры, методы, ноу-хау, технологии, навыки, умение сделать на практике). Отвечает на вопрос: «Как сделать?»

4. *Альтернативы* (варианты, нюансы). Отвечает на вопросы: «Кто?», «где?», «когда?», «в каких условиях?»

По своей форме знания, как правило, делят на количественные и качественные. Однако такой взгляд далеко не полон. Человеческое мышление, которое сочетает в себе

¹²⁰ Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знания. М.: Экономика, 2007.

¹²¹ Управление знаниями в организациях: Учеб.-метод. пособие / Подгот. Н.М. Жаворонковой. Под ред. В.Н. Голубкина. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2007.

¹²² Skyrme D.J. and Amidone D.M. Creating the Knowledge-Based Business Wimbledon: Business Intelligence Ltd. 1997.

¹²³ Quinn, J.B., Anderson, P. Finkelstein, S. Managing professional Intellect. Harvard Business Review. 1966. March–April, pp. 71–83.

качественные и количественные инструменты, является ярким примером, демонстрирующим возможности расширения ассортимента форм, в которых представляются знания. Так, в рамках системного подхода широко используются системные схемы, которые позволяют выйти за узкие рамки количественных и качественных форм знаний. Хотя формально они относятся к качественным знаниям, но значительно расширяют возможности представления знаний за счет кодификации объектов и явлений не только словами, но и схемами, а также за счет учета связей между подсистемами.

Когнитивный метод, предложенный американским ученым R. Axelrod¹²⁴, расширяет возможности системного подхода, используя форму отражения информации, близкую к той, которая соответствует мыслительным процессам в мозгу человека. Она столь же нечеткая и слабо структурированная, но именно такими категориями мыслит человек, и именно такое универсальное представление знаний позволяет ему реально мыслить. Такое представление знаний и информации значительно более универсально, чем чисто количественное представление, и более точное, чем качественное. Этот когнитивный метод, хотя и является в основном количественным, но в силу того, что форма его нечеткая и слабо структурированная, имеет связь и с качественными методами. Общая система качественных и количественных форм знаний представлена на рис. 2.2.

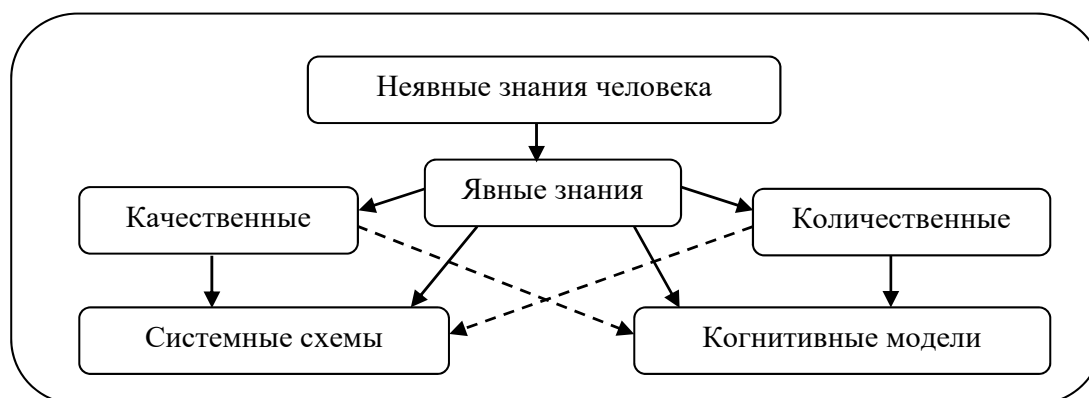


Рис. 2.2. Разнообразие форм знаний

Знание — это информация, наделенная смыслом, действенная, готовая к использованию. Для преобразования информации в знание используется процесс осмысления, который включает в себя следующие этапы¹²⁵:

1. Сбор информации.
2. Анализ информации.

¹²⁴ Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.

¹²⁵ Управление знаниями в организациях: Учеб.-метод. пособие / Подгот. Н.М. Жаворонковой. Под ред. В.Н. Голубкина. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2007.

3. Синтез нового.
4. Обмен наработками с коллегами.
5. Повторное использование.

Еще один подход к преобразованию информации в знание представляет собой процедуру **4С**, которая включает в себя¹²⁶:

1. *Сравнение*: как информация о данной ситуации соотносится с другими?
2. *Следствия*: какие последствия может иметь информация для действий?
3. *Связи*: как данная информация соотносится с другой?
4. *Суждения*: что об этой информации думают другие люди?

Отметим, что для преобразования данных в информацию используется процедура **5К**, которая включает в себя¹²⁷:

1. *Контекстуализацию*: фиксацию целей, с которыми собраны данные.
2. *Категоризацию*: фиксацию составных частей или компонент данных.
3. *Калькуляцию*: математическую обработку данных.
4. *Корректировку*: выявление и исключение ошибок.
5. *Конденсацию*: преобразование данных в более компактную форму.

2.1.4. Явное и неявное знания

Знание может быть представлено в явном виде (кодифицировано, формализовано) или неявном (скрытом, неформализованном). Явное знание выражается в словах, цифрах, знаках, формулах, схемах, образах и т.д. Такое знание легко передается и размножается, поэтому оно доступно всему человечеству и оказывает значительное влияние на продуктивную деятельность.

В представленных выше определениях понятия знание подчеркивалась важность проверки знаний. Однако проверять можно в основном явное знание. Очень не просто проверить то, что находится в голове человека.

В процессе мышления и практической деятельности люди в основном оперируют неявными знаниями, находящимися в их сознании. При этом в явное знание может быть преобразована лишь малая часть неявного знания, то, что удастся кодифицировать и не является рутинным знанием. Явное и неявное знания тесно взаимосвязаны. Четыре вида трансформации в процессе создания знания, согласно теории Нонака и Такеучи¹²⁸, представлены на рис. 2.3¹²⁹ (в скобках даны синонимы оригинальных терминов; явное знание визуализировано стопкой книг, а неявное — силуэтом головы).

¹²⁶ Там же.

¹²⁷ Davenport, T.H. and Prusak, L. Working Knowledge. Boston, 1997.

¹²⁸ Нонака И., Такеучи Х. Компания — создатель знания. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. — С. 88.

¹²⁹ Схема доработана авторами.

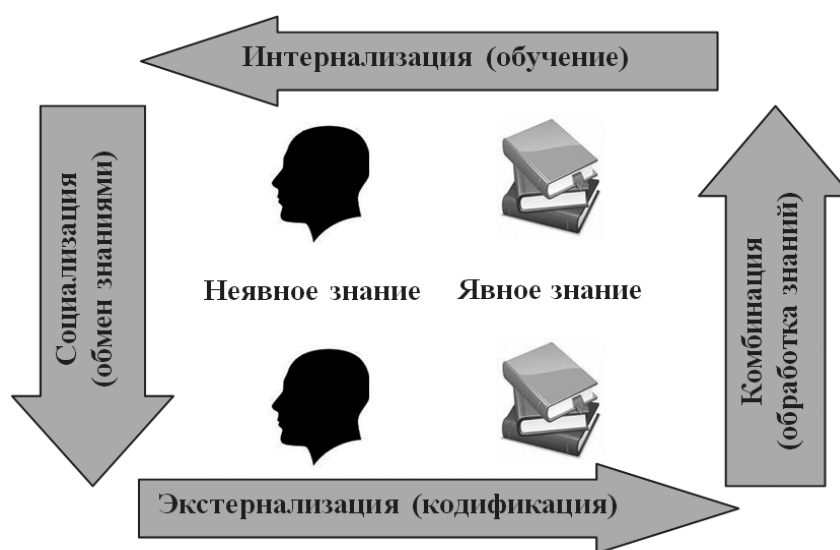


Рис. 2.3. Виды трансформации знания в процессе его создания

Следует отметить, что характеристики носителей и создателей знания, приведенные ниже, постоянно развиваются со временем, что открывает новые возможности создания как явного, так и неявного знания.

1. Мышление людей, речь
2. Письменность, рисунки
3. Книгопечатание, цветопередача
4. Математическое представление и измерения
5. Фиксация и передача звуков (фонограф, телефон)
6. Фотография и кино
7. Телепередача и видеосъемка
8. Электронные, магнитные, оптические и другие носители
9. Компьютерные программы и модели, цифровое представление
10. Интернет-сети, мобильная связь, большие данные
11. Нейронные и самообучающиеся системы
12. Суперкомпьютеры XXI века, интеллектуальные модели
13. Квантовые компьютеры
14. Искусственный интеллект
15. Суперинтеллект¹³⁰ (ИИ эквивалентный научному сообществу мира).

Поскольку оперативная память человека очень ограничена (7 ± 2 блока информации)¹³¹, а человеческое мышление обладает свойством регулярно переключаться с одной

¹³⁰ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: монография. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

¹³¹ Миллер Дж.А. Магическое число семь плюс или минус два. В книге Психология памяти / Под ред. Ю.Б. Гиппенрайтер и В.Я. Романова. — М.: ЧеРо, 1988. (Серия: Хрестоматия по психологии). — С. 564.

логической линии на другую, ведение записей в *явном* виде, а также визуализация в виде образов значительно повышают эффективность *скрытой* мыслительной деятельности.

2.2. Процесс познания

2.2.1. Знание с точки зрения системного подхода

С точки зрения системного подхода важно понимать, в какой надсистеме находится данная система (знание) и какую функцию она в ней выполняет. Для знаний такой надсистемой является система «познания» или «мыслимого»¹³² (рис. 2.4).

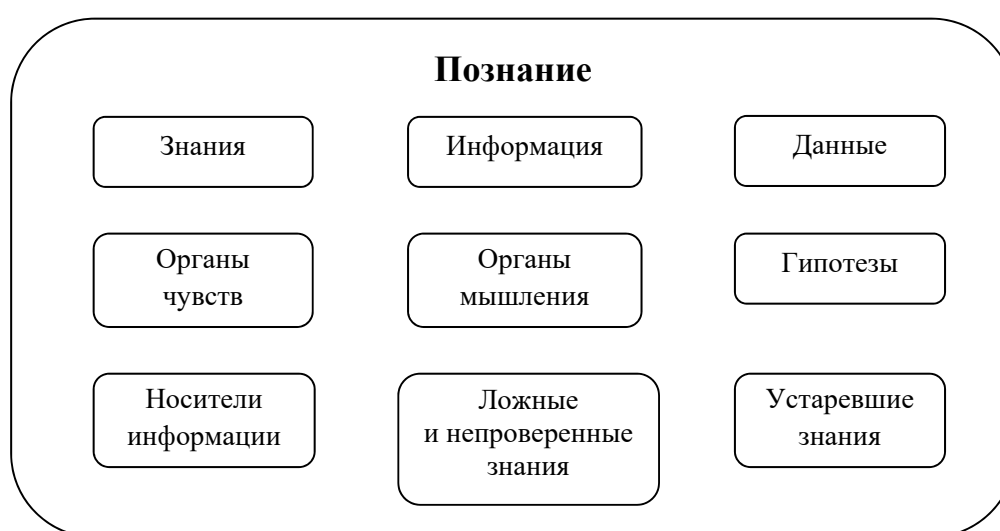


Рис. 2.4. Системная карта надсистемы познания

Кроме знания, к этой надсистеме можно отнести такие подсистемы, как данные, информация, гипотезы, ложные знания, органы чувств и мышления, носители информации, устаревшие знания и др. В надсистему познания входят также методики познания, проверки знаний практикой и верности их отражения в мышлении человека, однако они являются подсистемами знания.

В рамках надсистемы познания знания являются *результатом* процесса познания. Важную роль знания выполняют в надсистеме более высокого уровня, которую можно назвать «Мыслящее человечество» (рис. 2.5).

Знание является основной движущей силой развития материальной деятельности человечества, а эта деятельность, в свою очередь, способствует улучшению условий жизни и росту численности популяции, что далее приводит к росту числа специалистов, занимающихся познанием и, соответственно, знания.

¹³² Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знания. М.: Экономика, 2007.



Рис. 2.5. Место знания в надсистеме мыслящего человечества

Более детально данную систему можно представить в виде цикла оборота знаний¹³³ (рис. 2.6), в котором знания являются источником для повышения квалификации работников, производственной деятельности человечества и роста производства материальных благ, потребляемых обществом. В свою очередь, знания являются результатом как производственной деятельности людей, так и процесса познания, включая инновационную деятельность. Работа этого цикла за 3 миллиона лет привела к увеличению числа людей примерно в 70 000 раз, а объем знаний увеличился почти в 100 000 раз.

Таким образом, зона познания постоянно расширяется. Анализ надсистемы знания позволяет утверждать, что «Знание является результатом познания людьми реальной действительности, основой производственной деятельности и закономерного развития человечества».

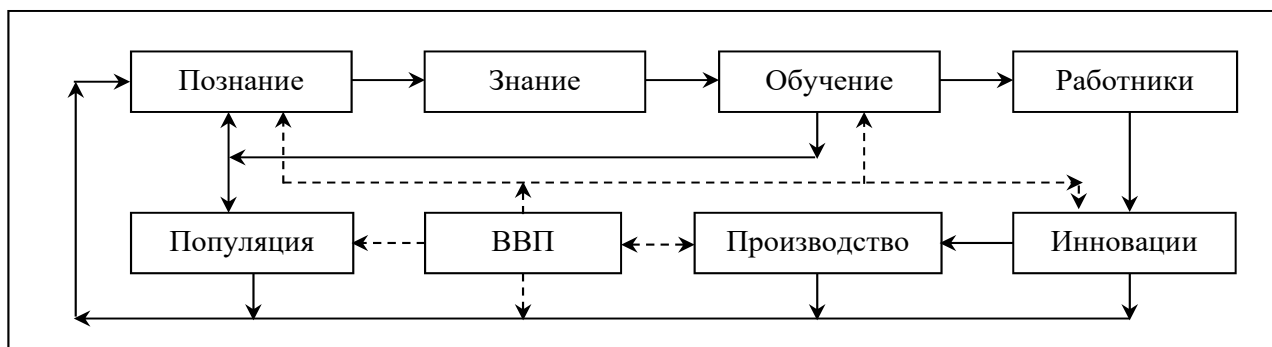


Рис. 2.6. Цикл оборота знаний

Следует отметить, что часть знаний устаревает, поскольку появляются теории, более точно соответствующие действительности, и переходит в зону, которую называют «псевдознанием»¹³⁴, хотя точнее было бы называть их «ретрознанием».

¹³³ Орехов В.Д. Инновационное развитие в условиях глобализации: Матер. XXI междунар. научн.-практ. конфер. «Инновации в науке». — Новосибирск: СибАК, 2013. — С. 81. <http://sibac.info/2009-07-01-10-21-16/8286-2013-06-26-23-19-36>

¹³⁴ Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знания. М.: Экономика, 2007.

2.2.2. Виды знания в процессе познания

Последовательность преобразований, которые происходят с объектами системы знания в ходе познания, условно представлена на рис. 2.7. Справа на схеме даны общие названия объектов, слева — их возможные реализации. Стрелкой обозначено то направление, в котором движется познание человечества, расширяя сферу познанного и стремясь в будущем наиболее полно познать действительность.



Рис. 2.7. Типы знания в процессе познания

Вот краткий комментарий к данной схеме:

1. Целью познания является достоверное понимание реальной действительности. Приближаясь к ее пониманию, человечество никогда не может достигнуть абсолютного (истинного) понимания.
2. В реальном мире есть не только то, о чем мы имеем некоторое представление (мыслимое), но и немыслимое — то, о чем мы не имеем никаких знаний и даже не можем фантазировать.
3. Первым шагом к мыслимому являются фантастические идеи.
4. На базе фантазии путем соотнесения ее с реальностью появляются гипотезы, которые относятся к системе мыслимого.
5. Следующим шагом к знанию является получение данных за счет наших органов чувств, измерительной техники или сравнения известных достоверных данных.
6. То, о чем мы имеем данные, может быть отнесено к системе ведомого.
7. Далее мы попадаем в систему познаваемого (познания), и шагами на этом пути является проверка гипотез и преобразование данных в информацию.
8. Затем в процессе мышления или деятельности рождается неявное (скрытое) знание.

9. Путем кодификации (публикации и другие формы) неявное знание превращается в явное.

10. Далее происходит проверка знаний на практике, критический анализ экспертным сообществом (научным и профессиональным) и публикация знаний в апробированном виде.

11. На следующем этапе явное знание преобразуется в учебные материалы, которыми овладевают массы специалистов. В результате обучения происходит превращение явного знания в неявное (знания, навыки компетентности), которое люди могут использовать на практике.

12. С использованием этих знаний создаются новые технологии и техника, с помощью которых производятся товары и услуги, повышающие уровень жизни людей.

13. С течением времени знание начинает устаревать и превращаться в ретрознание, которое не соответствует современному пониманию вопросов и со временем сдается в архивы.

Крайней формой ретрознания является псевдознание, которое включает в себя всевозможные формы псевдонаучного, мифологического, астрологического, мистического и т.д. знаний. Нередко эти знания используются некоторыми людьми для мошеннической деятельности. В последнее время в СМИ наблюдается активизация проповедников этих форм знания, которых можно увидеть по телевидению, возможно, чаще, чем выступления ученых. Иногда псевдознание выдается за гипотезы, хотя эти виды знания находятся в различных позициях процесса познания. Президент РАН В. Фортов отметил, что число лжеученых в мире почти сравнялось с количеством ученых и составило 6 млн человек.

Познавательный процесс движется не только в указанном выше направлении, но на отдельных этапах и в противоположном. Так, в процессе обучения учебное знание преобразуется в явное. Знания, которые используются на практике, порождают большое количество данных и являются источником гипотез, явного и неявного знания и т.д. Кроме того, реальные научные произведения включают в себя значительное число данных, информации, гипотез и ретрознания. При изменении потребностей людей ретрознание может поступать в повторный оборот, а также используется в виде данных для отслеживания исторических процессов.

Вместе с тем данная схема демонстрирует, что знание никогда не бывает абсолютным и досконально проверенным на соответствие действительности. Оно содержит динамическую смесь различного типа знаниеобразных структур.

Следует также отметить, что проведенный анализ концепции в дальнейшем следует дополнить вопросами измерения знания, которые рассмотрены, в частности, в работах^{135, 136}. Подводя итог анализу характеристик знания, сформулируем краткое определение понятия знание.

¹³⁵ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

¹³⁶ Орехов В.Д. Измерение количества явных и неявных знаний. Вестник МИМ ЛИНК. 2016, № 3.

Знание — это существенные результаты познания реальной действительности, являющиеся основой образования, производственной деятельности и закономерного развития человечества, отраженные в мышлении или на носителях информации и прошедшие критическую проверку квалифицированными экспертами.

2.2.3. Научные парадигмы и создание знания

Книга Томаса Куна «Структура научных революций»¹³⁷, представляющая собой анализ истории науки, вышла из печати в 1962 году и стала значительным событием в учении о методологии. В ней показано, что научное знание развивается скачками, путем научных революций, в ходе которых меняются научные парадигмы. Т. Кун подверг сомнению кумулятивную модель развития науки, согласно которой любая последовательность новых открытий представляет собой движение науки вперед. По его мнению, в науке существует конкуренция научных теорий и школ, и нередко одни направления подавляют другие. Важную роль в этом процессе играет научная парадигма.

По определению Томаса Куна, парадигмами являются одно или несколько взаимосогласованных научных достижений, признанных научным сообществом в качестве основы для последующей исследовательской деятельности в определенной научной области. В качестве доказательства он приводит пример парадигмы в сфере оптики, согласно современному пониманию которой свет состоит из потока фотонов, которые обладают свойствами и волн, и частиц одновременно. Это понимание было сформировано Планком, Эйнштейном и другими учеными в начале XX века. Однако согласно предыдущей парадигме, опирающейся на работы Френеля и Юнга, выполненные в начале XIX века, физики считали, что свет является поперечными волнами. Еще более ранняя парадигма XVIII века базировалась на «Оптике» Ньютона, который утверждал, что свет состоит из материальных частиц. Эти переходы от одной парадигмы к другой реализуются через революции, которые происходят в зрелых науках.

Однако такие революции не происходят в науках, в которых нет общей точки зрения по определенным важным вопросам. Так, до XVII века было много противостоящих школ, которые по-разному относились к природе света. Аналогичные события есть в истории большинства наук. Важно, что отсутствие парадигмы ведет к сумбурному накоплению информации в соответствующей научной сфере. На ранних этапах развития любой науки исследователи далеко не всегда одинаково характеризуют одни и те же явления. Именно парадигма позволяет сделать работу по отбору и интерпретации исследований более эффективной.

¹³⁷ Kuhn T. (1962). The Structure of Scientific Revolutions / Chicago: University of Chicago Press, 1962. (русский перевод «Структура научных революций» М., Прогресс, 1977).

Парадигма становится таковой, поскольку ее использование ведет к успеху быстрее, чем альтернативные способы решения исследовательских проблем. В рамках парадигмы ученые много внимания уделяют «наведению порядка» в сфере данной науки, решению неисследованных в ее рамках вопросов и переосмыслению их на базе единой парадигмы. Именно такую науку Т. Кун называет «нормальной наукой». Ученые, работающие в рамках нормальной науки, не ставят себе задач создания новых теорий, не вмещающихся в рамки такой науки. Они также нетерпимо относятся к тем, кто пытается создать такие теории. Этот механизм нацеливает ученых на максимально углубленное, точное исследование этой ограниченной области деятельности нормальной науки.

Основные классы проблем, которые решает нормальная наука в своих рамках, это установление важнейших фактов, сопоставление этих фактов с теорией и разработка теорий. Фактически нормальная наука действует по кумулятивному алгоритму, успешно расширяя пределы научного знания. Однако бывают и экстраординарные открытия, которые выходят за эти рамки и ведут к научным революциям. Создается впечатление, что такие сюрпризы достаточно закономерны, и они ведут к изменению научных парадигм.

Но к изменению парадигмы ведут только отклонения, поражающие научную парадигму в самую сердцевину. Научные революции — это некумулятивные фазы развития науки, в течение которых старая парадигма частично или полностью замещается новой, несовместимой с предыдущей.

Наряду с этим в настоящее время принята такая интерпретация функций научной теории, согласно которой новая теория, как правило, не должна вступать в явное противоречие с предыдущей. Т. Кун рассматривает соотношение между уравнениями динамики тел по Эйнштейну и по Ньютону, которые дают различные результаты, и одновременно теория Ньютона не признается ошибочной. «Но парадигмы отличаются более чем содержанием, ибо они направлены не только на природу, но выражают также и особенности науки, которая создала их. Они являются источником методов, проблемных ситуаций и стандартов решения, принятых неким развитым научным сообществом в данное время. В результате восприятие новой парадигмы часто вынуждает к переопределению основ соответствующей науки».

Рассматривая процесс утверждения новой парадигмы, Т. Кун отмечает, что поскольку не существует никакой эмпирически или научно нейтральной системы понятий, то проверка альтернативных парадигм или теорий будет происходить на основе существующей парадигмы, что делает перспективы новой теории весьма сомнительными. Единственная возможность для сторонников новой теории заключается в возможности решить проблемы, которые привели к кризису старой парадигмы.

Подводя итог представленным в данном разделе понятиям, отметим, что мы определили с системной точки зрения место знания в познании и производительной деятельности, а также представили уточненное определение концепции знания.

2.3. Измерение количества знаний

*Если не можете что-либо измерить,
то не можете этим управлять.
Peter Drucker*

Современная цивилизация стремится стать обществом знания. Ряд стран утверждают, что они построили «экономику знания». Но могут ли они утверждать, что сегодня знания стало больше, чем вчера, и насколько? И какого знания, явного (формализованного, кодифицированного) или неявного (скрытого)? Евро-американская и японская¹³⁸ традиции управления дискутируют относительно приоритета того или иного типа знания.

Кодифицированное знание зафиксировано в книгах, статьях и на других печатных и электронных носителях, оно может быть легко распространено по всему миру и быстро становится источником мирового богатства. Некодифицированное знание находится в разуме людей (в мыслительных структурах) и является как базой для реальной мыслительной и продуктивной деятельности, так и источником появления новых знаний. При этом в явное знание может быть преобразована лишь малая часть скрытого знания — то, что удастся кодифицировать и не является рутинным знанием. До последнего времени только люди могли создавать новые знания, хотя современные компьютерные программы начинают претендовать на эту роль.

2.3.1. Измерение различных типов знания

Выше мы представили «пространство знания» исходя из понимания процесса познания (рис. 2.7) и поняли, что существует значительное количество разнообразных объектов типа знания, которые совместно наполняют это пространство. Измерение всех их является особой задачей исследователя.

Данные и информацию можно относительно легко измерить в байтах, мегабайтах и т.д., поскольку они, как правило, размещены на различных электронных носителях. Но не всегда легко отличить данные от информации.

Научное знание измерять относительно просто, поскольку сейчас для этого разработаны специальные методы учета числа публикаций и показатели их цитируемости (индекс Хирша и т.д.). Соответственно, существует несколько наукометрических баз данных: Scopus, SCImago, Web of Science, Science and Engineering Indicator и другие. Отдельным блоком научных знаний являются патенты. Правда, объективность измерения научных знаний снижается за счет языковых барьеров, поскольку в учет попадают

¹³⁸ Нонака И., Такеучи Х. Компания — создатель знания. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. 361 с.

в большинстве случаев научные статьи, публикуемые на английском языке. Также не совсем ясен вопрос учета объема этих публикаций.

Фантастические идеи фиксируются определенными базами данных, существует классификация научно-ориентированных фантастических идей. Основная проблема с этим типом знания заключается в их низком статусе. Однако вполне возможно создать базу научных фантастических идей, которые при правильном структурировании будут служить активатором научно-технической деятельности R&D-специалистов. Объем данного вида знаний измеряется в единицах (штуках).

Гипотезы. Этот вид знаний является ключевым в процессе познания. Однако гипотезы не имеют формального статуса, как учитываемый вид знаний, и часто не воспринимаются как достижение познания. Их учет можно формализовать, но это требует проработки вопроса отделения статуса научных гипотез от фантастических идей и псевдознания, что можно осуществлять, например, на уровне экспертного сообщества. Число гипотез измеряется в единицах без учета объема описательной информации.

Явное знание. Следует отметить значительные успехи в области учета объема создаваемых человечеством знаний. Так, создано несколько реферативных баз, которые позволяют достаточно полно учесть объем опубликованных работ в области исследований и разработок, особенно за последнее столетие. Например, на рис. 2.8 представлена общая картина публикационной активности в мире по 39 млн публикаций за 1817–2010 годы, согласно реферативной базе Scopus¹³⁹.

На ноябрь 2012 года в этой базе зафиксировано 49 млн публикаций в журналах и конференциях, в том числе 28 млн опубликованных после 1996 года, а также 25 млн патентов и 376 млн индексированных научных веб-страниц¹⁴⁰. В настоящее время, согласно базе Scopus, ежегодно во всем мире публикуется более миллиона статей и патентов, причем производится тщательный отбор изданий, публикации в которых берутся в учет, и тем самым гарантируется минимальный уровень дублирования знаний, попадающих в эту базу.

Таким образом, важность научных знаний для развития человечества не подвергается никаким сомнениям. Тем более странно, что в рассмотренных выше теориях развития человечества столь мало учитывается фактор знания.

¹³⁹ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, March 8, 2011. <http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>

¹⁴⁰ Scopus. Content Coverage Guide, 2013. http://cdn.elsevier.com/assets/pdf_file/0019/148402/contentcoverageguide-jan-2013.pdf

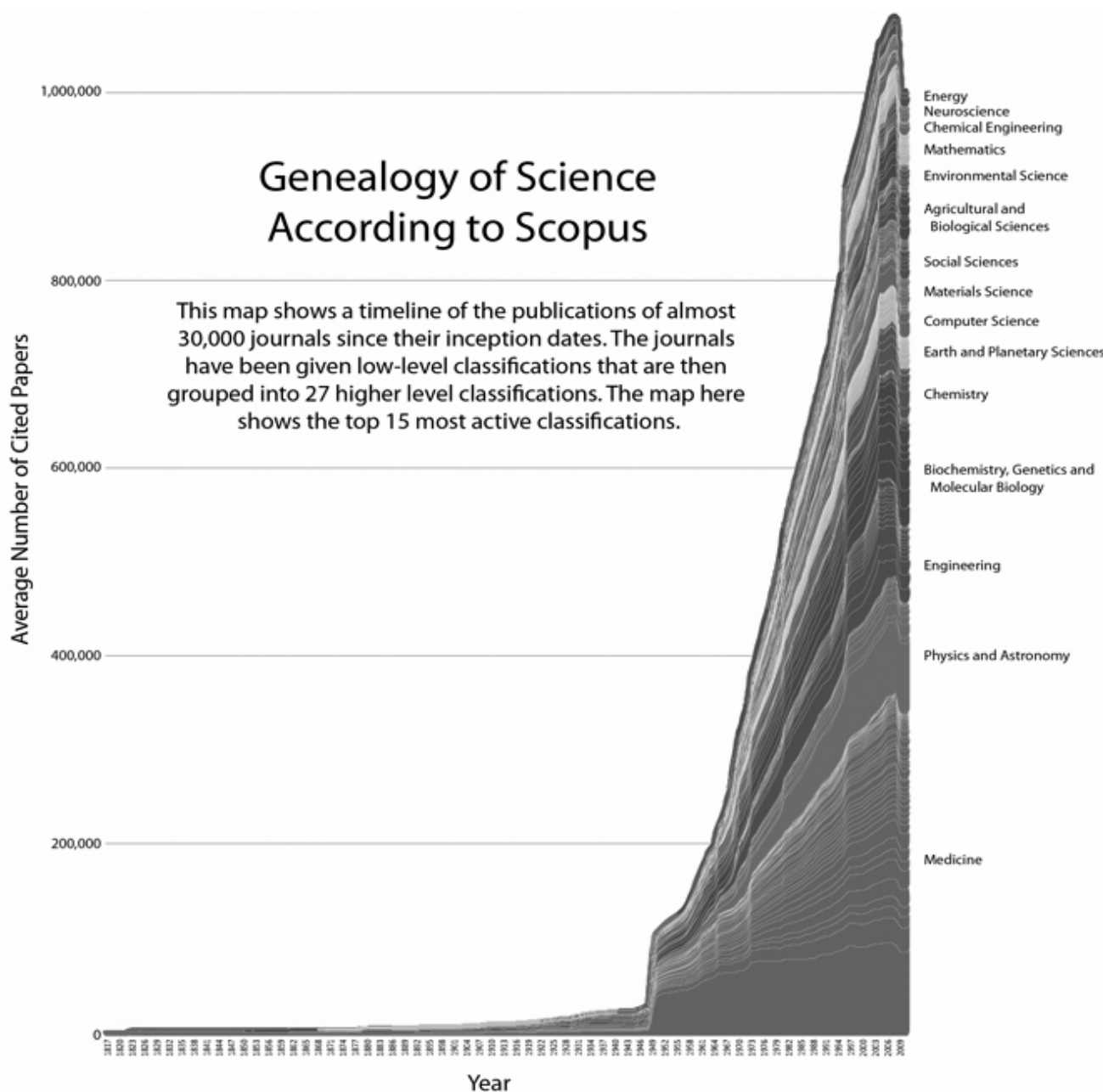


Рис. 2.8. Объем научных публикаций, согласно реферативной базе Scopus

2.3.2. Измерение явного знания на основе библиотечных фондов

Поскольку до демографического перехода большая часть кодифицированной информации хранилась на бумажных носителях, естественно, что и объем знаний в этот период связан с объемом изданных книг. Будем учитывать в качестве знания только явную информацию, способствующую развитию производства мирового ВВП. В качестве базы данных об объеме знаний человечества используем данные по объему хра-

нения книг, брошюр и т.д. в крупнейших библиотеках мира, в частности в Библиотеке Конгресса США^{141, 142, 143} (табл. 2.4).

Понятно, что в Библиотеке Конгресса хранятся не все знания мира, но она является крупнейшим хранилищем знаний в настоящее время. Кроме того, в ней имеются дубликаты. Поэтому с некоторым приближением можно принять объем хранения в ней за все знание человечества.

К разряду «знания» в табл. 2.1 относятся в основном книги и брошюры (журналы). Остальные позиции содержат в большей мере информацию, данные, гипотезы, ретрознания и т.д.

Таблица 2.1. Фонды Библиотеки Конгресса США

Единиц хранения, млн	1960	2000	2012	2019	2021 ¹⁴⁴
Книг и брошюр	14,5	30	35,8	39	40,9
Томов переплетенных газет	1,32	> 1			
Рукописных материалов	29	58	68	70	75,7
Публикаций правительства США		> 1			
Нотно-музыкальной литературы	3,3		6,6		8,2
Географических карт	3	4,8	5,5	5,5	5,6
Фотографий		12		14	17,5
Звукозаписей		2,7	3,4	8,1	
Микрофильмов		0,5	16,7		17,5
Всего единиц хранения		130	155		173
Длина полок, км		850			
Объем в цифровом виде, Гбайт		18 000			

Для определения единицы явного знания воспользуемся данными, относящимися к 2000 году, для которого имеются оценки объема хранения в Библиотеке Конгресса и в цифровом, и в бумажном виде. В это время он составлял 18 гигабайт, или 30 млн книг и брошюр.

В качестве единицы измерения знания (Z) введем единицу — «условная книга», или сокращенно (у.к.). Размерность $Z = [Z] = \text{у.к.}$. Одна условная книга равна по объему знания книге, которая при оцифровании будет содержать объем информации в размере 1 Мбайт. Введением такой единицы мы показываем значительное различие между знанием и информацией. В печатном виде 1 у.к. имеет объем примерно 100 страниц фор-

¹⁴¹ Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. — 2007. — № 7.

¹⁴² Библиотека Конгресса. — Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

¹⁴³ General Information — About the Library (Library of Congress). 2012. <http://www.loc.gov/about/general-information>

¹⁴⁴ Главная Информация. Библиотека Конгресса. URL: <https://www.loc.gov/about/general-information/> — 2022.

мата А4 с малым содержанием иллюстраций. В 2000 году объем знаний в Библиотеке Конгресса составлял 18 гигабайт, что соответствует 18 млн у.к. (см. табл. 2.1). Таким образом, одна книга (брошюра, журнал) в этой библиотеке эквивалентна 0,6 у.к.

В качестве еще одной точки для определения количества знаний можно взять Александрийскую библиотеку. Она была создана примерно в 300 году до н.э. В ее хранилищах было от 100 000 до 700 000 свитков¹⁴⁵. Исходя из представления об объеме свитка, можно принять, что количество размещенных на нем знаний составляет порядка 1/5 у.к. Будем считать объем знаний, хранящихся в этой библиотеке, за все знания мира на то время ~ 80 тыс. у.к. Суммарные данные о динамике явных знаний человечества приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Динамика объема явных знаний человечества

№	Библиотека	Год	Население Земли, млрд чел.	Количество знаний, млн у.к.	Объем хранения (брошюр), млн	Количество знаний на 1000 человек, у.к.
		T	N	Z		Z / N
1	Конгресса (США)	2021	8,00	24,54	40,9	3,07
2		2019	7,70	23,4	39	3,03
3		2017	7,55	23,4	39	3,10
4		2012	7,13	21,5	35,8	3,02
5		2000	6,14	18,0	30	2,93
6		1996	5,82	18,0	30	3,09
7		1960	3,03	8,7	14,5	2,87
8	Александрийская	–300	0,086	0,08	0,13	0,93
9	Зарождение человечества	–1,6 млн лет	0,1	0,00002		0,20

В качестве первой по времени точки в рассматриваемом ряду данных о явных знаниях можно взять время возникновения человечества, которое относится к периоду примерно 1,6 млн лет назад, когда число людей составляло около 100 тыс.¹⁴⁶ Поскольку в то время не существовало разделения предков людей по профессиям, то за объем знаний человечества можно принять объем нейронной памяти одного индивидуума, степень развития которого превосходит шимпанзе, но меньше, чем современного человека, ~ 20 у.к.¹⁴⁷ Но в данной работе мы не будем детально рассматривать столь далекие времена, хотя изобретательство началось еще тогда. Тем не менее отметим, что единая

¹⁴⁵ Советский энциклопедический словарь. — М., 1987.

¹⁴⁶ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012. — С. 42.

¹⁴⁷ Анисимов В.А. О законе возрастания сложности. URL: www.yugzone.ru/articles/438, 2006.

закономерность роста знания действовала с того времени и количественно она почти не отличалась от более позднего времени¹⁴⁸.

Для определения аналитической зависимости количества знаний от численности человечества построим регрессионную зависимость (рис. 2.9) для данных, представленных в таблице 2.2. Здесь квадратная точка соответствует Александрийской библиотеке, а ромб — 1960 году.

Как видно из рис. 2.9, темп роста знаний человечества пропорционален числу людей в степени примерно 1,266. Выражение для объема знаний человечества представлено в формуле (2.1). В квадратных скобках указана размерность величин Z и N .

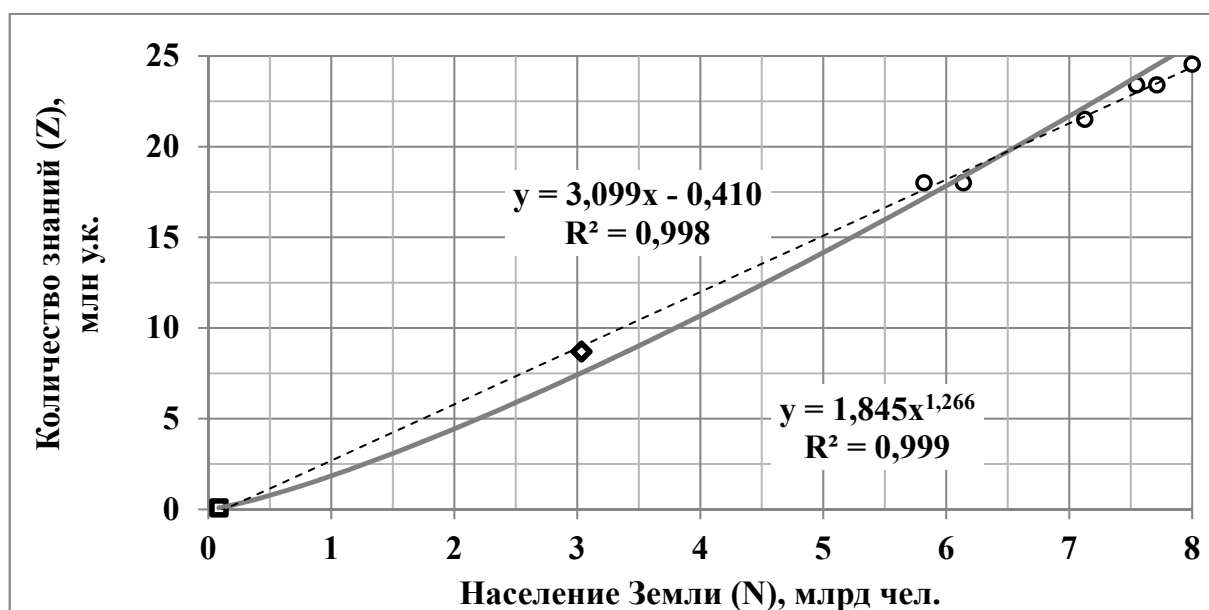


Рис. 2.9. Зависимость количества знаний человечества от числа людей

$$Z \text{ [млн у.к.]} = 1,85 \cdot N \text{ [млрд чел.]}^{1,266} \quad (2.1)$$

Погрешность регрессии для зависимости (2.1) составляет $\Delta R^2 = 1 - R^2 = 0,1\%$. Данные точки хорошо аппроксимируются и линейной зависимостью (пунктирный тренд на рис. 2.9), но тогда погрешность регрессии возрастает до $\Delta R^2 = 0,2\%$. Для того чтобы избавиться в формуле (2.2) от иррациональности в степени, перейдем от показателя $k = 1,266$ к близкой величине — показателю $k = 5/4 = 1,25$. Как было показано выше, даже при $k = 1$ погрешность регрессии для количества знаний остается на уровне не выше $0,2\%$. При $k = 5/4$ погрешность регрессии будет незначительно больше $0,1\%$, однако несколько изменится коэффициент в формуле (2.2), который определим при $T = 2000$. В этом случае коэффициент в формуле (2.1) увеличится с $1,85$ до $1,90$. Если число людей дано в единицах, а не миллиардах, то выражение для Z будет иметь вид:

¹⁴⁸ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: монография. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

$$Z [\text{млн у.к.}] = 7,65 \cdot 10^{-6} \cdot N [\text{чел.}]^{1,25} \quad (2.2)$$

Полученная зависимость количества знаний от числа людей позволяет выявить очень важную закономерность. Рассмотрим темп роста мирового ВВП на душу населения (далее ВВП/Д или G/N) по паритету покупательной способности (ППС), в зависимости от численности человечества (N). Соответствующая зависимость представлена на рис. 2.10, где ВВП дано в тысячах международных долларов (K\$) 1990 года, согласно данным А. Maddison¹⁴⁹.

$$G/N [\text{K\$}] = 0,672 \cdot N [\text{млрд}]^{1,267} \quad (2.3)$$

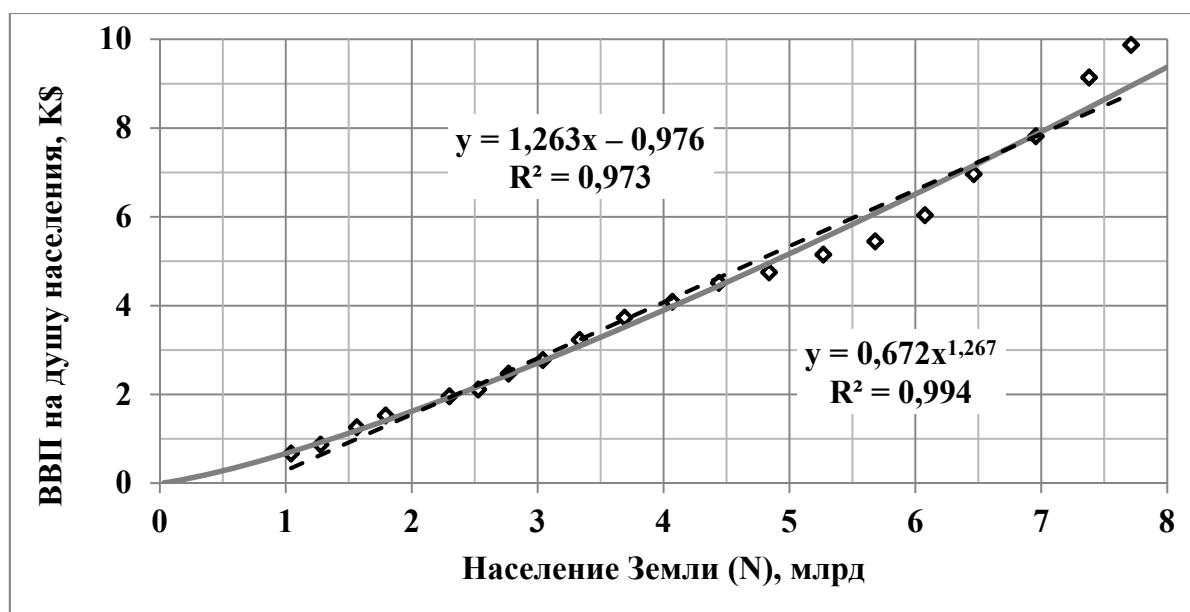


Рис. 2.10. Зависимость ВВП/Д от численности населения Земли

Видно, что данная зависимость (2.3) также является степенной с показателем степени 1,267, причем погрешность аппроксимации также достаточно мала — $\Delta R^2 = 0,6\%$.

Из выражений (2.1) и (2.3), с точностью до показателя степени, отличающегося в третьем знаке, следует, что величина ВВП/Д пропорциональна объему знаний человечества — Z и выражается формулой:

$$G/N [\text{K\$}, 1990] = 0,364 \cdot Z [\text{млн у.к.}] \quad (2.4)$$

В формуле (2.3) величина G/N выражена в тыс. долл. 1990 года, а количество знаний в млн. у.к. Если перевести величину ВВП в доллары 2021 года (дефлятор 1,841¹⁵⁰), то формула (2.4) примет вид:

¹⁴⁹ Maddison, A. (2008) Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD. GGDC.

¹⁵⁰ Inflation, GDP deflator (annual %) — United States. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.DEFL.KD.ZG?locations=US&view=chart>

$$G/N \text{ [K$, 2021]} = 0,670 \cdot Z \text{ [млн у.к.]} \quad (2.5)$$

В 2021 году количество знаний человечества составляло 24,5 млн у.к., откуда, согласно (2.5), следует, что $G/N = 16,4 \text{ K$}$. Величина мирового ВВП по ППС в 2021 году составила 146,1 трлн долл. США, а население Земли — 7,95 млрд чел. Соответственно, $G/N = 18,4 \text{ K$}$, что больше, чем согласно формуле (2.5). Однако, как видно из рис. 2.10, реальное значение ВВП на душу населения вблизи точки с $N = 8$ млрд примерно на 10% больше, чем согласно тренду (2.4), чем и объясняется полученное рассогласование.

Величина ВВП/Д характеризует среднюю стоимость получаемых населением товаров и услуг. Но поскольку большинство благ производится работниками, численность которых составляет около 50% населения, то с коэффициентом, примерно равным двум, величина G/N характеризует среднюю производительность труда. Таким образом, средняя производительность труда в мире прямо пропорциональна количеству явных знаний человечества.

Согласно уравнению (1.3), до 1960 года число людей выражается формулой $N \approx C/(T_s - T)$. Подставляя это выражение в выражение (2.2), получим зависимость количества знаний от времени в период гиперболического роста человечества:

$$Z \text{ [у.к.]} = 1,5 \cdot 10^9 / (2025 - T)^{1,25} \quad (2.6)$$

Формула (2.6) верна в период гиперболического роста человечества (до 1960 года и с некоторой погрешностью до 1975 года). Используя формулу (1.3), можно получить выражение для объема знаний, корректное и в период демографического перехода^{151, 152}:

$$Z \text{ [у.к.]} \approx Z_0 \cdot (N/N_0)^{1,25} = 20 \cdot (N/N_0)^{1,25} \quad (2.7)$$

(здесь $N_0 = 0,1$ млн — условная начальная численность человечества¹⁵³, а Z_0 — начальный объем знаний). Погрешность, с которой аппроксимирует формула (2.7) количество знаний из табл. 2.5, не превышает 10% в течение последнего столетия и не более 16% для 300 года до н.э. (табл. 2.3).

Выведенные формулы для объема знаний человечества (2.6), (2.7) являются оценками по порядку величины, однако из них видно, что объем знаний зависит в основном от числа людей и, соответственно, от времени в период гиперболического роста.

¹⁵¹ Орехов В. Д. Прогнозирование в сложном окружении // XIV всерос. симпоз.: «Стратегическое планирование и развитие предприятий». — М., ЦЭМИ РАН. 2013. — № 5. — С. 108.

¹⁵² Орехов В. Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

¹⁵³ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012. — С. 42.

Таблица 2.3. Аппроксимация объема знаний человечества

№	Библиотека	Год	N ¹⁵⁴ млрд чел.	Z млн у.к.	Z, млн у.к. по ф-ле (2.6)	ΔZ ф-ла (2.6), %	Z, млн у.к. по ф-ле (2.7)	ΔZ ф-ла (2.7), %
1	Конгресса (США)	2021	7,875	24,5	Не приме- нима		26,38	7,7
2		2019	7,713	23,4			25,71	9,9
3		2017	7,548	23,4			25,02	6,9
4		2012	7,126	21,5			23,28	8,3
5		2000	6,144	18,0	26,83	49	19,34	7,5
6		1996	5,844	18,0	22,29	24	18,17	-1,0
7		1960	3,036	8,7	8,13	-10	8,012	-7,9
8	Александрийская	-300	0,086	0,08	0,093	16	0,093	16
9	Зарождение человечества	-1,6 млн лет	0,1	0,00002	0,026	32	0,020	0

Кроме того, существует показатель, связывающий рост объема знаний с совершенствованием человеческого мозга. Из формулы (2.1) видно, что объем знаний растет не пропорционально числу людей, а быстрее — в степени 1,266. Увеличение показателя степени на 0,266 характеризует темп прироста возможностей человеческого мозга и используемых им инструментов со временем. Если рост числа людей со времени появления человека составил, согласно формуле (1.3), 80 000, то рост возможностей мозга человека создавать знания увеличился примерно в 20 раз. Объем мозга человека за это время увеличился примерно в два раза, но та часть мозга, которая ответственна за высшие функции разума и мышления, увеличилась значительно больше. Кроме того, повысилась эффективность его работы, а также инструментальные возможности, такие как речь и письменность.

Конечно, использование информационных технологий может дополнительно повысить эффективность работы человека как создателя знаний, однако многие авторы относятся к этому весьма скептически.

Отметим, что изобретения в виде патентов являются важным компонентом знаний человечества и составляют до половины прироста его объема. Это можно увидеть из рис. 2.11¹⁵⁵, на котором представлен годовой выпуск публикаций Scopus и патентов, которые входят в число этих публикаций Scopus¹⁵⁶.

¹⁵⁴ World Population Prospects 2019. United Nations. Population Division. Department of Economic and Social Affairs. — 2019. Online Edition. Rev. 1.

¹⁵⁵ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с. URL: <http://world-evolution.ru/monograph/monography.pdf>

¹⁵⁶ Реферативная база данных Scopus.

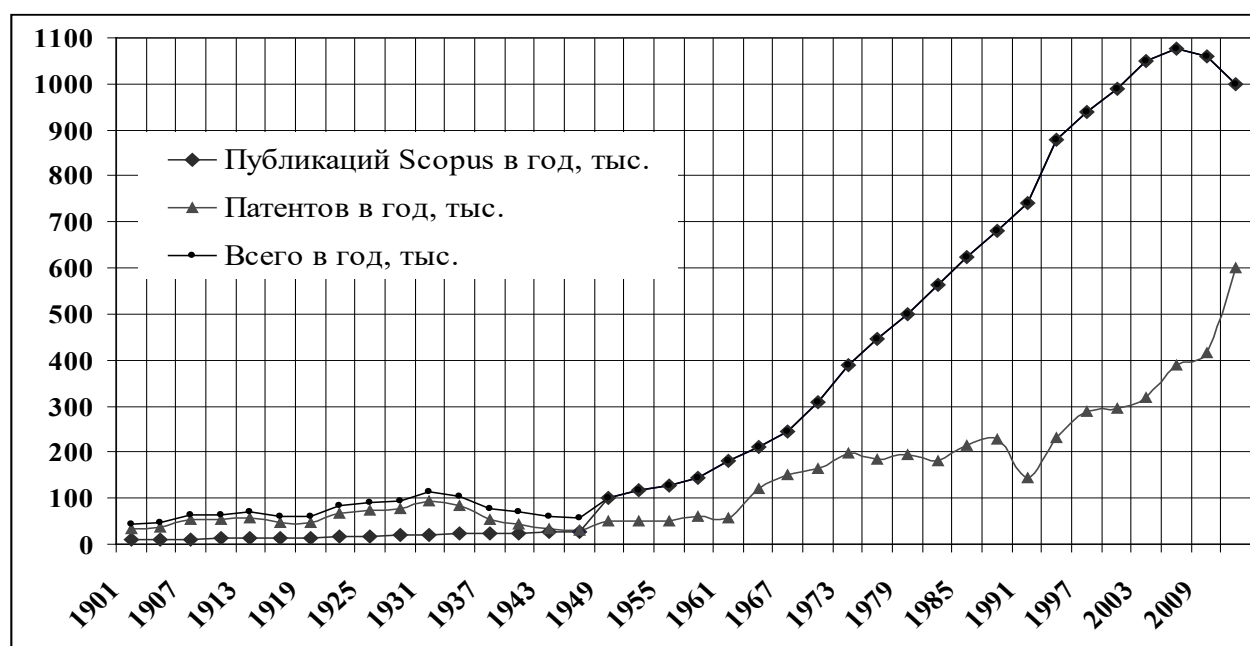


Рис. 2.11. Рост годового числа патентов и публикаций в мире

2.3.3. Связь количества явных знаний и публикационной АКТИВНОСТИ

Использованный выше подход к учету знаний человечества (см. табл. 2.4) хотя и не очень точен, но позволил рассмотреть всю картину роста знания на протяжении всей истории человечества, а также избежать влияния использования ИТ на определение объема знаний. Впрочем, количество знаний в Библиотеке Конгресса в 2021 году удовлетворительно укладывается в общую зависимость, несмотря на то, что это уже время широкого использования ИТ. Не исключено, однако, что в 2021 году не учтен значительный объем знаний. Естественно, в последнее время появились и более точные данные по приросту нового знания, которые можно использовать для уточнения полученной картины.

Годовой прирост знания (ΔZ) можно оценить как по формулам (2.6), (2.7) так и по годовому объему публикаций и патентов (ΔP) в мире. Хотя они и не исчерпывают всех источников знаний, но являются основными тщательно фиксируемыми и недублированными источниками знания. На рис. 2.11 приведена зависимость годового числа публикаций в мире от времени, а на рис. 2.12 — число выдаваемых ежегодно патентов¹⁵⁷ (в миллионах). Здесь с целью исключения двойного учета учтены только патенты, выдаваемые резидентам.

¹⁵⁷ Цит. по: Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. — 2011.

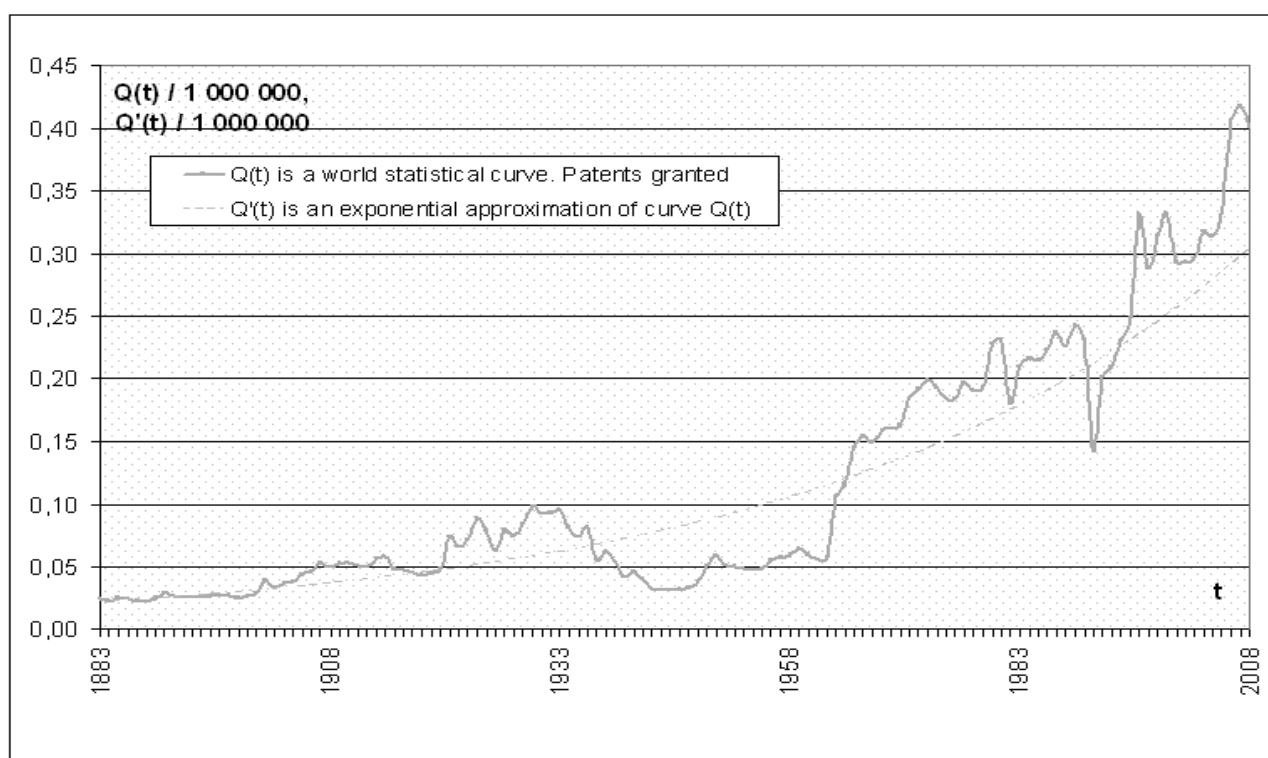


Рис. 2.12. Число выдаваемых в мире за год патентов (млн/год)

Сравнение динамики выдачи патентов и публикаций показывает (рис. 2.11), что их число по-разному изменяется во времени. До 1946 года число патентов превышает число публикаций, а позднее, наоборот, количество публикаций в два-три раза превосходит число патентов. Это, видимо, связано с тем, что патенты стали тщательно регистрировать раньше, чем другие виды публикаций.

В то же время в базе Scopus представлено примерно 25 млн патентов¹⁵⁸. Начиная с 1949 года, когда в базе Scopus наблюдается резкий скачок публикаций, во всем мире было выдано примерно 28 млн патентов. Таким образом, можно полагать, что после 1949 года включение патентов в Scopus было весьма полным. Поэтому при расчете суммарного прироста числа публикаций и патентов $\Delta P(T)$ до 1949 года суммировались данные по количеству патентов (по патентной статистике) и публикаций из базы Scopus, а начиная с этой даты использовались только данные из Scopus.

Для сравнения зависимостей $\Delta Z(T)$ и $\Delta P(T)$ было принято, что в среднем каждая публикация из базы Scopus (рис. 2.8) и каждый патент (рис. 2.12) имеют объем, равный 15% у.к. (около 15 страниц). При расчете прироста знания ΔZ до 1975 года использовалась гиперболическая формула (2.6), а после нее — формула (2.7), а также статистические данные по численности населения мира из работы С.П. Капицы¹⁵⁹ с линейной

¹⁵⁸ Реферативная база данных Scopus.

¹⁵⁹ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012. — С. 69.

интерполяцией между приведенными значениями. Результаты сравнения¹⁶⁰ прироста объема знаний человечества $\Delta Z(T)$ и прироста публикаций и патентов $\Delta P(T)$ приведены на рис. 2.13.

Видно, что число публикаций и патентов (ΔP) составляет менее половины от расчетного прироста количества знаний, определенного по библиотечным фондам — ΔZ . Обе кривые выходят «на полку», однако между расчетной кривой и зафиксированным в Scopus объемом публикаций существует сдвиг по времени примерно на 25–30 лет. Это свидетельствует о том, что в формулах (2.6), (2.7) нужно учесть задержку по времени роста объема знаний по сравнению с ростом числа людей, поскольку молодые люди не сразу после рождения приступают к трудовой деятельности.

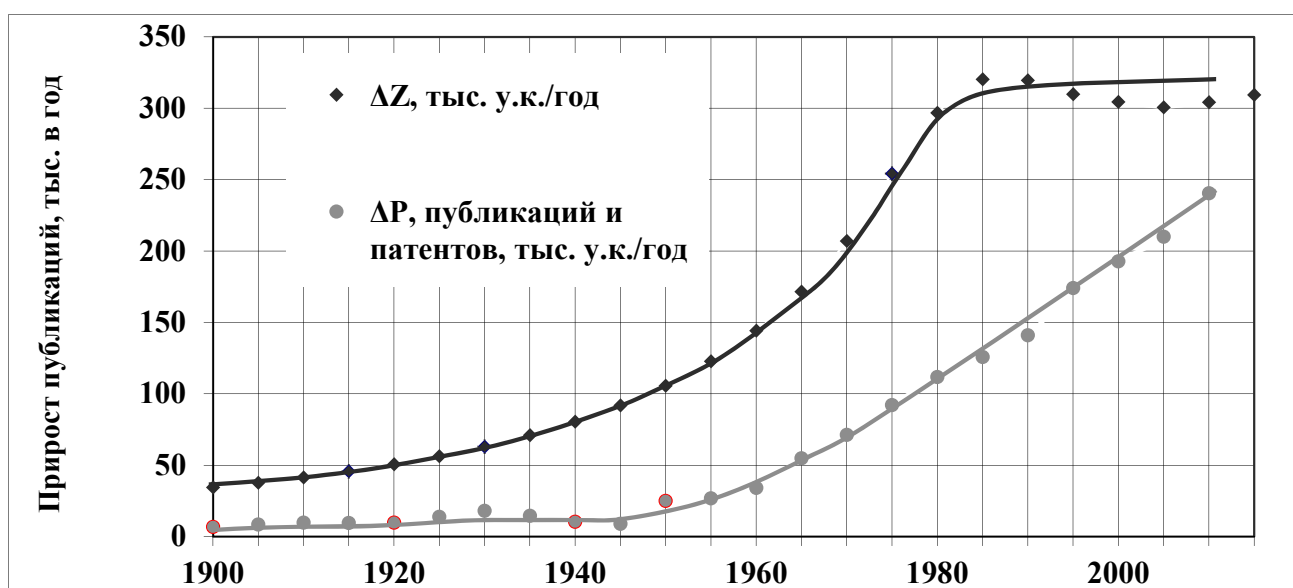


Рис. 2.13. Годовой прирост знаний, а также публикаций и патентов

В первом приближении это можно сделать, используя в формулах (2.6), (2.7) значение числа людей на 25 лет ранее $N(T-25)$ и увеличив в 1,5 раза числовой коэффициент. При этом они приобретают следующий вид:

$$Z \approx 2,25 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{1,25}; \quad (2.8)$$

$$Z \approx 30 \cdot (N(T - 25)/N_0)^{1,25} \quad (2.9)$$

Сравнение аппроксимационных формул (2.6) и (2.8) для объема знаний, в зависимости от времени (T), а также опорных точек из табл. 2.6, с начала демографического перехода дано на рис. 2.14.

¹⁶⁰ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

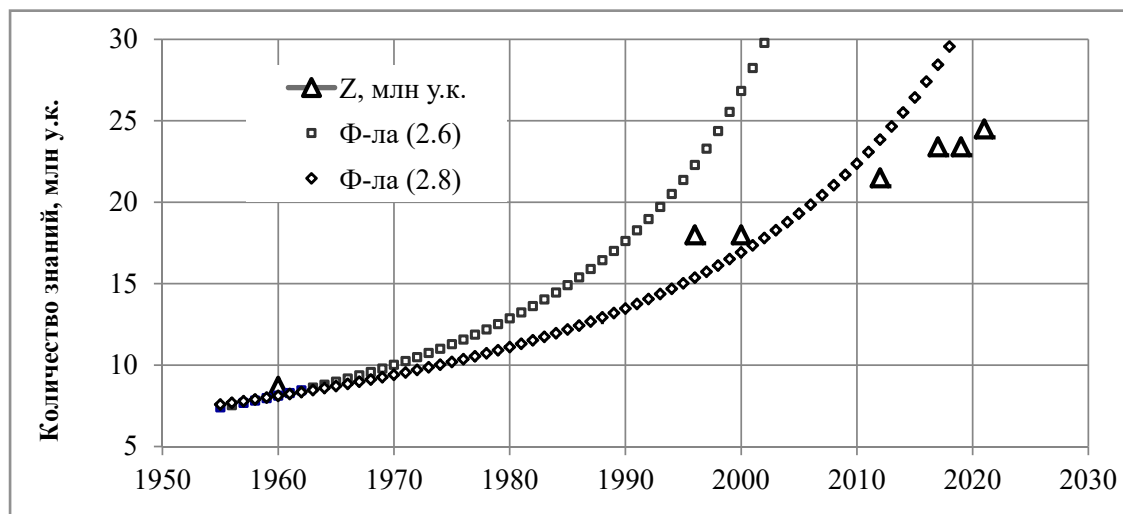


Рис 2.14. Сравнение аппроксимационных формул (2.6) и (2.8)

Видно, что формула (2.8) значительно лучше аппроксимирует опорные точки в области демографического перехода, чем формула (2.6). При этом за счет сдвига в 25 лет гиперболическая зона и, соответственно, область применимости формулы (2.8) для количества знаний распространяется до 2012 года. Сравнение формул (2.7) и (2.9), приведенное на рис. 2.15, показывает, что в данной области они примерно с одинаковой точностью аппроксимируют точки из таблицы 2.6 по количеству знаний.

В области 1975 года объем знаний по формуле (2.9) растет более медленно, чем по (2.7), что отражает заниженную численность человечества после войны (на 25 лет ранее), и, соответственно, более быстро растет после 1990 года, что отражает быстрый послевоенный рост численности населения. Важно, что прирост количества знаний после 2015 года, согласно гиперболической формуле (2.8), значительно выше, чем по формулам (2.7), (2.9).

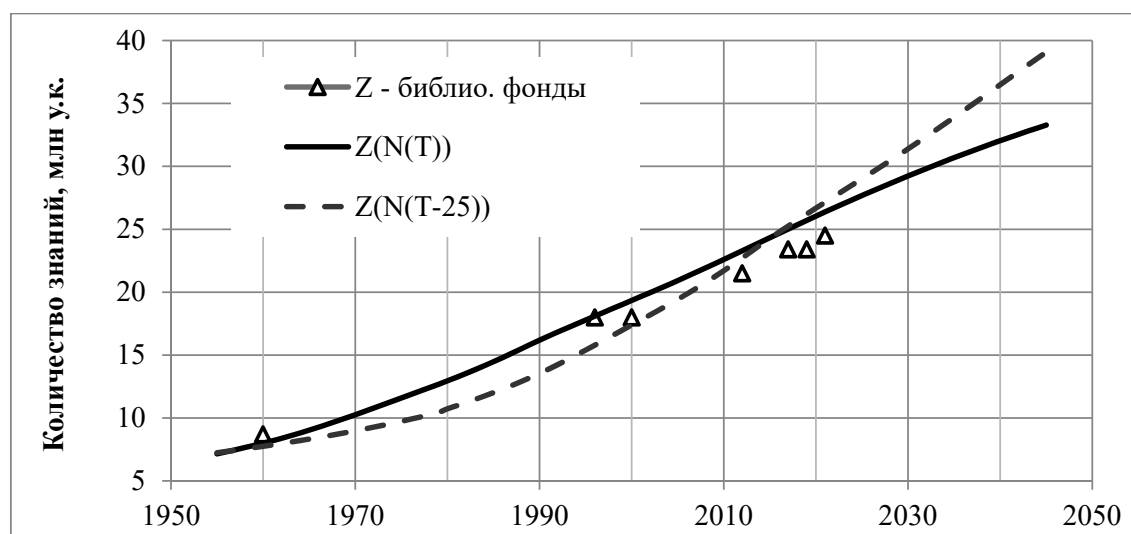


Рис 2.15. Сравнение аппроксимационных формул (2.7) и (2.9)

Сравнение расчетных значений прироста знания $\Delta Z(T)$ по формулам (2.9) и (2.8) до 1980 года с приростом числа публикаций Scopus, включая патенты, $\Delta P(T)$ ¹⁶¹ дано на рис. 2.16. Для удобства сравнения здесь приведено утроенное значение $\Delta P(T)$.

Из рис. 2.16 видно, что кривые $\Delta Z(T)$ и $3\Delta P(T)$ достаточно близки друг к другу, причем они примерно одновременно выходят на полку. Заметное отличие количества публикаций от расчетного прироста объема знаний наблюдается в период мировых войн, особенно в 1940–1945 годах.

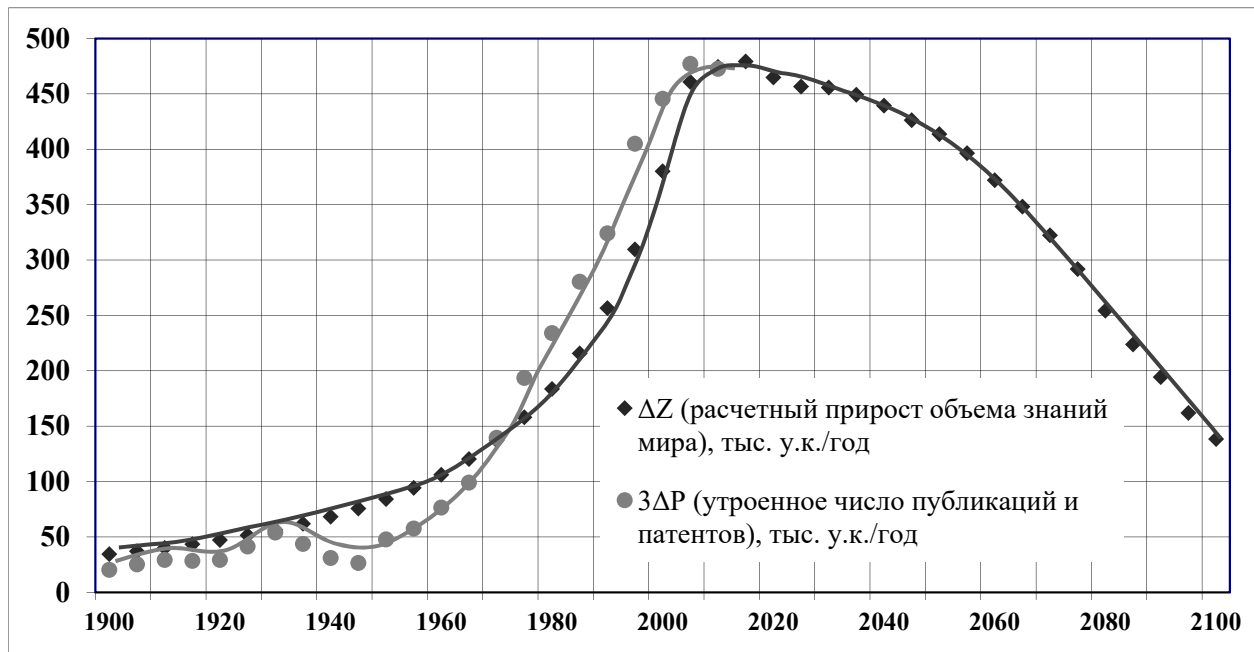


Рис. 2.16. Сравнение расчетного прироста знания с числом публикаций

Прирост объема знаний человечества характеризуется следующими цифрами. В 2010 году при численности населения, примерно равной 6,8 млрд чел., и темпах его прироста $\Delta N \approx 74$ млн чел. в год, согласно формуле (2.9), количество знаний $Z \approx 21,6$ млн у.к., а годовой прирост знаний $\Delta Z \approx 470$ тыс. у.к. Из общего объема знаний 17,5 млн у.к., или 81%, было опубликовано с начала XX века. Темп роста знаний составляет около 2% в год.

В целом можно утверждать, что использованный первоначально подход для оценки объема знаний человечества находит удовлетворительное подтверждение с точки зрения учета объема публикаций, в том числе патентов.

¹⁶¹ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, March 8, 2011.

2.3.4. Измерение неявного знания

Значительно сложнее измерить объем неявного (скрытого) знания, поскольку оно находится в головах людей, причем сложно даже представить, в каком виде. Однако для оценки по порядку величины можно воспользоваться следующим приемом. Будем считать, что объем неявных знаний, приобретенных человеком, прямо пропорционален количеству лет, в течение которых он их получал. Конечно, человек приобретает знания, не только получая формальное образование, но это основная часть полученных знаний, а остальные приобретенные им неявные знания примерно пропорциональны этой части. Таким образом, для каждого человека можно оценить объем накопленных скрытых знаний.

Для того чтобы привести объем неявных знаний специалиста к тем же единицам измерения, что и для явного знания, мы можем условно приравнять год обучения к некоторому объему изученных условных книг. С учетом той учебной нагрузки, которую получают обычно студенты высшей ступени обучения, можно приравнять ее к 50 у.к. в год или примерно 5000 учебным страницам. В этом случае объем скрытых знаний специалиста в условных книгах будет равен

$$Z_n \approx 50E \quad (2.10)$$

Здесь E — количество лет обучения. Таким образом, объем скрытых знаний научного работника (R&D-специалиста) составляет порядка 1100 у.к. Согласно формуле (2.8), объем знаний человечества составляет в настоящее время около 27 миллионов у.к., а количество R&D-специалистов — около 7 млн человек. Следовательно, на каждого R&D-специалиста приходится около 4 у.к. уникального явного знания, т.е. около 0,4% от его скрытого знания. В реальности доля относительно уникального явного знания минимум на порядок больше, поскольку специалисты говорят на различных языках и для каждого из них это знание будет уникальным. Кроме того, у каждого специалиста есть уникальное скрытое знание, полученное на практике. Таким образом, порядка 10% неявного знания R&D-специалиста является относительно уникальным, что и составляет его ценность как специалиста. Не менее важным является и уникальность комбинации знаний, которыми владеет специалист.

Таким образом, апробация некоторых подходов к измерению количества явных и неявных знаний людей показывает, что это дает интересные результаты с точки зрения управления знаниями.

2.4. Связь технологических революций с ростом количества знаний

2.4.1. Оценка роста знания между технологическими революциями

Приведенные выше выражения для определения численности человечества N и количества его знаний Z позволяют сделать оценки соответствующих величин в периоды различных технологических революций, указанных в табл. 1.2, 1.1, и выявить закономерности их изменения^{162, 163}. Соответствующие данные, полученные с использованием выражений (1.3), (2.6), (2.7), приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Характеристики технологических эпох

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млрд	Z, млн у.к.	Рост Z, раз	Рост N, раз
932	Предвестник ремесленной	0,18	0,24	1,544	1,415
1253	Ремесленная	0,26	0,37	1,544	1,416
1480	Возрождение	0,37	0,57	1,545	1,417
1640	Классическая наука	0,52	0,88	1,544	1,416
1753	Первая промышленная	0,74	1,36	1,544	1,415
1833	Вторая промышленная	1,04	2,10	1,546	1,417
1890	Предвестник НТР	1,48	3,26	1,553	1,422
1930	Научно-техническая	2,11	5,06	1,552	1,421
1959	Предкибернетическая	2,98	7,8	1,548	1,416
1979	Кибернетическая	4,38	12,7	1,618	1,470
2005	Предвестник медико-биологической	6,54	20,9	1,651	1,493
2033	Медико-биологическая	8,76	30,1	1,441	1,339
	Среднее значение			1,552	1,421

Видно, что между технологическими революциями численность человечества увеличивалась примерно в 1,42 раза, а объем знаний — в 1,55. Отклонение от этой закономерности до демографического перехода не превышает 0,005, причем данная погрешность связана с использованием целых значений лет.

Наибольшее отклонение от данной закономерности наблюдается около 2005 года, но и здесь оно не превышает 0,8% от прогнозируемого количества знания.

Это вполне приемлемо с учетом отсутствия более точной модели прогнозирования дат революций в период демографического перехода. Также оказывает влияние

¹⁶² Орехов В.Д. Знания в системе развития общества // Бизнес-образование, РАБО. — 2010. — № 28 — С. 78.

¹⁶³ Орехов В.Д. О парной взаимосвязи длинных волн: Тр. XV междунар. научн.-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». — М., 2013. — С. 165.

то, что в отдельные периоды число людей отклоняется от модели (1.3) довольно значительно.

Таким образом, прослеживается весьма интересная и, предположительно, фундаментальная закономерность увеличения объема знаний и числа людей между технологическими революциями в постоянное число раз.

2.4.2. Причины технологических революций

Как показано в предыдущем параграфе, количество нового знания, появившегося между революциями (включая революции-предвестники), составляет около 55% от всего знания, накопленного за все предыдущие технологические эпохи, а прирост числа людей — 42% от их численности в конце предыдущей технологической эпохи. При этом прирост знаний примерно в полтора раза превышает объем знаний, созданный за предыдущую технологическую эпоху. Это важно с точки зрения изменения приоритетов для инноваторов и предпринимателей, поскольку при меньших объемах переключение стереотипов мышления будет происходить у относительно малой части предпринимателей.

Ясно, что для использования такого большого количества новых работников и знаний, а также применения их для создания новых инноваций и материальных ценностей требуется радикальное преобразование всей мировой экономики, хозяйственного и общественного уклада. При этом нужно включить в работу резко возросшее количество людей, обучив их новым профессиям, необходимым для реализации нового знания. В результате количественный рост объема знаний переходит в качественный скачок, а он, как показывает практика, реализуется через мощный экономический кризис (революцию).

Отметим, что пики роста патентования изобретений (см. рис. 1.8) по-разному ведут себя для основных революций и предвестников. При этом пик появления крупных изобретений характерен для окончания революции-предвестника, а перед началом основной революции количество крупных изобретений длительное время уменьшается. *Поэтому инновационная активность с низкой вероятностью является активатором технологических сдвигов.*

Рост числа людей несет в себе качественные изменения только через неравномерность роста в различных регионах, а не через количественный рост. Это создает потенциал изменений в странах с быстро растущим населением, но также приводит к увеличению нагрузки на экономику, связанной с необходимостью материального обеспечения новых граждан. Поэтому численный рост сам по себе вряд ли является активатором технологических революций.

В то же время рост знания вполне может претендовать на ведущую роль в инициировании технологических революций. Выявленные выше закономерности позволяют

сформулировать новую модель циклического развития человечества, которая в виде схемы представлена на рис. 2.17.

Суть модели «волны знания» заключается в следующем: существует цикл оборота знания (рис. 2.17), включающий в себя последовательность влияющих друг на друга факторов. Взаимодействие происходит следующим образом:

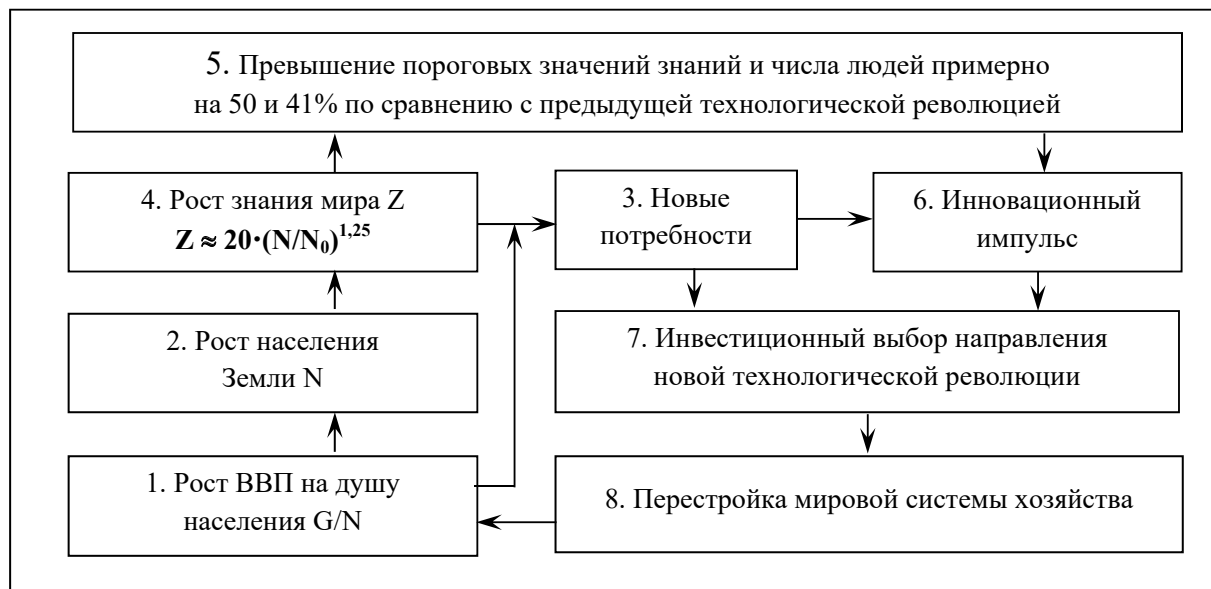


Рис. 2.17. Модель циклического развития человечества «волны знания»

1. Рост ВВП на душу населения (G/N) приводит к росту численности населения Земли (N).

2. Рост численности населения приводит к росту объема знания человечества (Z) с задержкой примерно в 25 лет.

3. Рост ВВП на душу населения и знания приводит к возникновению новых актуальных потребностей человечества, однако бизнес не готов их удовлетворить.

4. Рост знания в определенный момент приводит к превышению порогового значения, характерного для начала технологических революций.

5. Превышение порогового значения в совокупности с качественно новыми потребностями людей и ростом спроса приводит к инновационному импульсу.

6. Инновационный импульс инициирует инвестиционный выбор направления новой технологической революции.

7. Массовые инвестиции в выбранное направление развития приводят к перестройке экономики, производства, законодательства, образования и всей системы мирового хозяйства.

8. Перестройка мирового хозяйства дает новый импульс росту ВВП.

В таблице 2.5 дано краткое описание данной модели в сопоставлении с аналогичными моделями Н.Д. Кондратьева и Й.А. Шумпетера.

Таблица 2.5. Модели циклического развития человечества

Волны Кондратьева	Цикл Шумпетера	Волны знания
Обновление основных капитальных благ, связанное с оживлением в сфере инноваций	Движущая сила процветания — предпринимательские инвестиции в основной капитал, которые служат воплощению инноваций через созидательное разрушение	Цикл роста знания, включающий в себя рост ВВП на душу населения, численности населения и объема знаний мира, приводит к превышению порогового значения объема знаний, что порождает инновационный импульс, активирующий технологическую революцию

Видно, что эти модели существенно различаются, хотя важной составляющей их всех является инновационная компонента. Однако в моделях Й.А. Шумпетера и Н.Д. Кондратьева инновации служат первоначальным импульсом, а в модели «волны знания» инновации являются следствием триггерного эффекта от роста количества знания.

Следует отметить, что система факторов, влияющих на осуществление технологических революций, в рамках экономической динамики, достаточно сложна и кроме роста знания есть еще ряд факторов, влияющих на их реализацию. Видение авторами ее системной схемы¹⁶⁴ приведено на рис. 2.18.

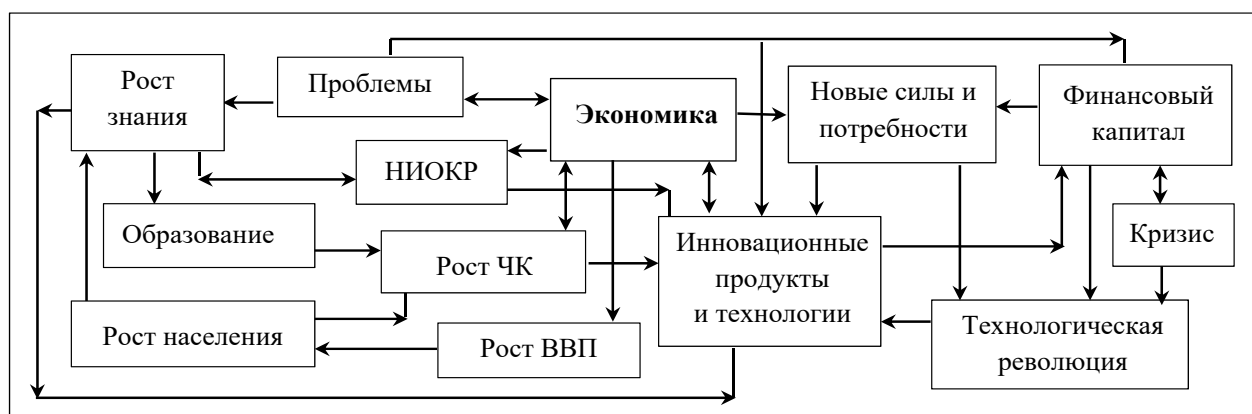


Рис. 2.18. Система факторов, ведущих к технологической революции

Ясно, что на наступление технологической революции влияет не только непосредственно рост объема знаний, хотя, как мы видели выше, этот фактор является доминирующим. Но также влияет и то, какие проблемы существуют в обществе, какие возникают потребности по мере экономического роста и какие общественные силы способствуют наступлению революции. Важную роль играет поведение финансового капитала и возникающий финансовый кризис.

¹⁶⁴ Блинникова А.В., Орехов В.Д., Андриященко Г.И. Исследование генезиса, направлений реализации и дат технологических революций во взаимосвязи с развитием человеческого капитала. Московский экономический журнал. 2022. № 2. — С. 500–531. <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-2-2022-20/>

Далее следует более полно исследовать влияние различных факторов на реализацию очередной технологической революции, в частности ее направленность.

Выводы к главе 2

1. Показано, что кроме чисто качественных и количественных форм знаний существует значительное число промежуточных между ними форм знаний: неявные знания человека, системные схемы и когнитивные модели.

2. Предложена модель континуума типов знания в процессе познания, которая включает в себя: немислимое, мыслимое... явное и неявное знания... и ретрознания. Эта модель демонстрирует, что знание никогда не бывает абсолютным и досконально проверенным на соответствие действительности. Оно содержит динамическую смесь различных типов знания.

3. Согласно регрессионному анализу, темп роста знаний человечества, определенный по количеству хранимых книг в крупнейших библиотеках мира, выражается формулой $Z = 1,845 \cdot N^{1,27}$, где число людей (N) выражено в млрд, а количество знаний в млн условных книг. Погрешность регрессии для этой зависимости составляет $\Delta R^2 = 0,1\%$.

4. Показано, что средний мировой ВВП на душу населения (G/N) по паритету покупательной способности прямо пропорционален количеству знаний человечества и выражается формулой $G/N = 0,670 \cdot Z$, где величина G/N выражена в тыс. долл. США 2021 года, а Z в млн у.к.

5. Изобретения в виде патентов являются важным компонентом знаний человечества и составляют в настоящее время порядка половины годового прироста его объема.

6. Выражение для количества знаний человечества в зависимости от времени (T) (для периода гиперболического роста числа людей) приближенно имеет вид:

$$Z \approx 2,25 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{1,25}.$$

7. В период демографического перехода количество знаний зависит от численности человечества и может быть оценено по формуле ($N_0 = 0,1$ млн):

$$Z \approx 20 \cdot (N/N_0)^{1,25}.$$

8. Между технологическими революциями происходит рост объема знаний примерно в 1,5 раза и рост численности населения Земли примерно на 40%, что и является причиной кризисных явлений и обновления всей мировой экономики.

9. Предложена модель циклического развития человечества, учитывающая доминирующий фактор — рост знания.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ НАУЧНОГО РАЗВИТИЯ

Картина публикационной активности в мире к 2010 году, согласно реферативной базе Scopus¹⁶⁵, представленная на рис. 2.8, показывает, что наиболее активно исследования и разработки ведутся в области медицины. Кроме того, достаточно большой блок публикаций посвящен биохимии, генетике, молекулярной биологии, агрокультурам и биологическим наукам. В таблице 3.1 приведено распределение тематики публикаций в журналах, индексируемых Scopus, согласно рис. 2.8.

Таблица 3.1. Направленность научных исследований в мире, согласно Scopus

Направления исследований	%	Направления исследований	%
Медицина	31	Компьютерные науки	4
Биохимия, генетика, молекулярная биология	11	Экология	4
Физика и астрономия	11	Науки о Земле и планетах	3
Агрокультура и бионауки	7	Материаловедение	2
Техника	7	Химическое машиностроение	2
Математика	7	Нейронауки	2
Химия	5	Энергетика	1
Социальные науки	4	Нанотехнологии	

Согласно этой статистике, в медико-биологической области публикуется около 44% всех научных работ. В компьютерной сфере доля публикаций в 11 раз меньше. Этот факт является одним из важных аргументов против прогнозов киберфизической технологической революции. В связи с этим необходимо изучить направленность научных исследований более детально.

3.1. Прогнозирование тематики технологической революции с использованием анализа базы научных журналов SCImago JR¹⁶⁶

Мир находится на пороге новой технологической революции¹⁶⁷, но по вопросу ее содержания идут активные дискуссии. Так, согласно прогнозу RAND Corporation «Гло-

¹⁶⁵ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011.

¹⁶⁶ Основные результаты опубликованы в работе: Prichina O.S., Orekhov V.D., Egorova E.N., Kukharenc O.G, Blinnikova A.V. Developing and Testing the Forecasting Algorithm for the Technological Revolution Theme through the Analysis of the SCImago JR Scientific Journal Database” J. of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020. Vol. 12, Special Issue.

¹⁶⁷ Schwab K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2016, 192 p. (Рус. пер.: Шваб К. Четвертая промышленная революция. — «Эксмо», 2017).

бальная технологическая революция 2020»¹⁶⁸, опубликованному в 2006 году, ожидаемая революция будет междисциплинарной, и ее опорой станут биологические, информационные и нанотехнологии. В качестве основных трендов ими было выбрано шестнадцать наиболее практически и коммерчески полезных технологий, способных вызвать значительные социально-экономические последствия. Из них пять относятся к биомедицинским, шесть — к информационным и пять — к экологии, энергетике и жилищному строительству. Сейчас, в 2022 году, создается впечатление, что по этим направлениям произошло мало что революционное, если не считать глобальной революцией внедрение генно-модифицированных организмов и широкое распространение мобильной связи.

Особенностью современной эпохи является то, что человеческий капитал составляет до 80% национального богатства развитых и крупнейших развивающихся стран мира¹⁶⁹. Поэтому для успешной реализации очередной технологической революции ключевое значение имеет опережающая подготовка специалистов новых специальностей. Спрос на работников, не прошедших кардинальную переподготовку, резко снизится, и вопрос их занятости станет острым. Для организаций высшего образования возникает необходимость внимательно следить за перспективами изменения потребностей рынка труда.

Однако, для того чтобы определить эти перспективы, необходимо иметь адекватные инструменты прогнозирования. RAND Corporation является одним из лидеров в разработке и использовании технологий прогнозирования, но и она, как представляется, не смогла дать удовлетворительный прогноз очередной технологической революции.

Возможно, это является следствием использования RAND Corporation метода «Форсайт», который ориентирован на выявление нескольких перспективных технологических направлений долговременного развития и создание условий для их реализации^{170, 171}.

В связи с этим возникает задача подготовки методики (алгоритма), соответствующей задаче прогнозирования технологической революции. Разнообразные методики и технологии прогнозирования достаточно детально разработаны. Принципиально вряд ли требуется разрабатывать новые методики, поскольку их создано более чем достаточно. Но необходимо выбрать технологию или комплекс методик, алгоритмов, адекватных ситуации прогнозирования технологической революции, доработать ее в соответствии с решаемой задачей, адаптировать к структуре (модели) выбранных баз данных и прове-

¹⁶⁸ Silbergliitt R., Anton P.S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR303.html

¹⁶⁹ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие / А.В. Корицкий; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). — Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013. — 244 с.

¹⁷⁰ Becker P. Corporate Foresight in Europe: A First Overview. Luxembourg, 2003.

¹⁷¹ Ладыкова Т.И., Васильева И.А., Завиша Е.Н. Форсайт-технологии в прогнозировании инновационного развития региона. Управление экономическими системами. 2015, № 4.

сти опробование применительно к реальной ситуации. Следующим после этапа цифрового прогнозирования является этап анализа полученных результатов и сопоставления их с имеющимися данными в изучаемой научной области.

Технологическая революция является единым синергетическим процессом реализации накопленного человечеством задела знаний, технологий и актуализированных потребностей, реализующихся через преодоление кризиса предыдущей технологической эпохи¹⁷². Выявление дискретных технологических трендов, на что нацелен «Форсайт», вряд ли приведет к пониманию единого видения революции, если такая задача не внедрена изначально в методику осуществления проекта. Ориентация на выявление трендов, которые могут быть реализованы в формате устойчивого развития в определенных временных и ресурсных рамках, нормативный характер результатов «Форсайта» также не лучшим образом соответствуют цели поиска потенциальной революции.

Целью данного раздела является актуализация алгоритма прогнозирования направленности очередной технологической революции и создания основы для прогноза спроса на специалистов новых профессий.

Концептуальной основой служит видение того, что технологическая революция является процессом, происходящим прежде всего в сфере создания знания, а не коммерциализации инноваций¹⁷³. Только на втором этапе революции более важным становится процесс внедрения инноваций.

С другой стороны, опыт реализации предыдущих технологических революций показывает, что новое пробивает себе дорогу через отрицание предшествующего, а не как его продолжение. По мнению С.Б. Переслегина, «...главным содержанием текущей исторической эпохи является кризис промышленной цивилизации. Этот кризис носит системный характер и неизбежно приведет к размонтированию современной индустриальной цивилизации»¹⁷⁴.

Однако в кризисе можно и законсервироваться, и невнятное мировое развитие после кризиса 2008 года — это симптом того, что противоречия между Индустрией-3 и нарождающейся технологией не находят разрешения. Именно это придает особую актуальность данному исследованию.

3.1.1. Обзор методов и технологий прогнозирования

С целью подготовки методики исследования проведем анализ существующих методов прогнозирования. Их предтечей были различные виды фантастических произ-

¹⁷² Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. — М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009. 702 с. <https://windjview.sourceforge.io/ru>

¹⁷³ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

¹⁷⁴ Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. — М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009.

ведений и утопий¹⁷⁵. Нередко именно выдвинутые в них идеи задают первоначальный спектр реперных ситуаций и направлений прогнозирования, который затем просматривается более детально. На современном уровне данный подход реализуется с помощью мозгового штурма или других методов поиска и отбора неординарных решений^{176, 177, 178, 179}.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)¹⁸⁰ дает широкий спектр алгоритмов нахождения нетривиальных решений. Одна из базовых рекомендаций предлагает найти «вектор инерции мышления» и рассмотреть альтернативные варианты. При прогнозировании технологических революций важно разглядеть реальный росток промышленного сдвига, созревший до готовности радикально изменить мировое развитие на фоне разноречивых прогнозов и предсказаний в высшей мере заинтересованных субъектов, представляющих уходящую эпоху. Поэтому важно строить прогнозы на серьезной информационной основе.

Другим источником методов прогнозирования являются математические методы экстраполяции, которые особенно плодотворны, если речь идет о выявлении долгосрочных закономерностей и факторов порядка величины (численность населения, рост ВВП, концентрация CO₂). Для эффективной работы таких методов необходимо иметь мощные и долговременные базы данных¹⁸¹.

Однако использование количественных методов имеет достаточно ограниченную сферу применения, поэтому специалисты в области прогнозирования стали все больше применять качественные методы, основанные на опросе квалифицированных экспертов, согласовании и обработке результатов их мнений¹⁸². Важную роль в обеспечении перехода к новой методологической парадигме прогнозирования сыграл подготовленный корпорацией «РЭНД» в 1964 г. и получивший затем широкую мировую известность «Доклад об изучении долгосрочного прогнозирования»¹⁸³.

¹⁷⁵ Бестужев-Лада И.В., Наместников Г.А. Социальное прогнозирование. Курс лекций. М.: Педагогическое общество России, 2002.

¹⁷⁶ Gordon, W.J.J. *Sinectics: The Development of Creative Capacity*. New York, 1961.

¹⁷⁷ Де Боно Э. *Шесть шляп мышления*. СПб., 1997.

¹⁷⁸ Zwicky, F. *Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach*, McMillan, 1969.

¹⁷⁹ Щедровицкий Г.П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. М., 1983.

¹⁸⁰ Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества//Вопросы психологии. 1956, № 6. С. 37–49.

¹⁸¹ Турчин А.В., Батин М.А. Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 263 с.

¹⁸² Дагаев А.А. Эволюция и перспективы совершенствования методологии долгосрочного экономического прогнозирования // Российское предпринимательство. 2006. Т. 7, № 4. С. 81–85. https://creativeconomy.ru/lib/1633#_ftnref7

¹⁸³ Gordon T.J., Helmer O. Report on Long-Range Forecasting Study. The RAND Corporation, Santa Monica, Calif., Sept., 1964.

Первой методикой, доведенной корпорацией «РЭНД» до уровня технологии¹⁸⁴, стал метод «Дельфи», основанный на итерационном согласовании мнений большого числа экспертов. Однако этот метод также не может значительно выйти за пределы представлений существующего видения ситуации. Дельфийские оракулы, которые предсказывали, впадая в транс, были более разнообразны в своих видениях.

Другой технологией прогнозирования, разработанной корпорацией «РЭНД», является «Форсайт». Отличие этого подхода от большинства методов прогнозирования заключается в том, что он ориентирован на реализацию конкретных проектов, начиная с момента исследования. Фактически это метод изменения будущего, причем для его проведения создается команда экспертов из различных слоев общества, способных активно влиять на реализацию данного проекта¹⁸⁵. При этом для реализации принимаются проекты, позволяющие надеяться на наибольшую вероятность воплощения и получения значительных выгод. В целом «Форсайт» находится на стыке методов прогнозирования и планирования.

Среди современных методов прогнозирования следует отметить метод когнитивного моделирования¹⁸⁶, предложенный R. Axelrod, который сочетает в себе качественные и количественные подходы. Цифровая модель изучаемой сложной системы при этом формируется на основе мнений экспертов о ее структуре и силе парных взаимосвязей концептов в виде нечеткой когнитивной карты (FCM — Fuzzy Cognitive Maps)¹⁸⁷. Далее производится обработка FCM с помощью электронной системы принятия решений и определяется ее поведение под воздействием различных управляющих факторов^{188, 189}. За счет этого удастся выяснить поведение сложной, слабо структурированной системы с тысячами взаимосвязей, осознать взаимодействие которых сознание человека и даже группы экспертов не в состоянии.

Важным современным алгоритмом прогнозирования является сценарный подход, разработанный Германом Каном¹⁹⁰, в соответствии с которым выявляется спектр прогнозных ситуаций, позволяющий повысить альтернативность прогноза и выявить возможные риски и смены трендов¹⁹¹.

¹⁸⁴ Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. — М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009.

¹⁸⁵ Турчин А.В., Батин М.А. Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 263 с.

¹⁸⁶ Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.

¹⁸⁷ Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. Vol. 1. P. 65–75.

¹⁸⁸ Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. 2010, № 3.

¹⁸⁹ Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А. СППР «ИГЛА». (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html> Дата обращения 2018.

¹⁹⁰ Kahn H. The Next Two Hundred Years: A Scenario for America and the World. 1976.

¹⁹¹ Cornish E. Futuring: The Exploration of the Future. 2005.

Одной из основных проблем прогнозов является возможность возникновения «пузыря» завышенных ожиданий — цикл хайпа (hype)¹⁹², разработанный компанией Gartner. Согласно этой концепции, жизненный цикл любой технологии имеет пять этапов: запуск инновации, пик ожиданий, спад, переосмысление, ниша востребованности (терминология наша). Пузырь ожиданий может привести к росту инвестиций в технологическое направление, а затем к разочарованию от неоправданных коммерческих и социальных результатов.

Эту концепцию можно отнести и к технологическим революциям. Все прошедшие революции пережили пик восхищения и затем нашли свою нишу востребованности. Нельзя неоправданно продлять восхищение — это может привести к увеличению периода спада. Ранее в конкурентной межгосударственной среде это происходило достаточно ограниченно, поскольку застывшие в развитии государства теряли лидирующую позицию. Сейчас, с появлением мощных маркетинговых институтов, глобального управления на уровне государств и суперкорпораций, это стало вполне реальным фактором влияния на ход реализации технологических революций, включая переход в стадию долговременной консервации экономического развития.

Вполне возможно, что именно это происходит с кибернетической (информационной) технологической революцией, которой пытаются неоправданно продлить стадию восхищения.

Отметим еще одну опасность, связанную с прогнозированием технологических революций. Это так называемые ловушки сознания, которые возникли в процессе эволюции мозга человека и связаны с особенностями его устройства и физиологией речевой коммуникации людей. Наиболее известными из них являются стереотипы и доминанты. Среди ловушек, проявляющихся при принятии стратегических решений, С. Roxburgh отмечает следующие¹⁹³: излишняя самоуверенность, двойной счет, сохранение Status Quo, фиксация на известном, стадный инстинкт, мнимый консенсус и другие.

3.1.2. Методика исследования

Основные параметры проекта

Первым этапом исследования по прогнозированию технологической революции является определение основных параметров проекта¹⁹⁴, которые представлены ниже.

1. Цель исследования, которая указана выше, — актуализация алгоритма прогнозирования направленности очередной технологической революции и создания основы для прогноза спроса на специалистов новых профессий.

¹⁹² Gartner Hype Cycle (2019). URL: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>

¹⁹³ Roxburgh C. Adjusted for the brain. The McKinsey Quarterly. 2003, № 2.

¹⁹⁴ Бестужев-Лада И.В., Наместников Г.А. Социальное прогнозирование. Курс лекций. М.: Педагогическое общество России, 2002.

2. Заинтересованной стороной проекта является мировое бизнес-сообщество, и в первую очередь Россия.

3. Объект прогноза — научно-техническая деятельность в условиях развитой информационно-кибернетической эпохи.

4. Предмет прогноза — направление развития в результате научно-технической революции.

5. Охват прогноза — глобальный.

6. Проблемная ситуация — наличие условий для технологической революции, которые в течение более десятилетия не ведут к определению направления революции (разнообразные трактовки направления революции) и активизации развития мировой экономики.

7. Стоимость ошибки в определении революции для мировой экономики составляет десятки триллионов долларов, а для России на порядок меньше, плюс потери в области конкурентоспособности страны.

8. Период прогнозирования (проспекция) — среднесрочный (10–20 лет), поскольку за такой период технологическая революция должна произойти и быть идентифицирована. Среднесрочный горизонт дает возможность использовать количественные методы прогнозирования.

9. Ориентация проекта — на поисковое прогнозирование.

10. Тип прогноза — количественный (возможны варианты качественно-количественного прогнозирования).

11. База данных для прогноза — библиометрическая база SCImago Journal & Country Rank.

12. Ретроспекция — 19 лет (с 1999 по 2018 год), соответствует по продолжительности проспекции.

13. Уровень новизны — уточняющий. Предварительная модель и прогноз опубликованы авторами в монографии¹⁹⁵ В.Д. Орехова.

14. Исходные гипотезы, обоснованные в книге¹⁹⁶ положения:

- технологические революции происходят в результате накопления научно-технологических знаний примерно в 1,4 раза выше уровня, характерного для предыдущей революции;
- революции следуют парами, близкими по направленности (в размерности длинных волн Кондратьева), первая из которых задает инновационный вектор, а вторая преобразует полученное технологическое развитие в рост экономики;

¹⁹⁵ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

¹⁹⁶ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

- информационно-кибернетическая революция уже прошла два пика, первый из которых связан с созданием микрочипов и суперкомпьютеров после 1960 года, а второй произошел около 1990 года и привел к овладению большей части населения Земли личными компьютерами, каналом Интернет, средствами мобильной связи и т.д.;
- большинство технологических революций в прошлом имели относительно узкую конкретную направленность. Поэтому выдвижение на роль новых претендентов нескольких направлений нежелательно.

15. Претенденты на роль потенциального лидера технологической революции: энергетика, киберфизическая сфера, медицина, биотехнологии, NBIC (нано, био, инфо, когно), экология.

16. Алгоритм определения лидирующих направлений потенциальной технологической революции заключается в следующем. Математический анализ библиометрической базы SCImago JR позволяет определить количество журналов различной научной направленности, а следовательно — рост знаний по различным направлениям. Кроме того, следует принимать во внимание позицию, которую занимают журналы в рейтинге SCImago JR и с учетом индекса Хирша, то есть уровень значимости журналов для научного сообщества. Также следует учитывать динамику числа журналов во времени.

17. Модель исследуемого объекта. Научно-техническая деятельность представлена в базе научных журналов SCImago JR. Она включает в себя такие показатели, как «предметные области» (subject areas) и «тематические категории» (subject categories), а также детальную информацию о категориях научных статей, принимаемых в каждый журнал, названия журналов и другие характеристики¹⁹⁷. Многие журналы отнесены к нескольким категориям, в которых они имеют признанный квартиль, причем это могут быть категории из различных предметных областей. Например, третий в рейтинге журнал Nature Reviews Materials отнесен к пяти категориям с квартилем Q1: Biomaterials; Electronic, Optical and Magnetic Materials; Energy (miscellaneous); Materials Chemistry; Surfaces, Coatings and Films. В результате суммарное число журналов в SCImago JR в 2018 году составляет 31 971, число журналов, отнесенных к 27 предметным областям, — 52 825, а число изданий в 309 категориях — 73 996. Таким образом, отнесение издания к конкретной предметной области или тематической категории не является однозначным.

Отметим также, что в составе предметных областей не выделены такие важные науки, как нанотехнология и образование, хотя в категориях их одна и четыре соответственно, а по числу журналов: 88 и 1323 (~1,8%). Компьютерные науки по предметным областям составляют 10,5%, а исходя из отнесения к тематическим категориям — 16,6%. Таким образом, отнесение журналов к различным областям и категориям, скорее всего, будет не однозначным и с погрешностью идентификации. Поэтому необходимо проводить идентификацию с использованием различных показателей базы.

¹⁹⁷ SCImago Journal & Country Rank. Scimago Institutions Rankings. URL: <https://www.scimagojr.com/>

В целях определения потенциальных направлений технологических революций целесообразно уменьшить разнообразие числа предметных областей. Представленные в SCImago JR области знаний, с точки зрения исследуемой задачи, можно сократить с 27 до 15¹⁹⁸, в частности, сгруппировав медицинские дисциплины: медицина, фармакология, токсикология, фармацевтика, иммунология, микробиология, лечение зубов, медицинские профессии, сестринское дело. Также уместно сгруппировать следующие области: экономика, эконометрия, финансы, бизнес, менеджмент, маркетинг, бухгалтерия, стратегическое управление, инновационный менеджмент и принятие решений. Агрономию и бионауки можно объединить с ветеринарией, зоологией и продуктами питания; химию — с химическим машиностроением и т.д. Кроме того, желательно добавить такие области, как нанотехнологии и образование, а также дифференцировать область «Социальные науки».

Алгоритм анализа полной базы данных

Поскольку деление совокупности журналов на области и категории неоднозначно и не учитывает «вес» журналов, то будет проведен анализ полной базы данных. Номер журнала — J в базе SCImago JR соответствует его рейтинговому значению, которое имеет определенное числовое значение. Ввиду того что суммарное число журналов велико — в 2018 году их число составило $\Sigma J = 31\,971$, анализ тематики журналов проводился блоками (выборками) по 300 журналов. В работе использовались девять основных выборок, отличающихся в 1,5–2 раза и начинающихся с номеров: 0, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 15000, 20000, 30000. Кроме того, отдельно рассматривались выборки с меньшим числом журналов: 0–50 и 0–100 первых изданий. В составе каждой выборки определялась средняя арифметическая доля (частота) журналов различной тематики.

Характеристики каждой выборки с номером I были расширены до середины промежутка до соседней выборки слева и справа. Затем были определены число NI и доля журналов DI , попадающих в данную зону влияния. Характеристики выборок и зон влияния для журналов 2018 года приведены в табл. 3.1.

Левые три точки (рис. 3.1) представляют собой выборки из одного и того же блока в 300 журналов ($I = 1–3$), поэтому угол наклона прямой в этой области резко меняется. В остальной части базы журналов средний для выборки индекс Хирша связан линейной зависимостью со средним значением номеров выборок.

Таблица 3.2. Характеристики выборок и их зон влияния, 2018 г.

Номер выборки — I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Номер первого журнала выборки, тыс.	0	0	0	0,5	1	2	5	10	15	20	30
Среднее значение номера журнала выборки, тыс.	0,025	0,05	0,15	0,65	1,15	2,15	5,15	10,15	15,15	20,15	30,15

¹⁹⁸ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011.

Нижняя граница зоны влияния, тыс.	0	0	0	0,4	0,9	1,65	3,65	7,65	12,65	17,65	25,15
Верхняя граница зоны влияния, тыс.	0,05	0,1	0,4	0,90	1,65	3,65	7,65	12,65	17,65	25,15	31,97
Размер зоны влияния — N_I , тыс.	0,05	0,1	0,4	0,5	0,75	2	4	5	5	7,5	6,82
Доля журналов в зоне влияния — D_I , %	0,16	0,31	1,25	1,56	2,35	6,26	12,5	15,6	15,6	23,5	213

Хотя номер журнала J в базе SCImago JR соответствует его рейтинговому значению, однако представляется более удобным использовать в качестве характеристики значимости журналов их индекс Хирша — H , который аналогично индивидуальным индексам Хирша равен числу публикаций с определенным числом ссылок. Взаимосвязь между номером журнала и средним индексом Хирша представлена на рис. 3.1.

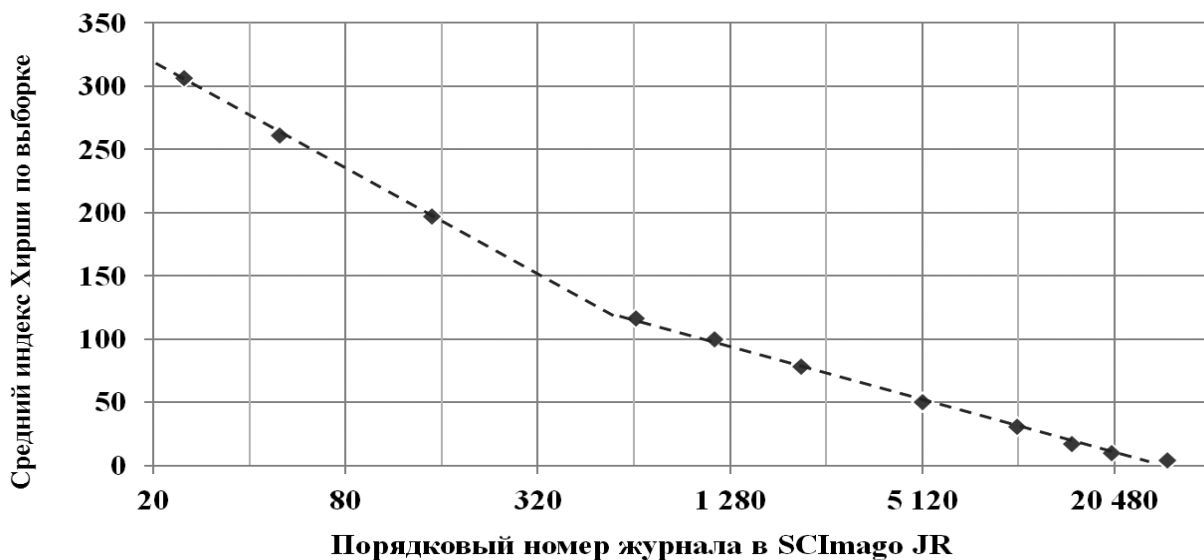


Рис. 3.1. Зависимость между номером журнала и средним индексом Хирша

Для удобства представления на одном графике и ведущих журналов, и аутсайдеров используется двоичная логарифмическая шкала номеров журналов в нумерации SCImago JR. Хотя у журналов начальных номеров индекс Хирша выше, но их число в выборке меньше, поэтому основная масса научных знаний содержится в журналах, удаленных от начала.

Величина «веса» различных выборок P_I с учетом значимости журналов по индексу Хирша H определялась как произведение относительного числа журналов, попавших в зону влияния $D_I = N_I/N_\Sigma$, на средний арифметический индекс Хирша выборки H_I по формуле

$$P_I = H_I \cdot N_I/N_\Sigma \quad (3.1)$$

График весов P_i различных выборок в зависимости от их номера в % приведен на рис. 3.2.

Видно, что при используемой группе выборок основной вклад дают журналы в области влияния выборок от 2000-го до 10 000-го номера — 56%. Далее вес журналов резко падает за счет влияния падения индекса Хирша, и доля вклада номеров свыше 25 000-го составляет 2,8%.

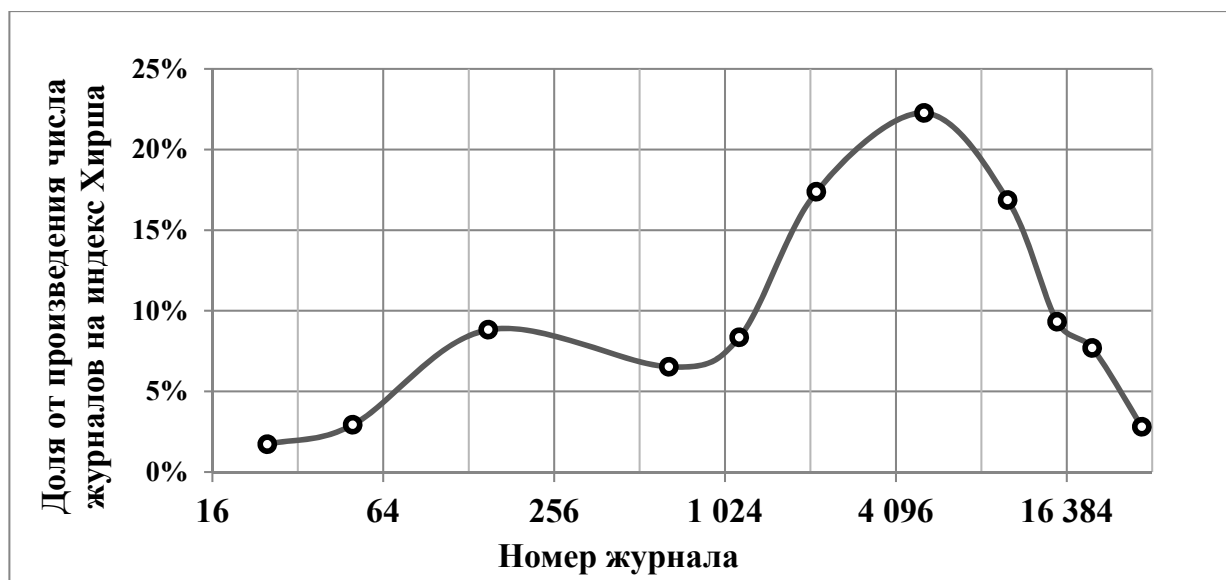


Рис. 3.2. Веса различных выборок в зависимости от номера SCImago JR

Еще одним показателем качества журналов является «квартиль». Соотношение показателя квартилей неоднозначно соотносится с номером журнала в базе SCImago JR. Распределение журналов с различными квартилями в зависимости от номера J в базе SCImago JR дано на рис. 3.3.

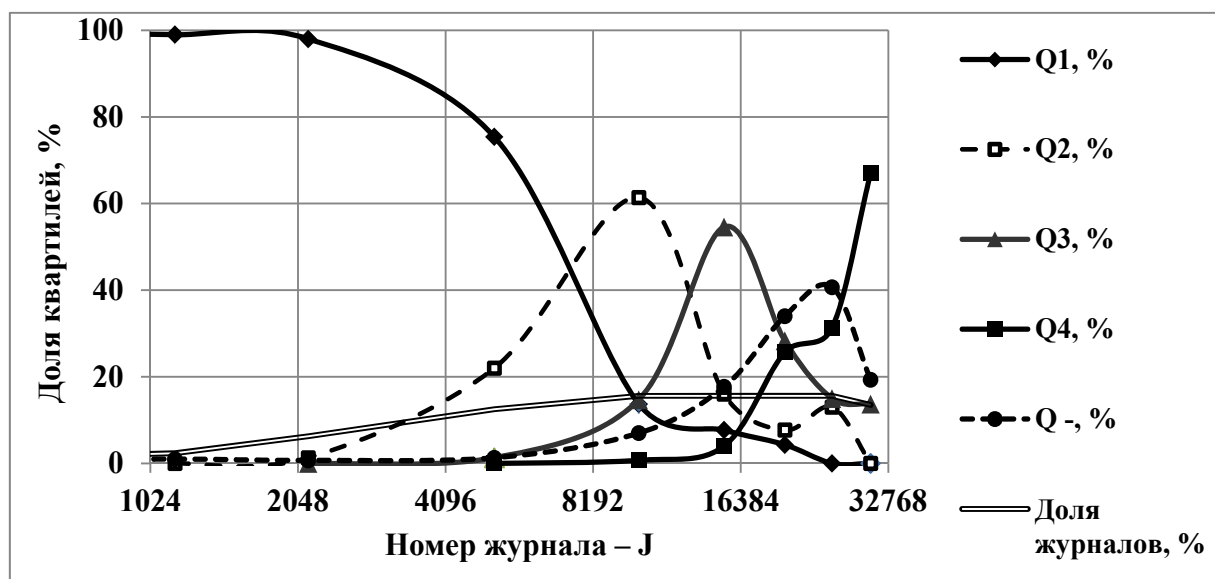


Рис. 3.3. Распределение журналов с различными квартилями

Нужно отметить, что до 2000-го номера присутствуют журналы практически только первого квартиля. После 7000-го номера доминируют журналы с квартилем Q2. К 16 000-му номеру больше всего журналов — Q3. После 20 000-го номера доминирует — Q4, значительную долю занимают журналы без квартилей (Q -), но присутствуют и Q2, и Q3. Доминирующую часть журналов занимают квартили Q1 и Q2. На рис. 3.3 для ориентировки указана двойной линией доля журналов в каждой выборке, причем для равномерности распределения добавлена выборка, начинающаяся с номера журнала 25 000.

3.1.3. Результаты анализа базы SCImago JR

Количество журналов в базе SCImago JR, изданных в различные годы, приведено на рис. 3.4. Как и на рис. 2.16, имеется тенденция к снижению прироста публикаций после 2017 года, что связано со снижением темпов роста человечества.

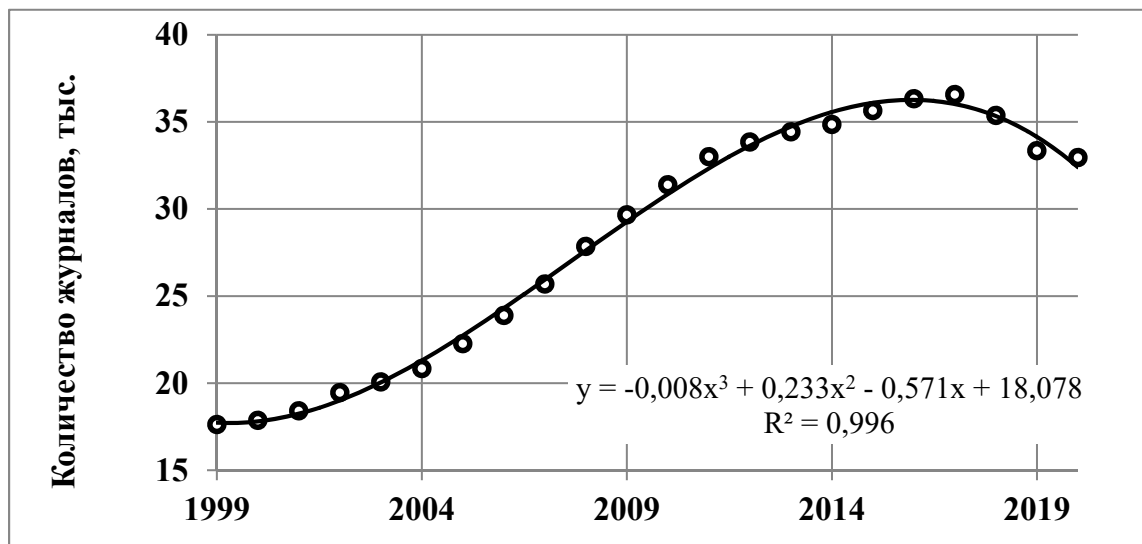


Рис. 3.4. Количество журналов SCImago JR, изданных в различные годы

Распределение журналов за 2018 год

На рис. 3.5 приведено распределение журналов по предметным областям, количество которых снижено с 27 до 15, как указано выше.

Видно, что наибольшее число журналов относится к медицине и смежным тематикам — 19,2% в 2018 году. По отношению к 1999 году их доля уменьшилась, но в связи с ростом числа журналов абсолютное количество изданий этой тематики увеличилось примерно на 30%. Вместе с биогенетическими науками, психологией, нейронауками, био-, агро-, зоонауками они занимают в 2018 году 31,2%.

На втором месте находятся социальные науки — 12,6%, а вместе с гуманитарными науками и искусством они занимают 20,2%. С 1999 года их доля значительно возросла.

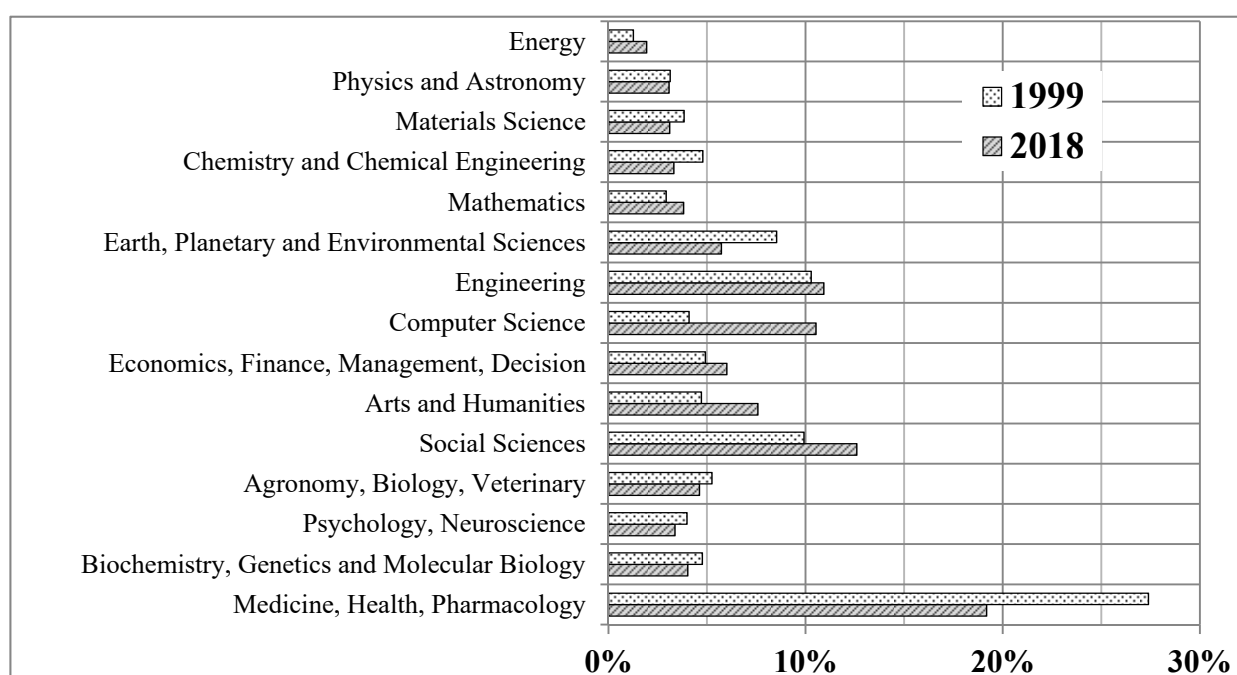


Рис. 3.5. Доля журналов различных предметных областей

Доля экономических наук, включая финансы, менеджмент, маркетинг, стратегию и принятие решений, выросла к 2018 году до 6%.

Компьютерные науки представлены относительно небольшой долей журналов для претендента на технологическое лидерство — 10,5%, но их доля выросла за 19 лет более чем вдвое.

Выросла также доля изданий, связанных с энергетикой, но она составляет всего лишь 1,9%.

Основные точные науки: физика, астрономия, материаловедение, химия и математика охватывают 13,3% журналов, что несколько меньше, чем в 1999 году.

Остальные области наук, включая технические, энергетику, науки о Земле и планетах, а также экологию, но без компьютерных наук, представляют 18,6% изданий, что также меньше, чем в 1999 году.

Далее мы более детально рассмотрим распределение журналов по их значимости и, соответственно, позиции в рейтинге SCImago JR. На рис. 3.6 показано распределение доли журналов — D_i в выборках (в %) в зависимости от номера журнала в рейтинге SCImago JR для пяти тематик медико-биологической направленности, которая является наиболее массовой в рассматриваемой базе научных журналов.

Видно, что ведущее место занимают медицинские журналы, доля которых в числе первой 1000 журналов составляет 25%, а к 5000-му вырастает до 35%. Затем доля уменьшается, но не менее чем до 15%. Высокая доля этих изданий в первой тысяче означает, что это передовые, инновационные исследования. Пик в области 5000 означает, что и более традиционные медицинские дисциплины активно развиваются и массово

публикуются. Довольно высокая доля данной тематики в конце рейтинга свидетельствует о широком практическом применении медицинской науки.

На втором месте группа журналов по биохимии, генетике, микробиологии и смежным дисциплинам, включая медицинские. Максимальная их доля расположена в первой тысяче журналов, соответствуя тому, что это высоко инновационная тематика. Резкое снижение доли этой тематики к концу рейтинга означает относительно низкий уровень практического применения.

Психиатрия имеет достаточно высокий рейтинг — на уровне 5% в первой 1000, и снижается примерно вдвое к концу рейтинга, что отражает средний уровень практического применения знаний данной тематики.

Доля нейронаук составляет порядка 4% в первой 1000, но к концу рейтинга их доля резко падает, что свидетельствует об их малом практическом применении. Нужно отметить, что в данный блок попали журналы о нейронауках, как биолого-медицинской, так и кибернетической направленности, поскольку они сложно различимы. При оценке по доле журналов в предметных областях доля нейронаук составляет 1,1%.

Блок наук биологической (зоология, агрономия, ветеринария и др.) направленности, а также продуктов питания имеет максимум (до 7%) в области журналов с номером свыше 5000, что характерно для наук с высокой прикладной направленностью.

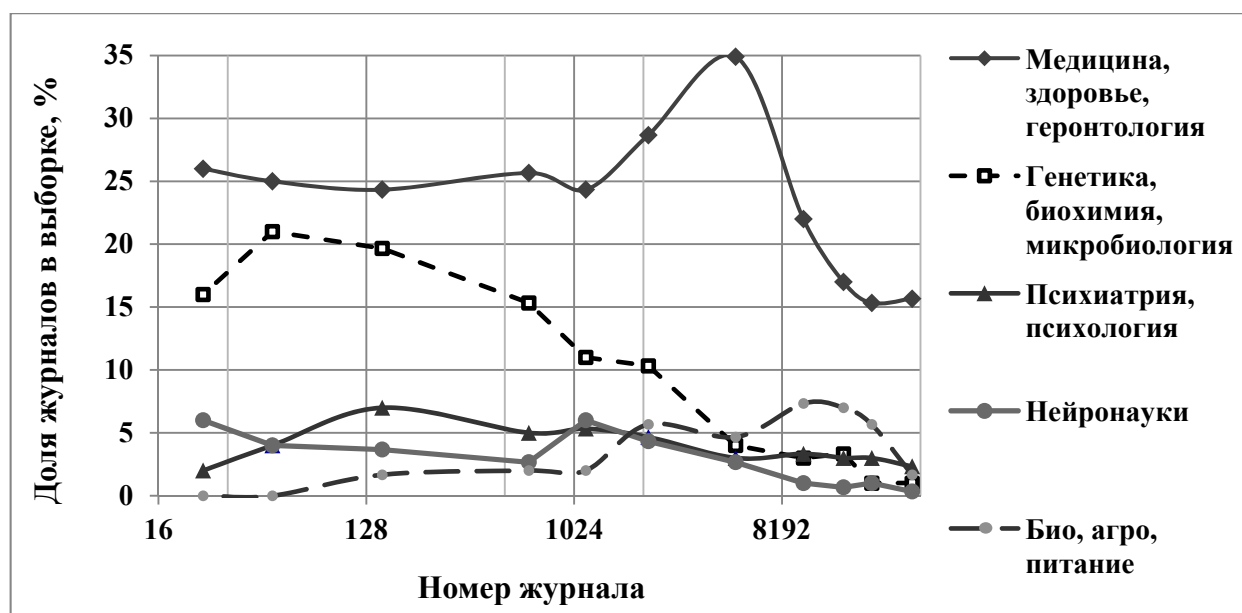


Рис. 3.6. Распределение долей журналов медико-биологической тематики

На рис. 3.7 представлено распределение относительной доли журналов — X медико-биологической тематики с учетом их веса P_i , определенной по формуле (3.1). В отличие от рис. 3.6, на котором приведена доля журналов в каждой выборке, здесь представлена отдельно доля журналов разной тематики и выборок в общей выборке в процентах.

В результате учета относительного числа журналов, попавших в зону влияния выборок N_i/N_Σ , на рис. 3.7 проявляется доминирование журналов с номерами в диапазоне

1–10 тыс. Видно также, что медицинская тематика значительно превосходит биогенетическую, особенно в составе журналов с большими номерами.

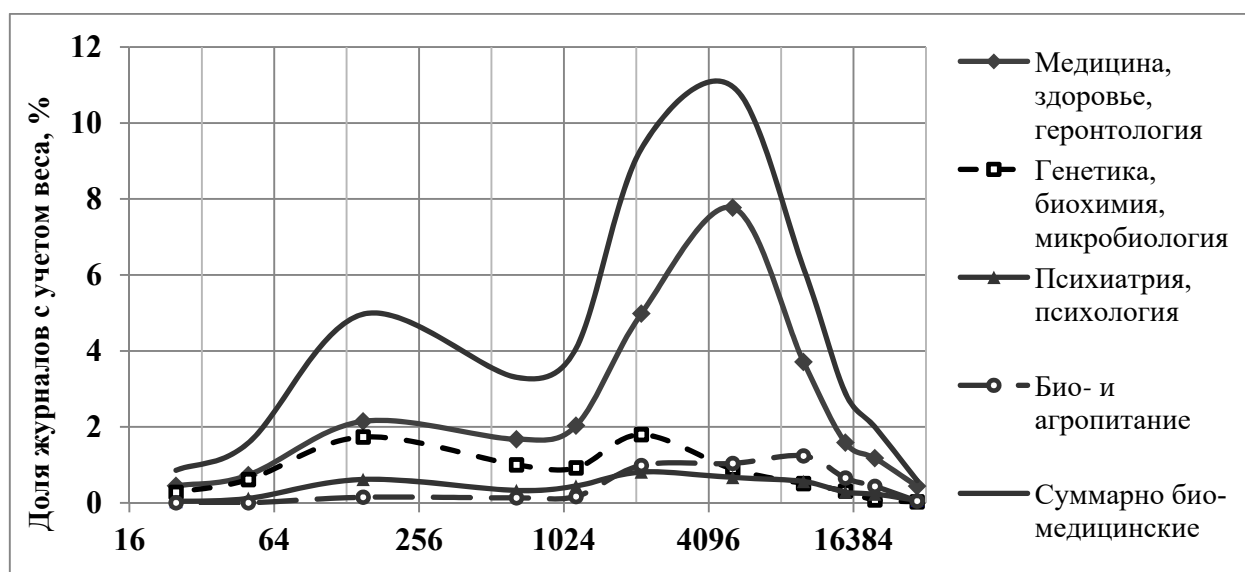


Рис. 3.7. Доля журналов медико-биологической тематики с учетом веса

Для определения общего веса тематики в составе всех журналов нужно просуммировать его веса по всем выборкам. В табл. 3.3 дано сравнение доли журналов различной тематики с весом согласно формуле (3.6) и без учета веса выборок, а также их доля в предметных областях (рис. 3.5).

Таблица 3.3. Влияние «веса» на долю журналов (%)

	Медицина, здоровье, геронто- логия	Генетика, биохимия, микро- биология	Психи- атрия, психо- логия	Нейро науки	Био, агро, зоо, питание	Суммарно биомеди- цинские
Средняя доля журна- лов в выборке (D), %	23,1	7,6	4,1	2,5	4,2	41,5
Доля журналов с учетом веса (X), %	25,5	7,3	4,0	2,7	4,8	44,3
Доля по предметным областям, %	19	4	2,3	1,1	4,6	31,2

Видно, что учет влияния веса P_i по формуле (3.4) относительно слабо сказывается на средних значениях различных тематик. Однако из сравнения рис. 3.6 и рис. 3.7 видно, что значимость первых номеров журналов при рассмотрении выборок по отдельности значительно преувеличена. Также можно заметить значительное различие в определении доли журналов по предметным областям.

Относительно нейронаук это может происходить по причине отнесения к данной области журналов, публикующих исследования в области кибернетики. Также есть зна-

чительное число журналов, связанных с психологией образования и другими сферами деятельности, которые сложно однозначно идентифицировать. Вместе с тем с учетом неоднозначности отнесения журналов к конкретным областям и категориям такая погрешность представляется допустимой. С точки зрения решаемой задачи прогнозирования подобная погрешность также является приемлемой.

Для детализации распределения журналов блока наук, занимающих ведущие места, на рис. 3.8 показано распределение доли журналов в выборках, а на рис. 3.9 — доли журналов с весом. На первом месте в обоих представлениях находятся медицинские науки. На втором месте, в числе журналов с высоким рейтингом, представлена экономическая тематика. Доля публикаций этой тематики уменьшается монотонно и к 1000-му номеру их частота (на выборку) снижается с 22% до 10%. С учетом веса экономические науки составляют около 1% на выборку.

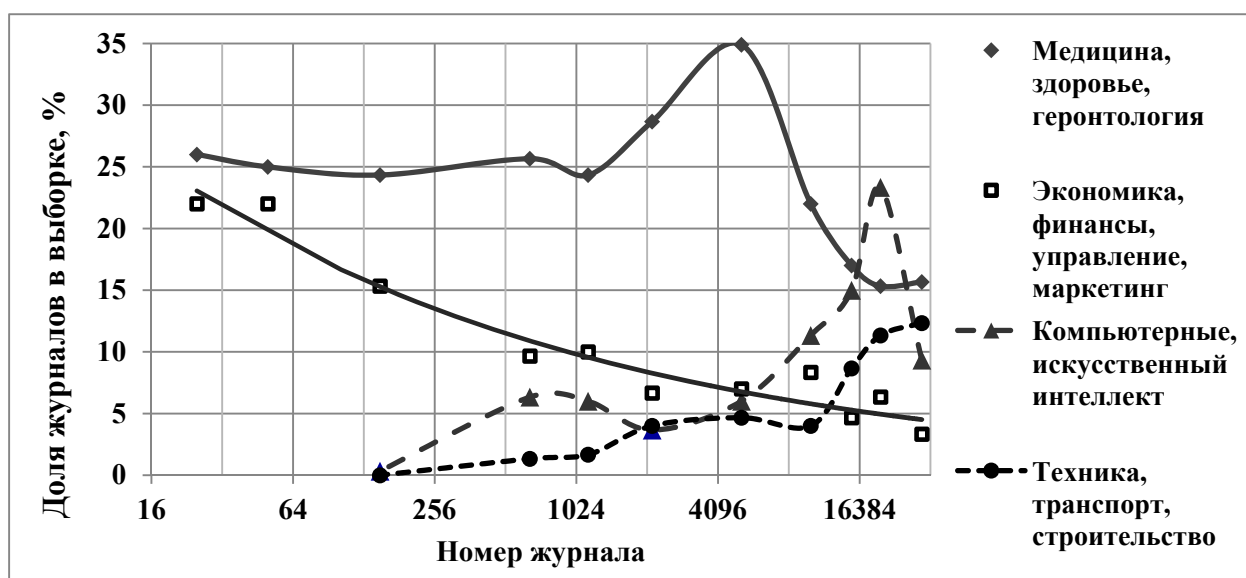


Рис. 3.8. Распределение доли журналов массовых тематик

Экономические науки широко представлены и в первых номерах, и в средней части списка журналов, что свидетельствует о достаточно широком их внедрении в практику.

На третьем месте по частоте представленности находятся компьютерные, кибернетические, информационные науки и журналы по искусственному интеллекту. В составе первых 300 журналов их практически нет; в области 500–5000-х номеров их доля составляет около 6%, а максимум 23% находится в области 20 000-го номера. Такая представленность данного блока наук не свидетельствует о его готовности стать ведущим в очередной технологической революции, тем более на фоне мощного научно-публикационного потенциала биомедицинских наук.

На четвертом месте находятся технические науки, включая автоматику, электронику, транспорт, строительство и другие. Максимум находится в конце рейтинга и достигает 12%, что соответствует статусу наук, имеющих широкое практическое применение.

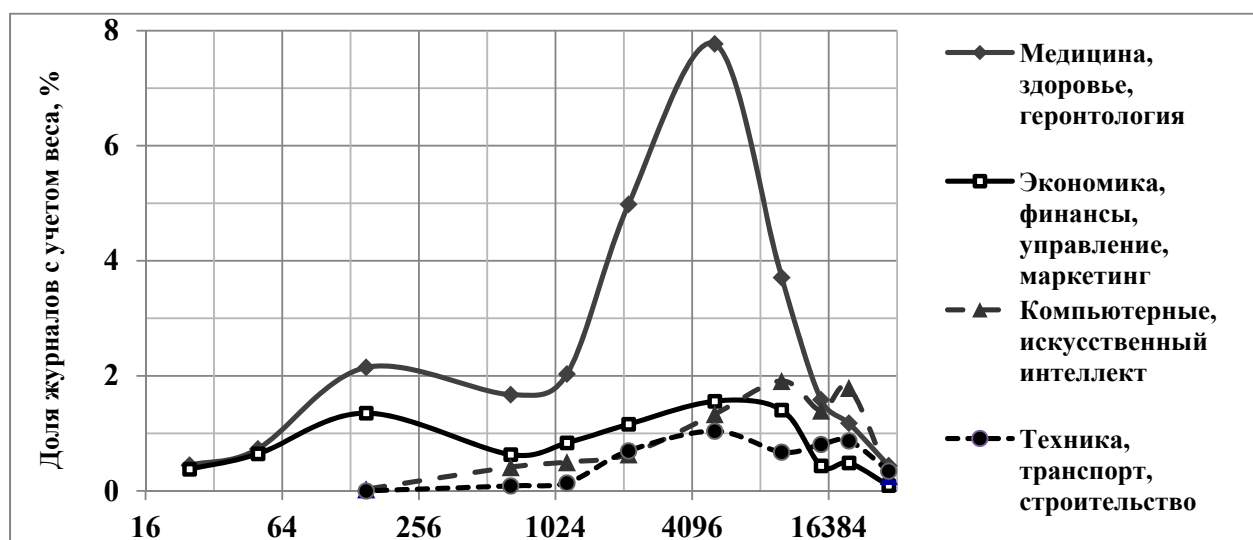


Рис. 3.9. Распределение доли журналов массовых тематик с весом

Суммарные доли этих массовых наук как средняя арифметическая, так и с весом приведены в табл. 3.4. Там же обозначены зоны максимума публикаций по этим тематикам с весом и без него. Знаком + обозначены те науки, которые вызывают интерес научного сообщества своей новизной.

Таблица 3.4. Суммарные показатели журналов по передовым наукам

	Био-меди-цинские, всего	Медицина, здоровье, геронто-логия	Эконо-мика, финан-сы и др.	Компью-терные, ИИ	Техника, транспорт, строи-тельство	Физика, астро-номия
Средняя доля журналов в выборке, %	41,5	23,1	7,9	9,9	5,3	2,1
Доля журналов с учетом веса, %	44,3	25,5	8,0	8,3	4,7	2,3
Доля по предмет-ным областям, %	31,2	19	6	10,5	10,9	3,1
Зона максимума средней доли, тыс.	0–5	0–2	0–0,3	15–20	15–30	0–0,3
Зона максимума с весом, тыс.	2–10	2–10	0,3–10	5–20	2–20	0–0,3; 2–10
Уровень новизны	+	+	+	–	–	+

Показатели более широкого спектра наук технической направленности представ-лены в табл. 3.5. Суммарно они охватывают около 35% всех журналов — почти столько же, сколько биомедицинские (43%).

Таблица 3.5. Суммарные показатели журналов по техническим наукам

Наука	Средняя доля журналов в выборке, %	Доля журналов с учетом веса, %	Доля по предметным областям, %	Зона максимума средней доли, тыс.	Зона максимума с весом, тыс.	Уровень новизны
Физика, астрономия	2,1	2,3	3,1	0–0,3	0–0,3; 2–10	+
Техника	5,3	4,7	10,9	15–30	2–20	–
Компьютерные, ИИ	9,9	8,3	10,5	15–20	5–20	–
Материаловедение	2,6	2,6	3,1	0–0,3, 10–15	5–15	
Химия	2,4	2,5	3,3	0–0,3	1–10	
Нанотехнологии	0,2	0,2		0–0,3	0–0,3	+
Энергетика	1,6	1,4	1,9	0–0,1; 15–20	10–20	–
Математика	3,8	4,3	3,8	0,5–15	2–10	–
Геонауки	4,3	4,2	2,7	1–2,5; 10–30	1–15	–
Экология	2,7	2,9	3,0	0,5–1; 10–15	2–10	–
Мультидисциплинарные	1,0	1,1	0,2	0–0,1; 10–30	2–15	–
Сумма	35,9	34,5	42,5			

Различие оценок по выборкам журналов от оценок по доле предметных областей наиболее сильное в области техники (инженерные науки) и составляет около 5%. Вероятно, это связано с тем, что при оценке журналы науки в области медицинской техники относились к медицине, а не к технике. Это связано со спецификой выявления областей технологических революций. То, что связано с уникальными медицинскими операциями или лекарствами, нацелено на улучшение здоровья людей, а техника является лишь инструментом.

Интересно, что, кроме упомянутых выше лидирующих наук, широко представлены научные журналы по математике и геонаукам — примерно по 4,2%. Также относительно широко представлены экологические науки — 2,8%. Энергетика представлена более узко ~ 1,5%.

Еще более узко представлены нанотехнологии — 0,2% журналов. Это крайне интересно, ибо еще недавно нанотехнологии презентовались в России как наиболее перспективное направление научно-технического развития^{199, 200}. Например, Всероссийская

¹⁹⁹ Руденский О.В., Рыбак О.П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030. Информационно-аналитический бюллетень № 3. http://www.vixri.com/wp-content/uploads/2011/08/inf3_2010.pdf.

²⁰⁰ Данилин И.В., Мамедьяров З.А., Кобринская И.Я. Прогнозирование технологических тенденций на основе социально-экономических факторов. Научно-аналитический доклад. М.: НИИ ИМЭМО РАН, 2016. 2016-Dynkin-Rep-RFFI-001.pdf

олимпиада по нанотехнологиям до сих пор проводится под лозунгом «Нанотехнологии — прорыв в будущее»! Хотя журналов непосредственно по нанотехнологиям достаточно мало, но данная тематика встречается также в изданиях о создании новых материалов наряду с методами создания материалов для электроники, фотоники и т.д.

Науки гуманитарно-социальной направленности представлены на рис. 3.10 и в табл. 3.6. В сумме они занимают около 14% журналов, причем наиболее массовым является блок «социология, политика, международные связи и право».

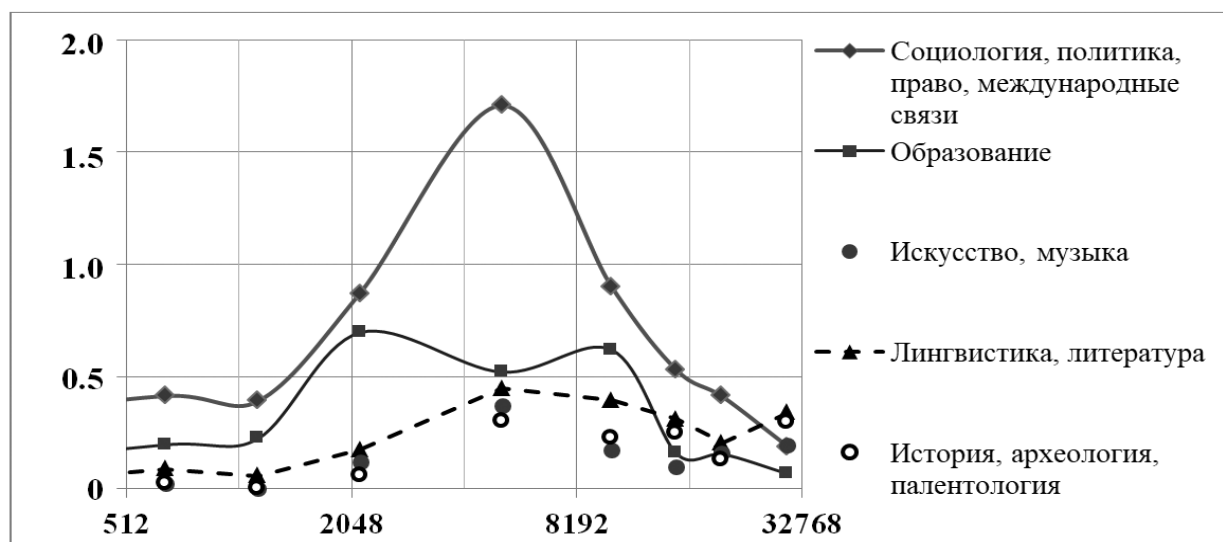


Рис. 3.10. Распределение доли журналов гуманитарной тематики с весом

Согласно идентификации по предметным областям, социальные науки занимают 12,6%, а гуманитарные и искусство — 7,6%. Совместно это составляет 20,2%, что на треть больше, чем при идентификации непосредственно по журналам. В целом журналы этого блока занимают места за 5-тысячным номером рейтинга, как правило, 3–4-й квартиль. В первых номерах журналов в большей мере представлен социологический блок, право и образование.

Таблица 3.6. Суммарные показатели журналов по гуманитарным наукам

Наука	Средняя доля журналов в выборке, %	Доля журналов с учетом веса, %	Зона максимума средней доли, тыс.	Зона максимума / с весом, тыс.
Социология, политика, международные связи	4,8	5,0	0,5–15	2–10
Право	0,7	0,7	2–5; 15–20	2–20
Образование	2,5	2,7	0,5–10	2–10
Лингвист. литература	2,8	2,0	20–30	5–30
История, археология, палеонтология	2,0	1,3	25–30	5–30

Искусство, музыка	1,5	1,1	20–30	4–8
Философия, религия	1,1	0,7	25–30	15–30
Сумма	15,4	13,5		

Анализ данных за 1999 год и динамики выпуска журналов

Для лучшего понимания процессов, происходящих с публикационной активностью по различным тематикам, рассмотрим динамику выпуска различных журналов. Самые ранние данные в базе SCImago JR относятся к 1999 году. Тогда в ней было зарегистрировано 17 212 журналов, то есть почти в 2 раза меньше, чем 2018 году (31 970). Распределение журналов D в выборках (в %), в зависимости от номера журнала в рейтинге SCImago JR, для медико-биологической тематики приведено на рис. 3.11, а с учетом веса — на рис. 3.12.

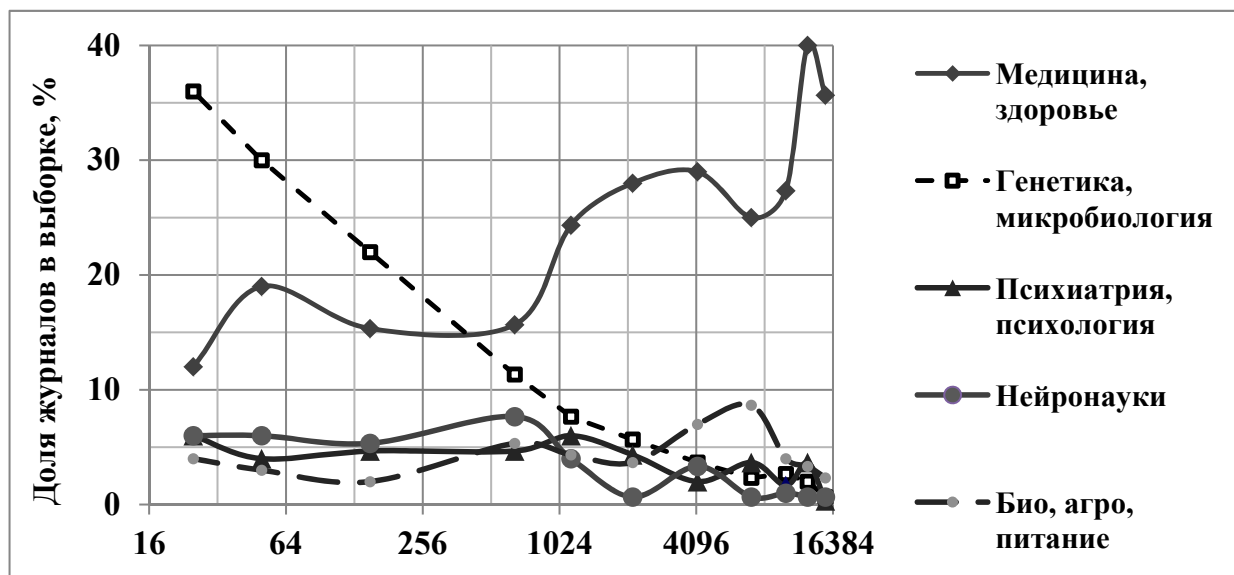


Рис. 3.11. Распределение долей медико-биологических журналов в 1999 г.

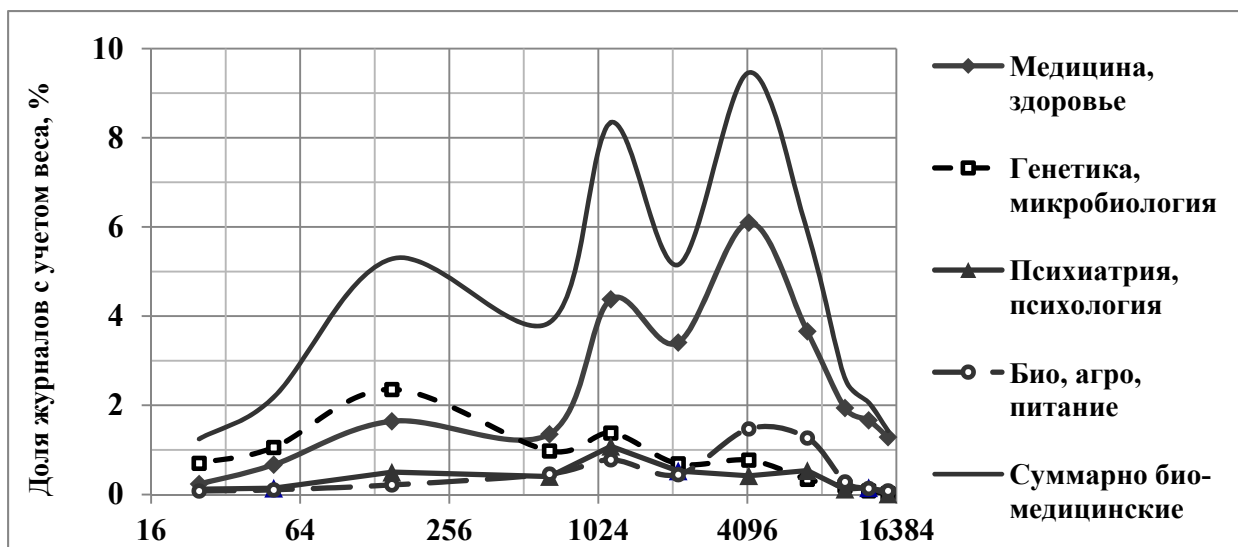


Рис. 3.12. Доля медико-биологических журналов с учетом веса в 1999 г.

Видно, что в целом, по сравнению с 2018 годом, картина изменилась достаточно мало. Однако максимумов медико-биологической тематики в 1999 году три, а не два, как в 2018 г. Максимум в области 1000-го журнала (рис. 3.12) к 2018 году сдвинулся в область больших номеров (рис. 3.5) и слился с максимумом в области 4000-го номера. Также максимум в 2018 году несколько больше. Увеличение числа журналов почти вдвое существенного влияния на публикационную картину «с весом» почти не оказало, поскольку журналы с номером свыше 16 000 имеют малый индекс Хирша. В целом максимумы распределения по номерам журналов (из сравнения рис. 3.6 и рис. 3.11) остались на тех же местах, что и в 2018 г. (в области 300-го и 4000-го номеров). Это достаточно неожиданно — можно было ожидать, что в 2018 году они сдвинутся в область больших номеров, поскольку совокупность журналов значительно увеличилась.

Для более точного сравнения в табл. 3.7 приведены доли журналов биомедицинской тематики в 1999 и 2018 годах. Видно, что и по отдельным наукам, и суммарно относительно всей совокупности журналов изменения небольшие. Несколько увеличилась доля генетики, биохимии, микробиологии (порядка 8% от 1999 года). Однако число журналов выросло на 86%, поэтому сохранение доли и позиций в числе передовых журналов свидетельствует о значительном росте данного научного направления.

Таблица 3.7. Доля журналов биомедицинской тематики с учетом веса, %

Год	Медицина, здоровье, геронтология	Генетика, биохимия, микробиология	Психиатрия, психология	Нейронауки	Био-, агропитание	Суммарно биомедицинские
1999	25,4	6,8	3,7	3,0	5,1	44,1
2018	25,5	7,3	4,0	2,7	4,8	44,3

В табл. 3.8 представлена динамика журналов по техническим наукам и экономике с весом в процентах от общего числа журналов за соответствующие годы. Видно, что их доля в составе соответствующих баз журналов сократилась примерно на 15%, однако, с учетом роста числа журналов в 2018 году на 86%, число журналов по техническим наукам возросло примерно на 60%.

Таблица 3.8. Доля журналов по техническим наукам и экономике с весом, %

Научное направление	Доля с весом, %		Рост, %	Области, %		Рост, %
	1999	2018		1999	2018	
Физика, астрономия	4,3	2,3	–47%	3,1	3,1	–1,7%
Техника	5,8	4,7	–19%	10,3	10,9	6,2%
Компьютерные, ИИ	5,4	8,3	54%	4,1	10,5	158%
Материаловедение	4,3	2,6	–40%	3,8	3,1	–19%
Химия	3,7	2,5	–32%	4,8	3,3	–31%
Нанотехнологии	0	0,2				

Энергетика	0,7	1,4	100%	1,3	1,9	54%
Математика, статистика	4,7	4,3	–9%	2,9	3,8	30%
Геонауки	5,8	4,2	–28%	4,4	2,7	–39%
Экология	5,2	2,9	–44%	4,1	3,0	–27%
Мультидисциплинарные	1,3	1,1	–15%	0,2	0,2	0
Сумма технических	40,4	34,5	–15%	38,8	42,4	9,2%
Экономика	6,7	8,0	19%	4,9	6,0	22%

Наиболее сильно выросла доля журналов компьютерной тематики и ИИ (на 54%). Энергетическая тематика выросла на 100%, но ее доля относительно мала (1,4%).

Нанотехнологии в 1999 году вообще не идентифицировались (в 2018 году их доля составила 0,2%). Все остальные направления технических наук относительно сократились, но с учетом роста числа журналов их публикационная активность выросла. Наиболее быстро сократилась доля журналов следующих тематик: физика и астрономия, экология, материаловедение (более чем на 40%).

Доля журналов экономической направленности выросла на 19%, а с учетом роста числа журналов произошел двукратный рост публикационной активности (с учетом веса журналов).

В табл. 3.9 приведена доля журналов гуманитарной направленности. Их доля в составе баз журналов увеличилась на 53%, что контрастирует с изменениями в технических науках, причем это в дополнение к 86%-ному росту числа журналов.

Наиболее быстро росли публикации по следующим наукам: искусство, лингвистика и литература, право, образование. Однако следует отметить, что их доля в составе научных журналов невелика, и они занимают места в основном в последней части списка журналов.

Таблица 3.9. Доля журналов по гуманитарным наукам с весом, %

Наука	1999 г.	2018 г.	Изменение (от 1999 г.)
Проценты от числа журналов			
Социология, политика и др.	3,6	5,0	39%
Образование	1,5	2,7	80%
Лингвистика, литература	1,1	2,0	82%
История, археология, палеонтология	1,2	1,3	8%
Искусство, музыка	0,41	1,1	168%
Философия, религия	0,58	0,7	21%
Право	0,38	0,7	84%
Сумма	8,8	13,5	53%

Для сравнения различных блоков наук в табл. 3.10 приведены их доли в составе журналов за 1999 и 2018 годы, а также данные об изменении долей этих блоков. Наибо-

лее быстро росли публикации по следующим наукам: искусство, лингвистика и литература, право, образование. Однако следует отметить, что их доля в составе научных журналов невелика. Из табл. 3.10 видно, что сохраняется доминирование медико-биологических наук и снизилась доля технических наук. Выросли доли экономических и гуманитарных наук, и вместе они теперь составляют 21,5% по сравнению с 15,5% девятнадцать лет назад, что свидетельствует о процессе ориентации науки на гуманизацию.

Таблица 3.10. Доля журналов различных блоков наук с весом, %

Блок наук	1999 г.	2018 г.	Изменение (от 1999 г.)
Проценты от числа журналов			
Биомедицинские	44,1	44,3	0,5%
Технические	40,4	34,5	–15%
Гуманитарные	8,8	13,5	54%
Экономические	6,7	8,0	19%
Всего журналов, тыс.	17,21	31,97	86%

С учетом направленности биомедицинских наук на человека, это свидетельствует об отходе нашей цивилизации от технической доминанты. При этом не следует забывать, что в составе биомедицинских наук техническая компонента также велика.

3.1.4. Перспективы лидерства в технологической революции

Возвращаясь к вопросу о потенциале новых технологических революций, рассмотрим табл. 3.11, в которой даны характеристики основных претендентов на роль технологического лидера.

Таблица 3.11. Потенциальные лидеры технологического прогресса, %

Блок наук	1999 г.	2018 г.	Изменение (от 1999 г.)
Проценты от числа журналов			
Медицина, здоровье, геронтология	25,4	25,5	0,4%
Генетика, биохимия, микробиология	6,8	7,3	7,4%
Компьютерные и ИИ	5,4	8,3	54%
Экономические науки	6,7	8,0	19%
Экология	5,2	2,9	–44%
Энергетика	0,7	1,4	100%
Социология, политика и др.	3,6	5,0	39%
Образование	1,5	2,7	80%

Медико-биологическое направление не проявило роста относительной доли научных журналов, однако их доля и так предельно велика, а также произошел 86%-ный рост числа журналов, в которых это направление занимает лидирующие позиции. Сам по себе фактор массовой и целеустремленной научной работы в этом направлении может привести к прорыву, тем более что ведущее биогенетическое направление активно прогрессирует. Однако биогенетическое направление еще не созрело для лидерства в технологической революции, поскольку имеет ограниченную практическую готовность. В целом медико-биологическое направление — наиболее перспективный кандидат в лидеры новой технологической революции. Это подкрепляется также очевидным спросом людей на улучшение качества и продолжительности жизни и готовностью платить за это.

Компьютерные (кибернетические) науки и искусственный интеллект, хотя и являются быстро развивающимся направлением, однако первая кибернетическая революция произошла примерно в 1960 году, и с тех пор данное направление развивалось эволюционно. За 60 лет экспоненциальной эволюции технические параметры кибернетических систем выросли более чем на 10 порядков (рис. 1.4.), кроме того, резко выросло быстродействие компьютеров. При этом доля научных журналов по данной науке относительно невелика. Значительного прогресса по данному направлению ожидать сложно.

Возникает вопрос о причинах возникновения идеи киберфизической революции К. Шваба и ее обоснованности. За 60 лет технологического лидерства информационно-кибернетическая отрасль стала одной из наиболее крупных и прибыльных. В анализе производительности труда в девятнадцати отраслях США, проведенном лауреатом Нобелевской премии по экономике Робертом Солоу, было показано, что компьютеризация привела к росту прибыльности только в отрасли ИТ и связанных с ней²⁰¹. Ясно, что отдавать свои позиции эта индустрия не станет и попытается найти новые возможности реализовать приобретенный потенциал.

Второй причиной для развития киберфизического направления стало торможение темпов роста развитых стран на фоне опережающего роста развивающихся экономик в ходе догоняющего развития. На рис. 3.13 представлена динамика ВВП по паритету покупательной способности (ППС) для стран большой семерки G7 и семи развивающихся стран E7.

Отрыв ВВП развивающихся стран от развитых ежегодно возрастает примерно на 1,6 трлн долл. При этом достоверность аппроксимации трендов очень высокая: 0,987 при линейной аппроксимации и 0,998 при квадратичной. Важно, что для стран E7 вдвое больше не только линейный, но и квадратичный член.

²⁰¹ Малинецкий Г.Г. Теория информационного взаимодействия С.П. Капицы и программа цифровой экономики России. Сб. докладов междунар. науч. конф. «Человеческий капитал в формате цифровой экономики». М.: РосНОУ, 2018. С. 18.

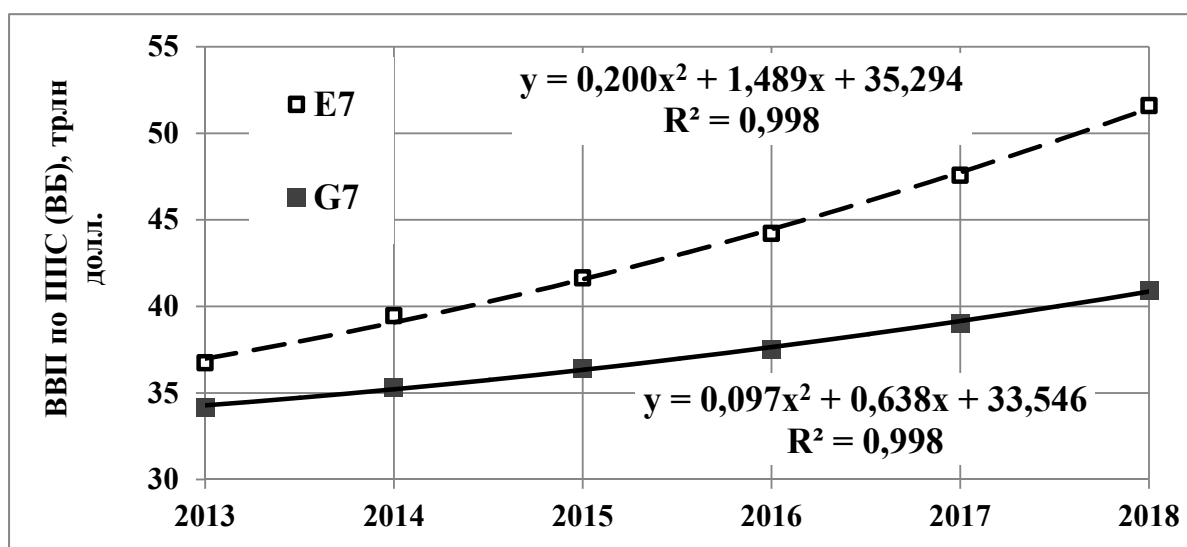


Рис. 3.13. Динамика ВВП для стран G7 и E7

Низкая стоимость трудовых ресурсов в развивающихся странах стимулировала перенос в них производства из развитых стран и их экономический прогресс. Идея активизации производства в развитых странах на основе киберфизических технологий, фигурирующая в проекте Индустрии 4²⁰², позволяет рассчитывать на изменение соотношения динамики развитых и развивающихся стран на противоположное. Однако реализация такого сценария событий сомнительна, поскольку развивающиеся страны уже накопили значительный экономический и научный потенциал.

На возникновение идеи киберфизической революции повлияли и новые выдающиеся открытия в области информационных технологий: квантовые компьютеры, искусственный (мини) интеллект, цифровые платформы, социальные сети, компьютерный перевод, беспилотный транспорт, облачные технологии, быстрый Интернет, 3D-печать и др. Но достаточно ли этого для нового технологического рывка? Судя по активности научных исследований в ИТ области, это весьма сомнительно.

Энергетика — еще одно перспективное направление, о котором писал Jeremy Rifkin²⁰³, однако доля научных работ по данному направлению составляет 1,4%, и, несмотря на быстрый рост, оно вряд ли может быть лидером технологической революции. На рис. 1.3 приведены данные о мировом производстве электроэнергии²⁰⁴. Видно, что в период с 1900 по 1960 год скорость роста была экспоненциальной. Согласно Н.Д. Кондратьеву, данный промежуток времени охватывает период в две длинные волны. При-

²⁰² Хель И. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? Hi-News.ru. URL: <https://hi-news.ru/business-analitics/industriya-4-0-cto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revolyuciya.html>

²⁰³ Rifkin, J. The Third Industrial Revolution How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World, — New York: Palgrave Macmillan, 2011. — 291 pp.

²⁰⁴ Мировая энергетическая статистика. Ежегодник 2016. <https://yearbook.enerdata.ru> Дата обращения 19.12.2017.

мерно после 1960 года, когда произошла кибернетическая революция, темпы производства электроэнергии перешли в режим более медленного роста. Сейчас маловероятно ожидать возврата к технологическому лидерству энергетического направления, которое очень ограниченно поддерживается наукой.

Экология и устойчивое развитие — еще одна перспектива, о которой сейчас идет активное обсуждение на международном уровне. Тема устойчивого развития представляется крайне актуальной^{205, 206, 207}, но научное участие в ее разработке в относительных размерах снизилось за 19 лет на 44%, поэтому маловероятно ожидать от этого направления технологического лидерства.

Противоречивость отношения к экологии связана с политическими и корпоративными особенностями крупнейших экономик²⁰⁸. В частности, внешнее окружение западных компаний существенно отличается от российского с точки зрения ориентации на экологию. Россия является страной, богатой природными ресурсами, причем крупнейшие корпорации, как правило, работают в отраслях, связанных с их добычей и переработкой. Данная сфера при любых обстоятельствах связана с загрязнением природной среды. Это не делает экологические факторы менее актуальными, но и рассчитывать на большие успехи в этом вопросе, требующие и больших вложений, применительно к России сложно.

С другой стороны, в США при конфликте интересов экологии и бизнеса на первое место нередко ставится бизнес. Это можно проследить на примере реализации программы добычи сланцевых природных ресурсов, которая приводит к значительно более высокому загрязнению среды, чем добыча обычной нефти или газа. Также США в 2017 году объявили о выходе из Парижского соглашения по климату — ключевой программе ограничения выброса парниковых газов и снижения темпов глобального потепления.

У европейских стран, которые активно отстаивают экологические принципы «устойчивого развития», другая позиция, в основе которой, кроме альтруизма, лежат и несколько прагматических факторов. Во-первых, высокая плотность населения. Например, в Великобритании на одного человека приходится 0,41 га территории, причем значительную ее часть занимают горы, в Германии — 0,43 га. Во-вторых, значительную часть своих природных ресурсов Старый Свет уже исчерпал и природную среду загрязнил, то есть они находятся в конце технологического процесса эксплуатации природных ресурсов и на практике ощущают негативные последствия этой ситуации. В-третьих, по одному из сценариев глобального потепления, Гольфстрим может пере-

²⁰⁵ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста, — М.: МГУ, 1991.

²⁰⁶ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. Пределы роста. 30 лет спустя/ Пер. с англ. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.

²⁰⁷ Forrester J. (2003). Мировая динамика. / Пер. с англ. — М: АСТ; СПб.: Terra Fantastica

²⁰⁸ Панфилова Е.А., Орехов В.Д., Шинкарёва О.В. Влияние корпоративных факторов на процессы рыночной капитализации российских компаний // Проблемы экономики и юридической практики. 2019. Т. 15, № 4. С. 54–62.

стать обогревать Европу, и ее климат резко похолодает, что является серьезной угрозой. Есть у европейских промышленников и расчет на развитие рынка экологических товаров и услуг с целью реализации своих технологических достижений в этой области.

Серьезный вес комплекса этих интересов в позиции европейского бизнеса и общественности ведет к тому, что именно экология находится на первом месте в составе ESG-факторов (environmental, social, governance), которые существенно влияют на возможности компаний привлекать финансовые ресурсы с международного рынка²⁰⁹.

Наконец, крупнейшие развивающиеся страны, такие как Китай и Индия, еще находятся в стадии индустриального развития и потому ограничены в возможностях адекватной охраны окружающей среды.

Все это не свидетельствует о реальности радикальной экологической революции в ближайшее время.

Экономические науки за последние 19 лет показали 19%-ный рост и занимают значительную долю в составе научных журналов. Причиной их популярности, вероятно, стало падение темпов роста мировой экономики в последние годы и прогнозы дальнейшего снижения^{210, 211}, что стимулирует поиск новых возможностей для роста таких, как инклюзивное развитие²¹². Однако экономические науки играют вспомогательную роль и не могут радикально повысить производительность труда и рост экономики.

Гуманитарные науки, хотя и показали впечатляющий рост, но продолжают оставаться в блоке аутсайдеров и не могут играть роль лидера технологического развития. Интересную позицию занимает образование. Его научная доля относительно мала (2,7%), но темп роста впечатляющий — 80% за 19 лет. Кроме того, есть значительная доля журналов, сочетающих образовательную и психологическую направленность, и поэтому они были отнесены к психологическим наукам (их 4%).

Особенность социально-экономического развития человечества за последние 100 лет заключается в том, что резко вырос вклад человеческого капитала в национальное богатство (рис. 3.14)²¹³.

²⁰⁹ Vashakmadze T. The impact of ESG factors on the future capitalization of the company. Empirical testing on the American stock market // Financial life. 2013. № 4. P. 63–70.

²¹⁰ Hawksworth J. The World in 2050. How big will the major emerging market economies get and how can the OECD compete? PricewaterhouseCoopers — March 2006.

²¹¹ Hawksworth J., Audino H., Clarry R. (2017). The World in 2050. The Long View How will the global economic order change by 2050? PwC. URL: <http://www.pwc.com/world2050>

²¹² Spence M. The Next Convergence: The Future of Economic Growth in a Multispeed World. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. (Пер. с англ. А. Калинина, М., 2013. <http://rabkor.ru/culture/books/2013/06/06/spence/>)

²¹³ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005.

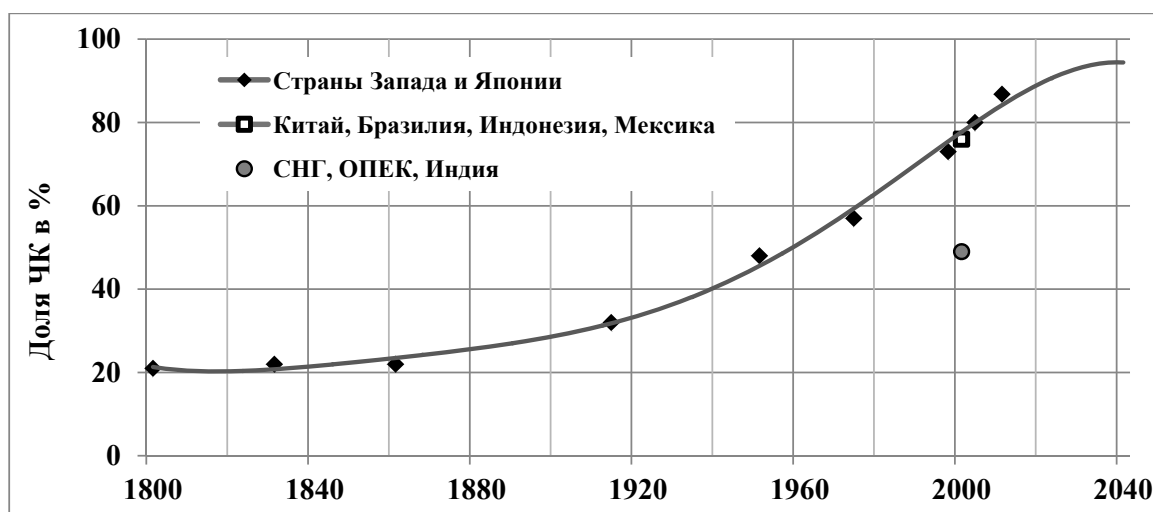


Рис. 3.14. Рост доли человеческого капитала в национальном богатстве

Ключевую роль в росте человеческого капитала играет образование^{214, 215}. Концептуальная модель его влияния на развитие экономики приведена на рис. 3.15²¹⁶. Таким образом, образование играет роль «усилителя» деятельности человеческого капитала и может существенно влиять на темпы экономического развития. С 1900 года доля студентов третичного образования в мире выросла в 64 раза (рис. 3.16)^{217, 218, 219}, что и обеспечило быстрый рост вклада человеческого капитала в мировое богатство.

Отметим еще одно важное свойство образования — его влияние на вклад специалистов в производительность труда увеличивается экспоненциально, то есть очень быстро, по мере роста числа лет образования специалиста^{220, 221}. Эта зависимость (образовательная экспонента) имеет вид²²²:

$$J_E = 20,5 \cdot 10^{0,246 E}. \quad (3.2)$$

²¹⁴ Schultz T.W. The Economic Value of Education. New York: Columbia University Press. 1963.

²¹⁵ Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М.: Инфра-М, 2006.

²¹⁶ Shinkareva O.V., Orekhov V.D., Solodukha P.V., Prichina O.S., Gizyatova A.Sh. Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managing the Performance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Т. 9. # 13. С. 303–317.

²¹⁷ Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, American Sociological Review. 2006.

²¹⁸ Six ways to ensure higher education leaves no one behind. UNESCO Policy Paper 30, 2017. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247862>

²¹⁹ Борисов И.И., Запругаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. — 2000. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2000/01/p.13-29.pdf>

²²⁰ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005.

²²¹ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие / А.В. Корицкий; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). — Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013. — 244 с.

²²² Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V. et al. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. Opcion. 2019. Т. 35. Special Issue 20. С. 2337–2357.

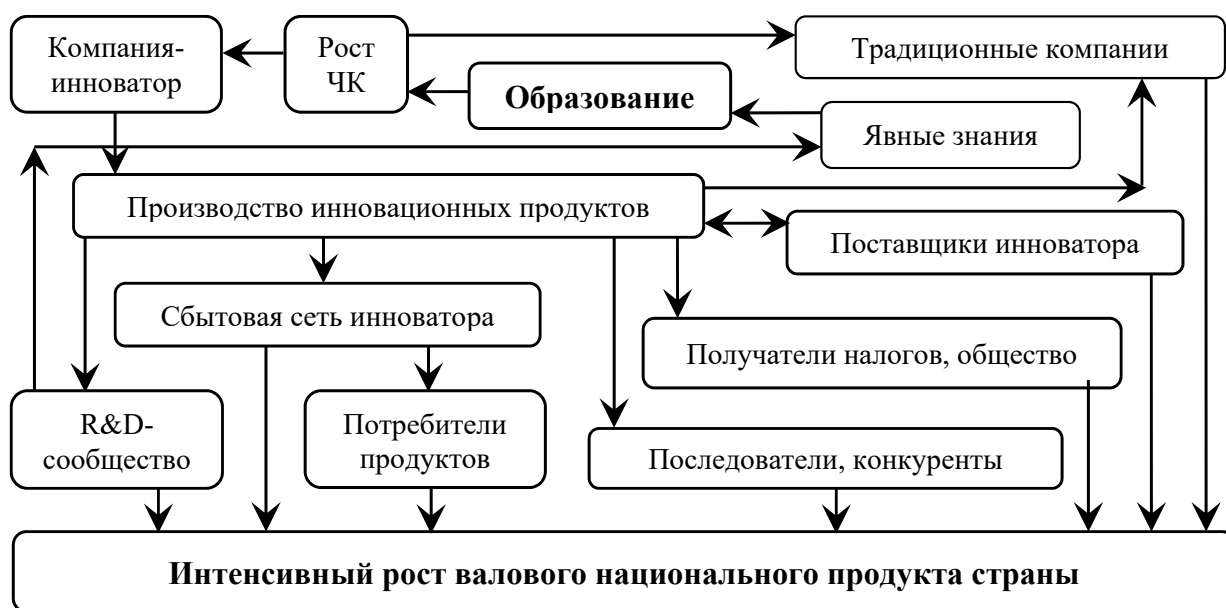


Рис. 3.15. Модель влияния образования и инноваций на экономическую динамику

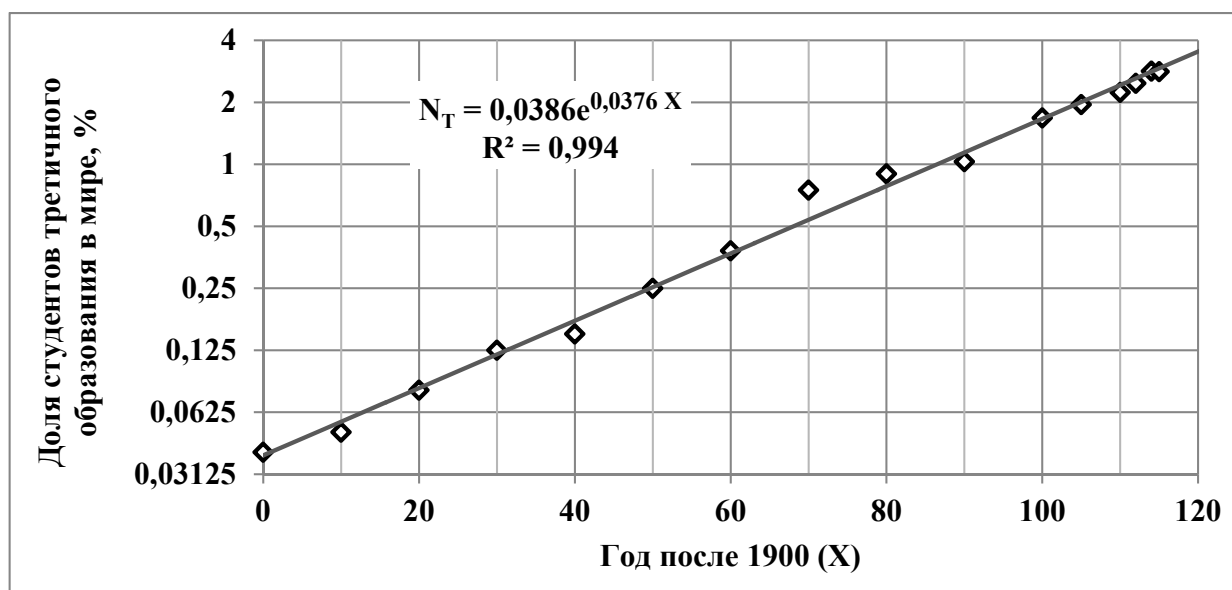


Рис. 3.16. Динамика доли студентов третичного образования в мире

По мере исчерпания других ресурсов роста человеческого капитала возможность резко повышать производительность труда специалистов за счет высокого уровня образования является очень привлекательной. Именно поэтому научные исследования в области повышения эффективности образования могут быть высоко востребованными.

Отметим, что проект «Атлас новых профессий» по прогнозированию перспективных профессий на ближайшие 15–20 лет был реализован в 2014 году Агентством стратегических инициатив и Московской школой управления «Сколково» с использовани-

ем метода «Форсайт»²²³. Среди наиболее детально рассмотренных профессиональных областей «Атласа»: медицина, биотехнологии, образование. Результаты данной работы могут дать новый импульс к прогнозированию перспективных профессий.

Интересной является также возможность повышения производительности труда за счет организации работы групп высококвалифицированных специалистов. Однако на этом пути стоят сложные психологические проблемы организации труда таких команд²²⁴. Научные исследования в этой сфере могут дать значительный экономический результат.

Отметим, что вторым важным фактором роста человеческого капитала является здравоохранение. Таким образом, образование и медицина совместно действуют в одном важнейшем для людей и экономического развития направлении — развитии человеческого капитала. Именно в этом направлении можно ожидать наиболее радикального прорыва в области технологического развития.

Эти выводы подтверждают исследования, проведенные группой ученых из Высшей школы экономики, которую возглавляли А.Л. Гринин и Л.Е. Гринин. По их мнению, «шестой технологический уклад будет характеризоваться прорывом в медицинских технологиях, способных объединить вокруг себя ряд других»²²⁵.

«Ведущим сектором в шестом технологическом укладе, на наш взгляд, станет медицина, в которую будут направлены огромные экономические и интеллектуальные ресурсы. Это связано, прежде всего, с глобальным старением, ростом продолжительности жизни и необходимостью социализации и трудоустройства пожилых людей и инвалидов в условиях сокращения рабочей силы. Самые различные технологии будут направлены на поддержание и улучшение здоровья. Уже сегодня в медицине зреют прорывные инновации, которые станут ощутимыми через два-три десятилетия (а некоторые и ранее). Современная медицина неразрывно связана с биотехнологиями, фармацевтикой, геной инженерией, индустриальной химией и другими отраслями. Если посмотреть на динамику темпов роста заявок на изобретения по типам технологий для мира относительно 1985 г., очевидно, что медицинские технологии прорываются в лидеры»²²⁶ (рис. 3.17).

²²³ Лукша П., Лукша Е., Песков Д., Коричин Д. Атлас новых профессий. М.: Агентство стратегических инициатив, 2014. Skolkovo_SEDeC_Atlas.pdf

²²⁴ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу [пер. с англ.], 2-е изд. — Лондон и др.: Квигс, 2007. — 238 с.

²²⁵ Гринин А.Л., Гринин Л.Е. Ведущие технологии шестого технологического уклада. 2017. URL: <https://www.researchgate.net/publication/323996170>

²²⁶ Там же.

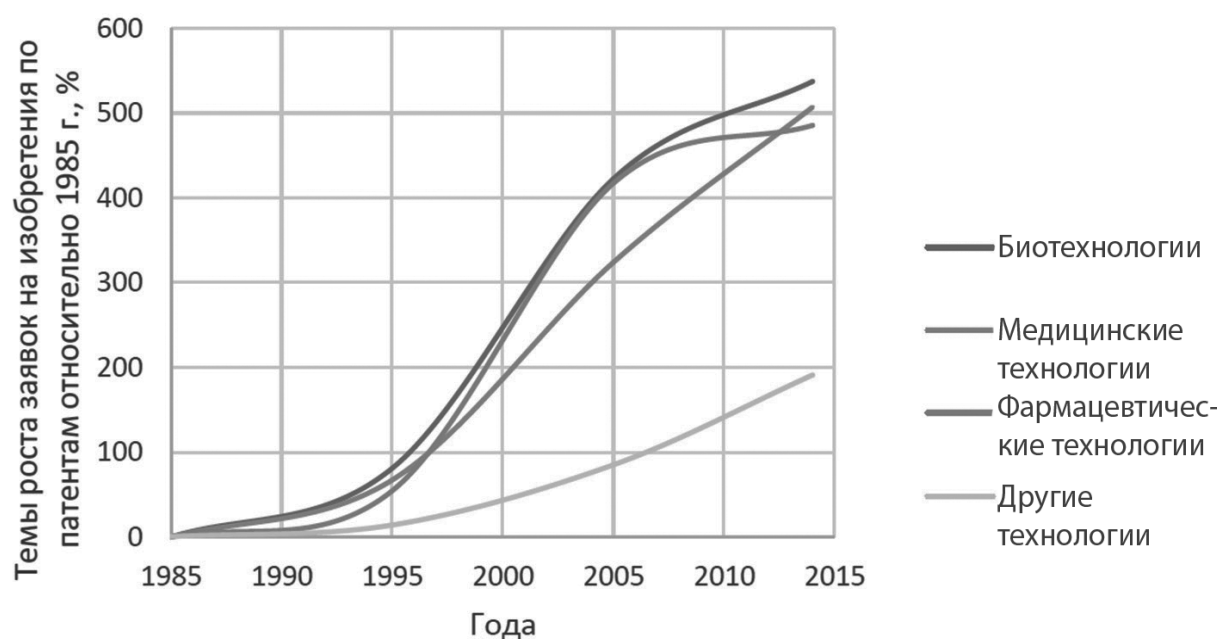


Рис. 3.17. Динамика темпов роста заявок на изобретения по типам технологий для мира относительно 1985 г., 1985–2014 гг.

3.1.5. Анализ публикации статей в базе SCImago JR

Выше мы рассмотрели активность публикаций в библиометрической базе SCImago Journal & Country Rank (SCImago JR), используя в качестве индикатора число журналов. Однако реальной единицей научной активности является статья, число которых в журналах может сильно различаться. Поэтому в данном параграфе мы рассмотрим активность публикации научных статей в различных предметных областях. Сравнительные результаты анализа доли журналов и статей представлены на рис. 3.18.

Видно, что максимальное число статей относится к блоку дисциплин: медицина, здоровье, фармакология, токсикология, фармацевтика, стоматология и сестринское дело — 20%. Вместе с близкими к ним науками (биохимия, генетика, молекулярная биология, иммунология, психология, нейронауки, агрокультуры, биология, ветеринария) они занимают 34% статей и 29% журналов. Второе место по числу статей занимают инженерные науки — 11,7% (11% журналов).

Третье место принадлежит компьютерным наукам и искусственному интеллекту — 8% статей и 10,3% журналов. Далее следуют химия и химические технологии — 7,8% статей и физика с астрономией — 6,8%.

Несколько неожиданно, что направлению «Энергетика» посвящено лишь 2,7% статей и 2,4% журналов. В сфере образования и E-learning в 2019 году было опубликовано 1,3% статей в 2,8% журналов.



Рис. 3.18. Публикационная активность SClmago JR по предметным областям

Для учета значимости публикаций могут быть использованы показатели индекса Хирша журналов²²⁷ (рис. 3.19). Учет «веса» журналов по Хирши несколько меняет распределение мест.

На первом месте по-прежнему медицина с ближайшими смежными профессиями — 19,5%, а с биохимией, генетикой и т.д. — 34,5%. Второе место занимают химия и химические технологии (11,6%), третье — физика с астрономией (8,9%), четвертое — инженерное дело (8,5%), а компьютерные науки и искусственный интеллект (ИскИн) отодвигаются на пятое место (6,6%).

Разница доли статей с учетом веса по Хирши связана с тем, что в некоторых дисциплинах большую долю занимают журналы, на которые относительно редко ссылаются в публикациях и которые имеют квартиль Q3 или Q4 или совсем без квартиля. Так, в компьютерных науках 72% журналов не имеют квартиля и индекс Хирша, а соответственно, и численность ссылок на эти журналы в среднем в 4 раза меньше, чем на журналы с первым квартилем.

²²⁷ Орехов В.Д., Блинникова А.В. Три подхода к прогнозированию стратегических направлений мирового технологического развития. Всероссийский симпозиум «Стратегическое планирование и развитие предприятий». — 2022. — С. 415–418. <https://sympozium-cemi.ru/symp23-s4-36/>



Рис. 3.19. Активность публикации статей в SCImago JR с учетом веса по Хирши

Для того чтобы оценить разницу по численности ссылок на статьи в разных дисциплинах, на рис. 3.20 показано, сколько журналов, относящихся к квартилям Q1 и Q2, действует в различных предметных областях.



Рис. 3.20. Число журналов с квартилями Q1 и Q2 в предметных областях

Видно, что в медицинской сфере журналов с высоким уровнем ссылок значительно больше, чем в других областях, и в 4,5 раза больше, чем в области компьютерных наук.

В целом же данный анализ показывает, что ключевыми научными направлениями являются те, которые нацелены на улучшение здоровья человека и, соответственно, развитие человеческого капитала. Компьютерные технологии и ИскИн сложно отнести к лидирующему научному направлению.

Обсуждение

В данном разделе используется идентификация инновационности наук по их позиции среди передовых журналов (высокие рейтинги и квартили). Наиболее инновационные (популярные) науки представлены в первой тысяче номеров согласно рейтингу SciMago JR, наиболее массовые 5–20-е тысячи и ординарные — свыше 20 тысяч применительно к базе 2018 года. Однако данное положение, хотя и относительно очевидно, но не имеет научного обоснования. Квартиль журнала свидетельствует о его цитируемости, востребованности, авторитетности, но не ясно, как эти показатели связаны с новизной — все статьи в таких журналах должны соответствовать критерию уникальности. Попытка выявить динамику востребованности различных наук не оказалась успешной ввиду временной ограниченности базы SCImago. В этом отношении алгоритм идентификации направлений технологической революции требует совершенствования.

Идентификация наук в некоторых случаях оказалась достаточно сложной, поскольку многие журналы действуют по нескольким направлениям. Возможно, в этом случае следовало бы относить журнал в различных долях к разным направлениям, но и в этом случае непросто разработать однозначный алгоритм. Также встречаются случаи, когда по названию журнал относится к одной науке, а по тематическим направлениям — к другим. Хотя доля таких журналов относительно невелика, но это вносит погрешности в точность идентификации изданий.

Анализ количества статей в журналах дает новые перспективы для уточнения весовых характеристик журналов. Но вряд ли это изменяет принципиально позиции лидирующих направлений исследований.

3.2. Прогнозирование тематики технологической революции на основе востребованности инновационных продуктов²²⁸

Исследования публикационной активности различных тематик позволяют понять готовность к технологической революции со стороны поставщиков. Но нужны ли эти продукты потребителям?

²²⁸ Материалы, представленные в данном разделе, опубликованы в работе Орехов В.Д., Блиникова А.В. Каранашев А.Х. Исследование генезиса инновационных продуктов и профессий будущего в условиях технологических революций. Вестник Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова. 2021; 3. DOI: 10.29025/1994-7720-2021-3-143-156.

В связи с этим в данной работе проведен анализ запросов конечных потребителей инновационных услуг. С этой целью был проведен опрос респондентов через систему «Яндекс Взгляд» относительно потенциального мирового спроса на инновационные продукты, относящиеся к киберфизической и медико-биологической сферам.

Результаты этого исследования позволяют также сделать оценки спроса в будущем на новые профессии и выявить генетические связи между исследованными продуктами и профессиями будущего, а также понять ключевые требования к развитию человеческого капитала в условиях технологических революций. В качестве отправной точки для второй части работы используется «Атлас новых профессий»²²⁹, который разработан с участием нескольких тысяч экспертов и представляет около 350 профессий будущего.

Целью исследования, представленного в данном разделе, является выявление взаимосвязей между востребованностью инновационных продуктов киберфизической и медико-биологической направленностей.

3.2.1. Методика исследования востребованности продуктов

В работе в качестве основных методов исследования использовались опрос с помощью системы интернет-анкетирования (Яндекс-Взгляд) и статистический анализ результатов.

Для составления анкеты был проведен анализ работ, в которых описываются инновационные продукты новой технологической эпохи^{230, 231, 232, 233, 234}. Далее были отобраны потенциально наиболее востребованные продукты, сущность которых можно адекватно объяснить респондентам, не являющимся специалистами в соответствующих научных областях. Названия продуктов были адаптированы для использования в анкете с тем, чтобы они были краткими и понятными респондентам.

Было выбрано по 24 продукта в киберфизической и медицинской областях и по 12 — в биологической и кибермедицинской. Для сравнения использовались 12 инновационных продуктов в технической и других областях. Вопросы были сформированы

²²⁹ Атлас новых профессий 3.0. / под ред. Д. Варламовой, Д. Судакова. — М.: Интеллектуальная литература, 2020. — 456 с.

²³⁰ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.

²³¹ Silbergliitt R., Anton P.S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation.

²³² Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Министерство образования и науки России, М., ДМ–П8–5. 2013.

²³³ Каминский И.П., Огородова Л.М., Патрушев М.В., Чулок А.А. Медицина будущего: возможности для прорыва сквозь призму технологического прогноза. Форсайт. Т. 7. № 1, с. 14–25, 2013.

²³⁴ Микова Н., Соколова А. Мониторинг глобальных технологических трендов: теоретические основы и лучшие практики. Форсайт. Т. 8, № 4, pp. 64–83.

в шесть блоков по 14 продуктов, включая 4 киберфизических, 4 медико-биологических, 2 кибермедицинских, 2 биологических и 2 другой направленности. В ходе опроса каждому респонденту предлагалось оценить 3 блока по 14 продуктов.

В качестве выборки использовались заинтересованные в тематике оценки востребованности инновационных услуг граждане России обоих полов в возрасте свыше 25 лет в количестве 400 человек (по 200 человек в 2 потоках с разными продуктами), полностью заполнивших анкеты.

При оценивании каждого блока продуктов респондентам вначале предлагалось выделить наиболее востребованные (оценка 5 из 5) продукты, затем средние по востребованности (4 из 5), затем наименее востребованные (3 из 5). В каждом оценивании можно было выделить до 7 продуктов. Наконец, респондентам предлагалось выделить инновационные продукты, которые могут дать негативные результаты (оценка — 2 из 5).

При статистической обработке вначале определялась доля продуктов (D_i), которые оценены на оценки 5, 4, 3 и 2. Затем с учетом D_i определялась средняя оценка по формуле:

$$C_{2.5} = (5 \cdot D_5 + 4 \cdot D_4 + 3 \cdot D_3 + 2 \cdot D_2) / (D_5 + D_4 + D_3 + D_2) \quad (3.3)$$

Для удобного визуального восприятия были также построены сравнительные гистограммы оценок по различным кластерам продуктов.

3.2.2. Исследование востребованности инновационных продуктов

Результаты оценивания с использованием формулы (3.3) инновационных продуктов киберфизической и медико-биологической направленности представлены в таблице 3.12.

Можно отметить, что продукты медико-биологической направленности лидируют в области высоких оценок, причем 8 продуктов имеют оценку в области 4,13–4,08, что больше, чем лидирующий продукт в киберфизической области (компактные суперкомпьютеры — 4,02). В области более низких оценок разница в оценках двух направлений возрастает. Среднее значение для медико-биологических продуктов ($C_{2.5} = 3,9$) также больше, чем для киберфизических ($C_{2.5} = 3,6$). Поскольку область распределения оценок лежит в диапазоне $C_{2.5} = 2,94 - 4,13 \approx 1,2$, то данное различие в 0,3 по средним значениям достаточно велико и составляет примерно четверть всего диапазона оценок.

Таблица 3.12. Оценка востребованности инновационных продуктов

Киберфизические	$C_{2.5}$	Медико-биологические	$C_{2.5}$
Компактные суперкомпьютеры	4,02	Успешное лечение инфаркта и инсульта	4,13
Умный дом	4,00	Восстановление зрения	4,11
Системы защиты от киберпреступности	3,95	Успешное лечение 95% больных раком	4,09
Цифровые платформы для бизнеса	3,89	Предотвращение генетических заболеваний	4,09

Игровые обучающие ИскИны	3,85	Лечение наркомании и алкоголизма	4,08
Интернет вещей	3,82	Восстановление слуха	4,08
Мультимедийные обучающие технологии	3,82	Регенерация органов человека	4,06
Открытые электронные библиотеки	3,76	Физическая реабилитация органов	4,05
Беспилотные автомобили	3,75	Безвредная вакцина от Covid-19	3,97
Идеальный синхронный перевод	3,70	Улучшение здоровья пожилых людей	3,96
Краудсорсинг и краудфандинг	3,64	Создание искусственного сердца	3,96
ИскИн высокого уровня	3,64	Выращивание искусственных органов	3,93
Полная компьютеризация банков	3,59	Вакцина от СПИД	3,91
Связь с квантовым шифрованием	3,58	Рост среднего срока жизни до 100 лет	3,90
Надежная биометрическая идентификация	3,57	Персонализированные лекарства	3,82
Доминирование электронной торговли	3,48	Усиление умственных способностей	3,80
Интерфейс человек — цифровая среда	3,45	Методы улучшения обучаемости	3,79
АСУ предприятия на основе ИскИнов	3,45	Системы направленной доставки лекарств	3,76
Широкое распространение криптовалют	3,41	Методы устранения ожирения	3,73
Компьютерные имитаторы реальности	3,30	Прогнозирование вирусных эпидемий	3,68
Роботизированная охрана	3,25	Система скоростного создания вакцин	3,64
Электронное правительство	3,22	Диагностика преступных наклонностей	3,56
Киберработники умственного труда	3,16	Диагностика повреждений генома людей	3,55
Тотальная видеорегистрация людей	2,94	Управление микрофлорой человека	3,39
Среднее	3,59	Среднее	3,88

Один продукт из киберфизической области имеет даже оценку ниже 3,0 (тотальная видеорегистрация людей). Отметим, что данный продукт фактически находится в режиме постепенного внедрения, и, с точки зрения борьбы с преступностью, он имеет положительный эффект. Однако возможность использования его для тотального контроля над обществом смещает его оценку в негативную сторону.

На относительно низкие оценки продуктов влияет то, что в состав оценки входит оценивание возможного негативного эффекта от внедрения инновации (оценка D_2). Доля респондентов, считающих, что инновации могут принести негативный эффект, приведена в таблице 3.13.

Нужно отметить, что по величине негативных оценок киберфизическое направление находится на более высоком уровне. Так, оценку $D_2 > 15\%$ получили девять (9) киберфизических продуктов и два (2) медико-биологических, хотя средние значения негативной оценки у данных двух направлений близки — 13–14%. Наиболее негативную оценку $D_2 > 18\%$ получили следующие продукты: тотальная видеорегистрация людей, киберработники умственного труда, электронное правительство, широкое распространение криптовалют, система скоростного создания вакцин. Нужно отметить, что в некоторых случаях сложно понять, что вызвало негативную оценку продукта, например: успешное

лечение инфаркта и инсульта (9%), успешное лечение 95% больных раком (14%), улучшение здоровья пожилых людей (12%), идеальный синхронный перевод (9%), открытые электронные библиотеки (9%).

Таблица 3.13. Доля респондентов, негативно оценивающих продукты

Киберфизические	D₂ (%)	Медико-биологические	D₂ (%)
Тотальная видеорегистрация людей	35	Система скоростного создания вакцин	19
Киберработники умственного труда	31	Вакцина от СПИД	18
Электронное правительство	23	Диагностика повреждений генома людей	16
Широкое распространение криптовалют	19	Прогнозирование вирусных эпидемий	15
Роботизированная охрана	18	Усиление умственных способностей	15
Надежная биометрическая идентификация	18	Выращивание искусственных органов	15
Беспилотные автомобили	18	Диагностика преступных наклонностей	14
ИскИн высокого уровня	17	Успешное лечение 95% больных раком	14
Компьютерные имитаторы реальности	16	Методы улучшения обучаемости	13
Полная компьютеризация банков	15	Создание искусственного сердца	13
Интерфейс человек — цифровая среда	14	Управление микрофлорой человека	12
АСУ предприятия на основе ИскИнов	12	Рост среднего срока жизни до 100 лет	12
Доминирование электронной торговли	11	Предотвращение генетических заболеваний	12
Системы защиты от киберпреступности	11	Улучшение здоровья пожилых людей	12
Умный дом	10	Регенерация органов человека	12
Игровые обучающие ИскИны	10	Восстановление зрения	11
Связь с квантовым шифрованием	9	Персонализированные лекарства	11
Идеальный синхронный перевод	9	Методы устранения ожирения	11
Открытые электронные библиотеки	9	Восстановление слуха	10
Краудсорсинг и краудфандинг	8	Безвредная вакцина от Covid-19	10
Интернет вещей	8	Системы направленной доставки лекарств	10
Компактные суперкомпьютеры	8	Физическая реабилитация органов	9
Мультимедийные обучающие технологии	7	Успешное лечение инфаркта и инсульта	9
Цифровые платформы для бизнеса	5	Лечение наркомании и алкоголизма	7
Среднее	14%	Среднее	13%

Картина инновационных продуктов в рассматриваемой области может быть дополнена продуктами, которые разрабатываются на стыке кибернетики и медицины, а также в биологической области. Результаты их оценки приведены в таблице 3.14. Из нее

видно, что кибермедицинские продукты, в среднем, востребованы примерно на уровне киберфизических $C_{2,5} = 3,6$, причем лидирующий продукт (экзоскелет для инвалидов) имеет даже несколько более высокую оценку (4,03), чем лучший из киберфизических (компактные суперкомпьютеры — 4,02). Рассмотренные в опросе биогенетические продукты востребованы, в среднем, меньше, чем все остальные из представленных выше групп, хотя и ненамного (на 0,13).

Таблица 3.14. Востребованности инноваций в сфере кибермедицины и биологии

Кибермедицинские	$C_{2,5}$	Биогенетические	$C_{2,5}$
Экзоскелет для инвалидов	4,03	Биологические методы переработки отходов	3,95
Биоуправляемые протезы	3,97	Высокоурожайные растения	3,89
Компактные установки для томографии	3,82	Биотопливо, биоэнергетика	3,80
Медицинские роботы	3,73	Биологические средства защиты растений	3,57
Новые приборы «домашней медицины»	3,66	Белковые продукты по умеренным ценам	3,55
Носимые диагностические системы	3,65	Растения для экстремальных условий	3,55
Диагностические тест-системы	3,64	Биокомпьютеры	3,54
Компьютерная разработка лекарств	3,58	Кормовые продукты из сельхозотходов	3,49
Аппарат для деторождения	3,33	Детекторы биологически активных агентов	3,32
Телемедицина	3,32	Высокопродуктивные домашние животные	3,23
Роботы-сиделки	3,29	Выращивание вымерших животных	3,13
Трансплантация чипов в организм	3,16	Полуразумные домашние питомцы	2,63
Среднее	3,60	Среднее	3,47

Несколько неожиданно, что средние оценки возможного негативного эффекта от внедрения биогенетических инноваций не выше (12%), чем кибермедицинские (14%), как видно из таблицы 3.15.

Таблица 3.15. Доля негативных оценок биогенетических и кибермедицинских продуктов

Кибермедицинские	D_2	Биогенетические	D_2
Трансплантация чипов в организм	32%	Полуразумные домашние питомцы	23%
Аппарат для деторождения	22%	Выращивание вымерших животных	17%
Роботы-сиделки	18%	Растения для экстремальных условий	13%
Телемедицина	18%	Белковые продукты по умеренным ценам	12%
Медицинские роботы	15%	Биокомпьютеры	11%
Компьютерная разработка лекарств	13%	Кормовые продукты из сельхозотходов	11%
Биоуправляемые протезы	11%	Высокопродуктивные домашние животные	11%
Носимые диагностические системы	11%	Биологические методы переработки отходов	11%

Новые приборы «домашней медицины»	10%	Биотопливо, биоэнергетика	10%
Компактные установки для томографии	8%	Детекторы биологически активных агентов	9%
Экзоскелет для инвалидов	8%	Биологические средства защиты растений	9%
Диагностические тест-системы	6%	Высокоурожайные растения	6%
Среднее	14%	Среднее	12%

Наиболее негативно ($D_2 \geq 18\%$) в этих блоках оценивается: трансплантация чипов в организм, аппарат для деторождения, роботы-сиделки, телемедицина и полуразумные домашние питомцы. Сравнение различных типов инновационных продуктов приведено на рис. 3.21.



Рис. 3.21. Сравнение оценок различных типов инновационных продуктов

Как показывает ранжирование по оценке востребованности лидирующих типов инновационных продуктов, с учетом возможности негативного эффекта, медико-биологические продукты системно и значимо имеют более высокую востребованность, чем киберфизические. Еще менее востребованы среди лидирующих продуктов — кибермедицинские, но в среднем они на уровне киберфизических, как видно из таблиц 3.12, 3.15. Из числа рассмотренных продуктов наименее востребованы биогенетические.

В рамках исследования для сравнения с продуктами медико-биологической и киберфизической направленности был рассмотрен еще один блок инновационных продуктов (таблица 3.16), относящихся к технической и другим традиционным отраслям, хотя не всегда можно однозначно отнести инновационные продукты к той или иной группе. В частности, к этой группе отнесены инновации в области космических технологий и радиосвязи, которые можно отнести и к киберфизическим.

Таблица 3.16. Оценки востребованности инновационных продуктов

	$C_{2,5}$	$D_2(\%)$
Компактные источники энергии	4,12	7
Недорогая биоразлагаемая упаковка	3,94	9
Сверхпрочные материалы	3,90	8
Технология 3D-печати	3,83	7
Доминирование зеленой энергетики	3,77	8
Электромобили и гибридные автомобили	3,70	10
Мобильная связь 5G	3,68	11
Спутниковый глобальный интернет	3,65	10
Деактивация радиоактивных веществ	3,64	9
Система геопозиционирования	3,41	8
Термоядерная энергетика	3,38	19
Углекисло-нейтральные технологии	3,27	12
Среднее	3,69	10

Средняя оценка этой группы (3,7) превосходит киберфизические (3,6) и отстает от медико-биологической (3,9), причем компактные источники энергии занимают общее второе место среди исследованных 84 продуктов. Среди лидеров данного блока также: недорогая биоразлагаемая упаковка, сверхпрочные материалы и технология 3D-печати. Таким образом, востребованность данного блока продуктов достаточно высоко оценена респондентами.

Проведенное исследование показывает, что существует относительно тесная генетическая связь медико-биологических продуктов с киберфизическими и нередко сложно их отнести к одной из этих категорий. Это связано с тем, что в большей части медицинской техники используют в качестве комплектующих кибернетические устройства. С другой стороны, в них используются и достижения предыдущих технологических революций.

3.2.3. Анализ востребованности профессий будущего

Проведенное исследование востребованности инновационных продуктов дает возможность прогнозирования профессий будущего. Ориентировочно большинство рассмотренных продуктов будет внедрено через 10–30 лет. Срок же профессионального обучения и трудовой деятельности людей составляет более 50 лет. Поэтому задуматься о своей будущей профессии можно уже сейчас.

Отметим, что именно специалисты этих профессий будут иметь широкие возможности для изобретательской деятельности. В качестве базиса для прогнозирования был использован «Атлас новых профессий 3.0»²³⁵, в котором представлено около 350 профессий будущего, включая 19 медицинских, 8 — биотехнологических, 21 — ИТ-сектор, 9 — робототехника. Связь между рассмотренными выше инновационными продуктами медико-биологической сферы и новыми профессиями из Атласа можно увидеть в таблице 3.17.

Таблица 3.17. Продукты и профессии будущего в кибермедицинской сфере

Инновационный продукт	C_{2.5}	Профессия будущего
Предотвращение генетических болезней	4,09	Генетический консультант
Экзоскелет для инвалидов	4,03	Разработчик киберпротезов и имплантатов
Безвредная вакцина от Covid-19	3,97	Биофармаколог
Биоуправляемые протезы	3,97	Разработчик киберпротезов и имплантатов
Улучшение здоровья пожилых людей	3,96	Консультант по здоровой старости
Выращивание искусственных органов	3,93	Тканевый инженер
Вакцина от СПИД	3,91	Биофармаколог
Рост среднего срока жизни до 100 лет	3,9	Консультант по здоровой старости
Персонализированные лекарства	3,82	Эксперт персонифицированной медицины
Биотопливо, биоэнергетика	3,8	Разработчик биотопливных элементов
Направленная доставка лекарств	3,76	Таргетный нанотехнолог
Медицинские роботы	3,73	Проектировщик медицинских роботов
Прогнозирование вирусных эпидемий	3,68	Фармакологический эколог
Новые приборы «домашней медицины»	3,66	Архитектор медоборудования
Носимые диагностические системы	3,65	Архитектор медоборудования
Система скоростного создания вакцин	3,64	R&D-менеджер здравоохранения
Биологические средства защиты растений	3,57	Системный биотехнолог
Диагностика повреждений генома людей	3,55	Генетический консультант
Биокомпьютеры	3,54	ИТ-генетик
Управление микрофлорой человека	3,39	Молекулярный диетолог

²³⁵ Атлас новых профессий 3.0. / под ред. Д. Варламовой, Д. Судакова. — М.: Интеллектуальная литература, 2020.

Телемедицина	3,32	Специалист по трансляционной медицине
Роботы-сиделки	3,29	ИТ-медик, архитектор медоборудования
Трансплантация чипов в организм	3,16	Разработчик киберпротезов и имплантатов

Для большей части профессий из Атласа нашлось соответствие с одним из инновационных продуктов, хотя и не всегда однозначное. Ясно, что для разработки каждого из этих продуктов требуется далеко не одна новая профессия. Тем не менее генетическая связь между рассматриваемыми продуктами и профессиями явно существует.

Среди медицинских профессий Атласа не найдены соответствия для следующих профессий: клинический биоинформатик, биоэтик, проектировщик жизни медицинских учреждений и медицинский маркетолог. Это связано с тем, что три из этих профессий относятся к управленческой сфере, а сфера деятельности клинического биоинформатика недостаточно ясна. Вероятно, это медицинская диагностика.

Среди 9 профессий в области биотехнологий соответствие не нашлось для 5 продуктов. Это связано с тем, что представленные в Атласе профессии нацелены не только на производство продуктов для конечных потребителей, но и на операционные процессы на производстве: биохимический инженер, инженер безопасности на биотехнологическом производстве, синтетический биолог, архитектор живых систем. Соответственно, не нашлось профессий для большинства исследованных в работе биогенетических продуктов.

Для 20 из 21 профессий в киберфизической (ИТ) сфере нашлись связанные с ними инновационные продукты (таблица 3.18), хотя некоторым продуктам соответствуют несколько профессий. Соответствие не нашлось только информационному экологу. Нужно отметить, что представленные специальности далеко не в полной мере отражают потребность в специальностях для исследованных инновационных продуктов. Так, специалист по верификации качества данных будет полезен для проекта «Умный дом», но для его деятельности потребуется еще масса специалистов, в частности и представленный в Атласе архитектор информационных систем.

Таблица 3.18. Продукты и профессии будущего в киберфизической сфере

Инновационный продукт	C_{2-5}	Профессия будущего
Умный дом	4,00	Проектировщик умного дома
Системы защиты от киберпреступности	3,95	Куратор информационной безопасности
Игровые обучающие ИскИны	3,85	Разработчик виртуальной реальности
Открытые электронные библиотеки	3,76	Разработчик моделей Big Data
Идеальный синхронный перевод	3,70	Цифровой лингвист
ИскИн высокого уровня	3,64	Контролер нейросетей, сборщик дата-сетов
Краудсорсинг и краудфандинг	3,64	Менеджер краудфандинговых платформ
Полная компьютеризация банков	3,59	Архитектор цифровых офисов
Связь с квантовым шифрованием	3,58	Программист квантовых компьютеров

Доминирование электронной торговли	3,48	Архитектор информационных систем
Интерфейс человек — цифровая среда	3,45	Программист и дизайнер нейроинтерфейсов
АСУ предприятия на основе ИскИнов	3,45	Кибертехник умных сред
Компьютерные имитаторы реальности	3,30	Разработчик виртуальной реальности
Электронное правительство	3,22	Балансировщик приватности
Киберработники умственного труда	3,16	ИТ-аудитор, сетевой юрист, ИТ-евангелист
Тотальная видеорегистрация людей	2,94	Киберследователь

Для значительного числа представленных в данной работе продуктов киберфизической и медико-биологической (таблица 3.13), а также кибермедицинской (таблица 3.15) сфер в Атласе не нашлось хорошо соответствующих профессий. Данные продукты представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19. Продукты, для которых нет соответствующих профессий

Кибернетика и медицина	C_{2.5}	Медико-биологический	
Компактные суперкомпьютеры	4,02	Успешное лечение инфаркта и инсульта	4,13
Цифровые платформы для бизнеса	3,89	Восстановление зрения	4,11
Интернет вещей	3,82	Успешное лечение 95% больных раком	4,09
Мультимедийное обучение	3,82	Лечение наркомании и алкоголизма	4,08
Компактные установки для томографии	3,82	Восстановление слуха	4,08
Беспилотные автомобили	3,75	Регенерация органов человека	4,06
Диагностические тест-системы	3,64	Физическая реабилитация органов	4,05
Компьютерная разработка лекарств	3,58	Создание искусственного сердца	3,96
Биометрическая идентификация	3,57	Усиление умственных способностей	3,8
Широкое распространение криптовалют	3,41	Методы улучшения обучаемости	3,79
Аппарат для деторождения	3,33	Методы устранения ожирения	3,73
Роботизированная охрана	3,25	Диагностика преступных наклонностей	3,56

В определенной мере это связано с тем, что некоторые из данных профессий представляются слишком фантастическими, как аппарат для деторождения, или слишком простыми, как мультимедийное обучение или распространение криптовалют. Однако ясно, что обществу через некоторое время понадобится значительное количество специалистов для удовлетворения спроса на соответствующие продукты.

Поскольку Атлас новых профессий является достаточно фундаментальным трудом, над созданием которого работало несколько тысяч экспертов, то он во многом будет определять траектории дальнейшего развития образования. Поэтому важно отметить те аспекты Атласа, которые не в полной мере соответствуют требованиям к развитию ЧК в условиях потенциальных технологических революций.

Во-первых, список профессий Атласа недостаточно ориентирован на потенциальные направления технологических революций (киберфизическое и медико-биологическое направления — около 60 из 350).

Среди профессий медицинской сферы имеется сильный уклон в ИТ и другие смежные сферы. Из 19 профессий 7 относятся к ИТ-области и 5 к управлению, маркетингу, экологии и этике. Итого остается только 7 собственно медицинских профессий, что явно недостаточно.

Для многих высоко востребованных инновационных продуктов (таблица 3.19) отсутствуют предложения по профессиям, и это дает возможность прогнозировать новые специальности.

В то же время в Атласе представлено значительное число профессий для направлений, которые не будут радикально обновлены. Они формируются путем добавления к основной профессии следующих компонент: киберфизической, управленческой, маркетинговой, экологической и безопасности (например: ИТ-медик, ИТ-генетик, маркетолог энергетических рынков, портовый эколог).

Таким образом, ключевым требованием к развитию профессиональных навыков человеческого капитала в условиях технологических революций является ориентация на профессии, необходимые для наиболее востребованных инновационных продуктов, прежде всего медико-биологической, киберфизической и кибермедицинской специализации.

3.3. Прогнозирование на основе анализа сил, определяющих инновационное развитие²³⁶

Как было показано выше, время начала очередной технологической революции уже прошло. Об этом свидетельствуют мнения экспертов (таблица 1.1), накопленный объем знаний человечества и произошедший финансово-экономический кризис, за которым следует длительный спад в мировой экономике²³⁷. Тем не менее явных проявлений наступления такой революции не наблюдается. Впрочем, идентифицировать наступление технологической революции совсем просто.

Существует позиция, согласно которой сейчас уже реализуется революция кибернетического типа. Но, как мы показали выше, технологические революции происходят парами, и пара кибернетических эпох уже прошла. Достигнутый рост производительности информационных технологий составляет более 10 порядков, и это результат гиперболической эволюции. Отличить гиперболическую эволюцию от технологической революции такого же типа, как предыдущая эпоха, крайне сложно. Наука в киберне-

²³⁶ Блинникова А.В., Орехов В.Д., Андрущенко Г.И. Исследование генезиса, направлений реализации и дат технологических революций во взаимосвязи с развитием человеческого капитала. Московский экономический журнал. 2022. №2. — С. 500–531.

²³⁷ Perez C. (2002) Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.

тическом направлении развивается достаточно слабо, и есть направления, значительно опережающие кибернетику в области научного прогресса. Но технологическая революция происходит тогда, когда широкие массы финансовых инвесторов²³⁸ поверят в нее и начнут вкладывать свои инвестиции. А этого не происходит.

Воспользуемся для понимания данной ситуации моделью поля сил, введенной Kurt Lewin^{239, 240} для анализа возможностей проведения изменения. Согласно ей, для успешного проведения изменения необходимо сосредоточить большие силы, чтобы преодолеть состояние равновесия между поддерживающими и сопротивляющимися изменению силами. Каждая такая сила, как правило, представлена социальными группами (здесь — субъекты), имеющими важное влияние на ситуацию, а также необходимые политические, финансовые, информационные и другие ресурсы.

3.3.1. Соотношение сил за различные технологические революции

Для анализа основных сил, поддерживающих две наиболее вероятные технологические революции: киберфизическую и медико-биологическую, была сформирована карта сил и выгод для основных типов субъектов. Также был проведен опрос 30 экспертов относительно величины этих сил и выгод для потребителей. Респонденты оценивали величину этих сил и выгод как малая (3), средняя (4) или высокая (5). Осредненные значения оценок даны в таблицах 3.20, 3.21.

Таблица 3.20. Карта силы за киберфизическую революцию

Сила	Основная выгода	Субъект	Действие субъекта	Величина выгоды	Величина силы
Силы за киберфизическую революцию				4,2	4,1
Интересы ИТ-компаний	Продолжение получения высоких доходов	ИТ-компании	Выпуск новых продуктов	4,7	4,7
Всемирный экономический форум	Привлечение финансового капитала	Промышленная элита	Продвижение своих идей	3,9	4,0
Возможность контроля за обществом через социальные сети	Новые возможности управления обществом	Государство	Разработка законодательства по ИТ-контролю за обществом	4,4	4,4
Успехи развития информационных технологий	Жизнь в среде ИТ и сетевых сообществ	Молодое поколение	Спрос на новейшие ИТ-изделия	4,5	4,2

²³⁸ Там же.

²³⁹ Lewin K.A. Dynamic Theory of Personality. New York; London: McGraw Hill Book Company, 1935.

²⁴⁰ Lewin, K. (1951) Field Theory in Social Science, Harper & Row.

Перспективы создания ИИ высокого уровня	Создание инновационных бизнесов	Компании-инноваторы	Внедрение ИИ, заменяющих труд людей	4,3	4,0
	Новые услуги	Население	Осознание пользы и вреда	3,9	3,6
Перспективы разработки квантовых компьютеров	Технологическое превосходство	Государство	Поддержка разработки	4,0	3,8
		Компании	Участие в разработках	4,1	4,1

Согласно опросу, среди факторов, которые приносят наибольшую выгоду субъектам в результате киберфизической революции, отмечается получение высоких доходов ИТ-компаниями (оценка 4,7) и стремление молодого поколения жить в среде ИТ- и сетевых сообществах (4,5). Наибольшими силами за данную революцию являются интересы ИТ-компаний (4,7) и возможность контроля государством общества через социальные сети (4,4). Среднеквадратичное отклонение оценок составляло 0,7, что меньше шага оценок — 1.0.

Таблица 3.21. Карта сил за медико-биологическую революцию

Сила	Основная выгода	Субъект	Действие субъекта	Величина выгоды	Величина силы
Силы за медико-биологическую революцию				4,4	4,2
Старение населения	Продление работоспособности населения	Государства	Программы страховой медицины	3,9	3,9
	Качество жизни	Население	Спрос на продукты	4,3	4,1
	Новые ниши рынка	Бизнес	Разработка новых продуктов	4,2	4,1
Стремление быть здоровым	Качество жизни	Население	Спрос на современную медицину	4,7	4,2
Новые научные достижения	Реализация научных достижений	Научные специалисты	Инновационная активность	4,3	4,1
Опасность очередной пандемии	Устойчивость власти	Государства	Поддержка создания новых вакцин	4,8	4,4
	Получение высоких доходов	Фармкомпаниями	Разработка новых вакцин	4,2	4,0
Возможность продления сроков жизни	Стремление долго жить	Население	Спрос на продукцию геронтологии	4,2	4,0
Высокая смертность от рака	Выжить, если заболел	Население	Готовность платить много	4,6	4,3
Опасность генетических болезней детей	Здоровые дети	Население	Спрос на генетические анализы	4,2	4,0

Медико-биологическая революция способна принести наибольшую выгоду фармкомпаниям, во взаимосвязи с опасностями новых пандемий (4,8). Также для населения важной выгодой является возможность повышения качества жизни за счет улучшения здоровья (4,7). Самой большой силой является стремление противостоять пандемии, причем государство обеспечивает при этом устойчивость власти (4,5), а фармкомпания — получение высоких доходов (4,4).

Сравнение показывает, что средняя величина выгоды от медико-биологической революции на 0,2 больше, а величина сил на 0,1 больше, чем от киберфизической революции, что меньше среднеквадратичного отклонения. Самая большая сила киберфизической революции больше, чем медико-биологической, на 0,2, что дает ей возможность действовать несколько более инициативно.

В целом группы противостоящих сил сравнимы по величине, и именно поэтому равновесие между ними почти не сдвигается, хотя пандемия Covid-19 повысила шансы медико-биологической революции.

Проведенное исследование показало, что наиболее вероятными направлениями современной технологической революции являются киберфизическое и медико-биологическое. Однако силы и выгоды одной и другой потенциальных революций примерно одинаковые, поэтому происходит продление затянувшейся технологической эпохи кибернетического типа без значительного изменения технологической парадигмы.

3.3.2. Опрос о соотношении сил за различные революции

Выше приведены результаты оценки величины сил за различные технологические революции экспертами. Число экспертов было ограниченным (30), и они не были специалистами в области потенциальных технологических революций. Поэтому в данном разделе проведен опрос конечных потребителей продуктов различных технологических революций. Он был проведен с помощью системы интернет-анкетирования «Яндекс-Взгляд». Каждая сила оценивалась оценкой от 5 (наивысшая) до 3 (наименьшая). В составе выборки было 500 респондентов в возрасте свыше 25 лет.

В связи с форматом интернет-опроса описание сил и их субъектов было сгруппировано в единые вопросы, содержание которых приведено в таблице 3.22. Вопросы, получившие в первом опросе минимальные оценки, были удалены. Первые семь сил нацелены на поддержку киберфизической революции, а остальные — на медико-биологическую.

Для выявления мнения различных возрастных групп респондентов были проведены опросы групп по 100 человек с минимальным возрастом 25–35 лет и максимальным — свыше 55 лет (55+). Основная масса респондентов (300 человек) не была дифференцирована по возрастам — свыше 25 лет (25+).

Таблица 3.22. Оценка величины сил за различные технологические революции

	Название сил	Оценка
	За киберфизическую революцию	
1.	ИТ-компании, стремящиеся продолжить получение высоких доходов	4,3
2.	Элиты, объединенные Всемирным экономическим форумом	4,2
3.	Государства, стремящиеся использовать возможность контроля над обществом через социальные сети	4,2
4.	Молодежь, желающая жить и работать, используя новейшие ИТ-изделия и возможности сетевых сообществ	4,0
5.	Компании-инноваторы, стремящиеся использовать ИскИны высокого уровня для создания успешных бизнесов	4,2
6.	Государства, стремящиеся добиться технологического превосходства над другими странами за счет разработки квантовых компьютеров	4,2
7.	Компании, стремящиеся добиться конкурентных преимуществ путем разработки квантовых компьютеров	4,1
	За медико-биологическую революцию	
8.	Люди в возрасте 60+, желающие повысить качество жизни за счет медицины	3,5
9.	Компании, планирующие получать доходы на растущем рынке товаров для людей в возрасте 60+	3,8
10.	Люди, нацеленные на высокое качество жизни и поддержание здоровья с использованием медицинских услуг	3,8
11.	Передовые компании, стремящиеся реализовать новейшие достижения в области медицины и генетики	4,3
12.	Государства, предпринимающие усилия по поддержанию стабильности общества в условиях угрозы пандемий	4,1
13.	Фармкомпании, нацеленные на получение высоких доходов за счет массовой продажи вакцин	4,3
14.	Люди, стремящиеся к значительному продлению сроков жизни за счет медицины и генетики	3,7
15.	Люди, испытывающие страх перед возможностью заболеть раком и надежду получить лечение	3,5

Результаты опроса выгод приведены на рис. 3.22, а сил — на рис. 3.23.

Формулировки вопросов на рисунках сокращены для компактности представления. В верхней части рисунков приведены результаты оценок восьми сил медико-биологической революции, а в нижней — семи сил киберфизической революции.

В среднем оценки сил за субъекты киберфизической революции при онлайн-опросе больше, чем за медико-биологические (4,2 против 3,9). Исследование выгод, которые получают эти силы, дает близкое по величине среднее соотношение — выгоды сил за киберфизическую революцию выше (4,2 против 3,8). Возрастная разница оценок, в среднем, невелика, хотя по некоторым вопросам она значительна. В противоположность этому при опросе экспертов (таблицы 5 и 6) средние оценки за медико-

биологическую революцию были на 0,1–0,2 выше: по выгодам 4,4 против 4,2, а по силам 4,2 против 4,1.



Рис. 3.22. Оценки выгод для субъектов двух типов революций

Согласно онлайн-опросу, наибольшие выгоды в результате киберфизической революции получают: ИТ-компании (4,4), элиты Всемирного экономического форума (4,4) и государства, которые смогут контролировать общество через социальные сети (4,3). Эти же субъекты имеют наибольшую силу.

В результате медико-биологической революции наибольшие выгоды получают: фармкомпании, производящие вакцины (4,3), передовые медицинские компании (4,1) и государства, устраняющие угрозы пандемий (4,0). Они же имеют наибольшую силу.

Характерно, что остальные представленные в анкете субъекты медико-биологической революции получили низкие оценки выгод и сил в диапазоне 3,4–3,8, тогда как все субъекты киберфизической революции оценены не ниже, чем на 4,0. Это может быть связано с тем, что киберфизические технологии начали внедряться раньше и их субъекты лучше организованы и известны обществу.

Из результатов онлайн-опроса следует, что выгоды и силы медико-биологической революции пока меньше известны в общественном мнении.

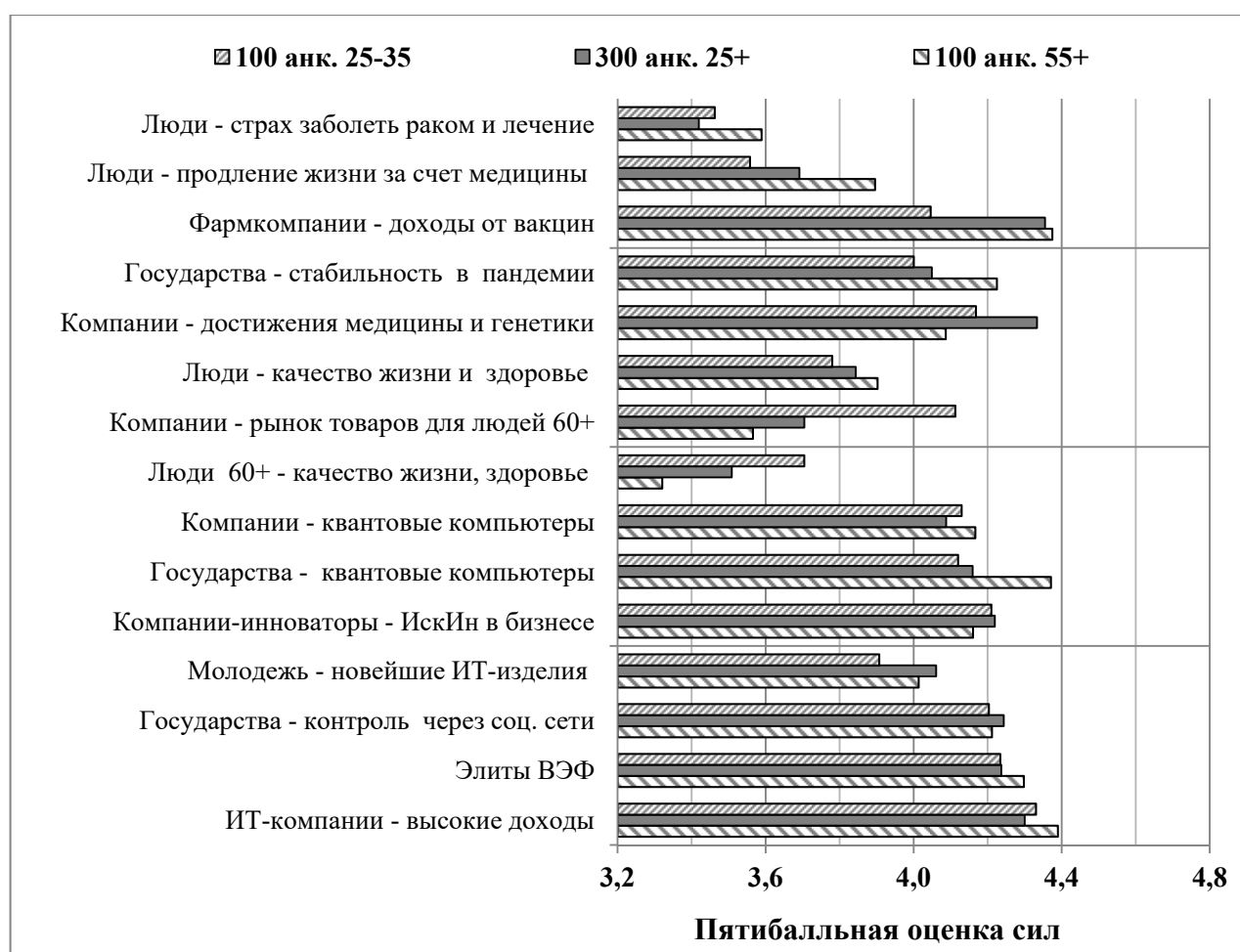


Рис. 3.23. Оценки сил за субъекты двух типов технологических революций

Обсуждение

Согласно мнению многих экспертов, кризис 2008 года является предиктором наступления периода смены технологической парадигмы. Однако явных индикаторов того, что происходит технологическая революция, не наблюдается. Возможны несколько причин такой ситуации. В частности, согласно системному подходу, в период смены состояния системы практически невозможно прогнозировать направление, по которому пойдет изменение.

Важным фактором, который может маскировать проявления технологической революции, являются большие финансовые ресурсы, накопленные промышленным капиталом ИТ-индустрии, которая стремится продлить период получения сверхдоходов. Это можно сделать за счет того, что производственная и глобальная логистические инфраструктуры находятся в работоспособном состоянии и достаточно относительно небольших маркетинговых улучшений продуктов, чтобы продлить их жизненный цикл. Это позволяет оказывать мощное информационное давление на общество относительно направлений новой технологической революции.

Играют роль и другие факторы. Так, фармакологическая продукция традиционно очень тщательно проверяется, что закономерно, но приводит к торможению начала технологической революции. Даже в период пандемии вакцины очень долго проходят проверку, что само по себе приводит к избыточной гибели людей.

В противоположность этому, ИТ-продукция очень мало тестируется, хотя вред, который она может нанести, весьма велик. Достаточно обратить внимание на игроманию, которая фактически ведет к исключению многих людей из общественной жизни. Дальнейшее развитие киберфизических технологий может привести к многомиллионной безработице достаточно квалифицированных специалистов, но эта угроза кажется не столь опасной, как ускоренное внедрение вакцин.

Выводы к главе 3

1. В работе представлены результаты разработки и тестирования на практике алгоритма прогнозирования тематики технологической революции с использованием анализа базы научных журналов SCImago JR за 1999 и 2018 годы.

2. Изучено влияние качественных характеристик журналов (индекс Хирша, рейтинг SJR, квартиль) на значимость ключевых тематик научного развития. Показано, что основной вклад в значимость тематик с учетом веса по индексу Хирша и численности играют журналы с 2000-го по 10 000-й номер, хотя тематика первых 300 номеров важна для оценки новизны направления исследований.

3. Показано, что первое место по значимости занимает медико-биологическая тематика (44,3%), которая включает в себя следующие науки (2018 год): медицина, здоровье, геронтология (25,5%); генетика, биохимия, микробиология (7,3%); психиатрия, психология (4%); нейронауки (2,7%); зоология, агронауки, продукты питания (4,8%).

4. К техническим наукам (кроме включенных в медико-биологические) с учетом веса относятся 34,5% журналов (в 1999 году их было 40,4%, но с тех пор число журналов увеличилось на 86%).

5. Высокую новизну в области естественных наук проявляет физико-астрономическое направление (2,3%), но его доля снизилась по отношению к 1999 году почти вдвое.

6. Среди технических наук первое место по значимости — 8,3% — занимают компьютерные, включая искусственный интеллект (темп роста 54% с 1999 года). Однако максимум компьютерных наук приходится на номера в области 5–20-тысячных номеров, что не позволяет относить это направление к лидирующему.

7. Нанотехнологии пока представлены лишь в 0,2% научных журналов, а в 1999 году вообще не идентифицировались.

8. Достаточно высокую значимость и новизну имеет блок экономических наук (экономика, финансы, менеджмент, маркетинг, стратегия, инновации) — 8% (в 1999 году — 6,7%).

9. Доля гуманитарных наук с 1999 года увеличилась в полтора раза и составила 13,5%. Лидирует среди них блок социологических наук (5%). Относительно высокую востребованность имеют образовательные науки — 2,7%, рост к 1999 году почти вдвое.

10. Содержательный анализ направлений научно-технического развития показывает, что ключевыми направлениями являются науки, нацеленные на рост человеческого капитала: медицина, образование, социология и другие. Именно в этом направлении наиболее вероятны революционные технологические прорывы.

11. Методом опроса оценена по 5-балльной шкале востребованность 84 инновационных продуктов киберфизической, медико-биологической и смежных специальностей. Показано, что продукты медико-биологической направленности лидируют в области высоких оценок, причем 8 продуктов имеют оценку в области $C_{2.5} = 4,13 - 4,08$, что больше, чем лидирующий продукт в киберфизической области (компактные суперкомпьютеры — 4,02). В области более низких оценок разница в оценках двух направлений возрастает.

12. Лидерами среди продуктов медико-биологического направления ($C_{2.5} = 4,13 - 4,05$) являются: успешное лечение инфаркта и инсульта, восстановление зрения, успешное лечение 95% больных раком, предотвращение генетических заболеваний, лечение наркомании и алкоголизма, восстановление слуха, регенерация органов человека, физическая реабилитация органов.

13. По величине негативных оценок (D_2) киберфизическое направление находится на более высоком уровне. Так, оценку $D_2 > 15\%$ получили 9 киберфизических продуктов и 2 медико-биологических, хотя средние значения негативной оценки у данных двух направлений близки — 13–14%.

14. Сравнение специальностей из «Атласа новых профессий» киберфизической и медико-биологической направленности с соответствующими инновационными продуктами указало на наличие между ними генетических связей. Ключевым требованием к развитию профессиональных навыков человеческого капитала в условиях технологических революций является ориентация на профессии, необходимые для наиболее востребованных инновационных продуктов, прежде всего медико-биологической, киберфизической и кибермедицинской специализации.

15. Анализ поля сил, движущих технологические революции, согласно мнению экспертов, показывает, что выгоды для общества от медико-биологической революции на 0,2 балла в 5-балльной шкале более привлекательны, чем киберфизической, а величина сил у нее на 0,1 выше. Малая дифференциация сил и выгод тормозит выбор инвесторами направлений инвестиций. Наибольшую величину за киберфизическую революцию имеет сила интересов ИТ-компаний, а за медико-биологическую — опасность очередной пандемии.

16. Анализ поля сил с использованием интернет-опроса 500 респондентов показал, что выгоды для общества от киберфизической революции примерно на 0,3 балла по 5-балльной шкале более привлекательны, чем от медико-биологической, а величина сил

у нее на 0,4 выше. Малая дифференциация сил и выгод тормозит выбор инвесторами направлений инвестиций.

17. За киберфизическую революцию, согласно онлайн-опросу, наибольшую величину имеют сила интересов ИТ-компаний (оценка 4,4) и элиты Всемирного экономического форума (4,4). Наиболее влиятельные силы медико-биологической революции — фармкомпания, производящие вакцины (4,3), и передовые медицинские компании (4,1), реализующие новейшие достижения в области медицины и генетики.

ГЛАВА 4. РОЛЬ ИННОВАЦИЙ И НИОКР В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКЕ

Как было показано выше, знания играют важнейшую роль в развитии цивилизации. Рост же знания обеспечивают научно-исследовательские и конструкторские работы, а также весомый вклад вносит инновационная деятельность. Однако деятельность в этих сферах стоит очень дорого. Поэтому в данной главе будут выполнены исследования по повышению эффективности работ групп исследователей, конструкторов и изобретателей.

4.1. Исследование эффективности командной работы в сфере НИОКР

4.1.1. Образовательная экспонента и командная работа

В работе²⁴¹ показано, что вклад специалистов в ВВП страны выражается экспоненциальной зависимостью от числа лет (E) обучения специалиста:

$$G_E = K \cdot 10^{E/5} \quad (4.1)$$

Данная зависимость, которую будем называть «образовательная экспонента», охватывает не только специалистов, получивших образование от среднего до высшего, но и научных работников, с учетом, что их период обучения примерно на шесть лет выше, чем у специалиста с высшим образованием. Аналогичная зависимость была получена в работе Барро и Лии²⁴² для среднего числа лет обучения работников различных стран мира (рис. 4.1).

Из зависимости 4.1 следует, что каждые 5 лет обучения увеличивают вклад специалиста в ВВП страны примерно в 10 раз, а за год он растет на 58,5%. Это значительно выше, чем рост заработной платы специалиста в связи с увеличением его образовательного уровня, который составляет около 10% на год обучения²⁴³.

Указанный разрыв связан с тем, что рост ВВП во многом реализуется за счет притока новых технологий из-за рубежа вследствие того, что высококвалифицированные специалисты служат каналом привлечения знаний и технологий, а также центрами для их накопления и внедрений в стране. Таким образом, положительный эффект от при-

²⁴¹ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

²⁴² Barro, R., J., Lee, J., W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53. No 3; World Development Indicators, Washington: World Bank, 2005.

²⁴³ Капелюшников Р.И. Эволюция человеческого капитала в России. Центр гуманитарных технологий. — 2015.

тока новых технологий в стране примерно в шесть раз больше, чем непосредственно в компании, в которой работает специалист. Конечно, на рост заработной платы влияют и другие факторы, что может исказить прямую оценку данного соотношения.

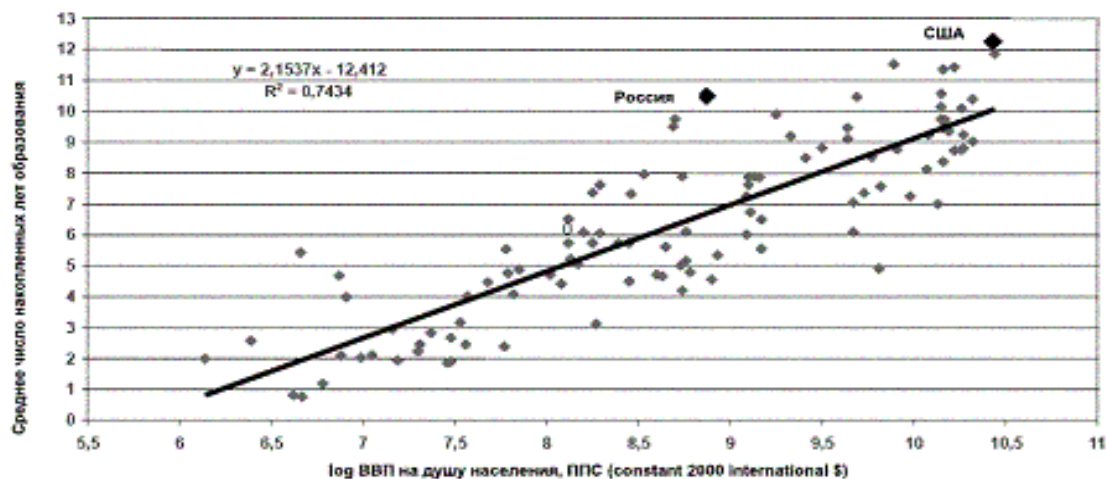


Рис. 4.1. Зависимость ВВП на душу населения от уровня образования

Аргумент зависимости (4.1) является мерой объема неявных знаний, которыми владеют специалисты. Выражается он в натуральных показателях числа лет обучения, поскольку более корректно оценить объем неявных знаний крайне сложно.

В наибольшей мере эффект образовательной экспоненты может быть использован за счет специалистов с самой высокой квалификацией, поскольку экспонента дает тем больше выигрыш, чем выше объем знаний специалиста. Поэтому сосредоточимся на использовании данного эффекта в науке, а точнее в НИОКР (или R&D) деятельности, где образовательный уровень специалистов максимален и может дать наибольший результат для страны.

Очевидно, что увеличение числа лет обучения может дать некоторый результат, но это сокращает срок плодотворной работы специалиста и ведет к старению части получаемых знаний. К тому же эта возможность является ограниченной. Более интересным вариантом является кооперация работы нескольких специалистов.

Проведем мысленный гипотетический эксперимент²⁴⁴. Если два ученых работают как команда и каждый из них имеет уровень образования 22 года, то условный уровень образования команды может быть примерно на 20% выше, чем каждого из них, т.е. 26,5 года. Согласно образовательной экспоненте вклад в ВВП такой группы должен быть в восемь раз больше, чем каждого из них, т.е. эффективность работы в группе в четыре раза больше, чем каждого из них по отдельности.

²⁴⁴ Орехов В.Д. Управление человеческим капиталом и инновациями на основе использования образовательных технологий. Раздел в монографии Технологичное деловое образование взрослых. Методология и практика Моногр. / Научн. ред. С.А. Щенников, В.Н. Голубкин. — Жуковский: АНО ВО «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2017. — 408 с.

Если работает группа из четырех специалистов, из которых один добавляет к общему числу лет обучения 20% и два по 10%, то суммарный вклад в ВВП должен быть в 64 раза выше, а повышение вклада каждого из них в ВВП вырастет в 16 раз. Однако данный эффект синергетической деятельности образовательной экспоненты нужно еще реализовать и для этого необходимо использовать конкретные технологии командной деятельности.



Рис. 4.2. Эффективность работы команд специалистов

В менеджменте принято отличать работу в команде и группе. Члены группы могут работать над одной задачей или разными частями большого проекта, но между ними нет тесного взаимодействия, взаимопонимания. Суммарный результат не больше, чем сумма результатов каждого. При работе в команде проявляется синергетический эффект и результат существенно превосходит сумму результатов каждого. В команде налаживается взаимопонимание между ее членами, нацеленность на решение общей задачи. Нередко, однако, такое различие между группами и командами строго не соблюдается.

В работе Р.М. Белбина²⁴⁵ в разделе «Синдром Аполлона» приведены результаты исследований работы групп, составленных из сверхталантливых участников. Результаты их работы явно не соответствовали уровню достоинств членов группы. Первая из таких групп заняла последнее место из восьми возможных. Из 25 аналогичных групп только три заняли первые места, большинство занимало 4–6-е места. Все группы демонстрировали слабую коллективную работу. Как правило, они плохо управляемы, склонны к деструктивным дебатам, с трудом принимают решения. Их участники действуют, не

²⁴⁵ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу [пер. с англ.] 2-е изд. — Лондон и др.: Квитс, 2007. — 238 с.

принимая во внимание то, что делают другие участники группы, причем нередко перечеркивая достижения других.

Некоторые группы типа Аполлон (или А) добились хороших результатов. Этого удалось достигнуть за счет особой комплектации групп, включая тщательное рассмотрение личных качеств членов и исключения «трудных людей». В одну из таких команд был даже принят человек, который был завзятым шутником и мог разряжать обстановку в команде.

Одной из особенностей успешных Аполлонов было отсутствие явно доминирующих лиц, за исключением «Председателя» (особая, не руководящая, роль по терминологии Белбина Р.М.). Благоприятно также сказывалось минимальное число лиц с высокой агрессивностью и развитым критическим мышлением.

Попытки объяснить сложности команд А приводят к тому, что люди с высоким уровнем критического ума настроены на поиск и выдвижение возражений против мнения других. Выражение «критическое» имеет два смысла. Один отражает проницательность ума или аналитические возможности, а другой — негативную оценку: критический ум старается критиковать чужие доводы или искать и отмечать чужие недостатки. Высокая квота негативных конструкторов может оказывать отрицательное воздействие на сплоченную работу команды.

Вместе с тем Белбин Р.М. отмечает: «Возможный ответ заложен в том воздействии, которое наша образовательная система оказывает на умных людей. Первые ученики в школе или те, кто способен ими стать, постоянно оцениваются с точки зрения их первенства в учебе. Прийти вторым — значит проиграть. Цель — победить всех и каждого... Иными словами, чрезмерная нацеленность на первенство в классе выливается в бессознательное обучение антикомандной работе».

Опыт Белбина Р.М., накопленный при работе с фирмами, которые уделяют значительное внимание НИР, показал: «Команды, в которые входят самые умные участники, проявляют поразительное сопротивление любой форме навязывания им организации. В реальных условиях предпринимались попытки как внедрения в такую группу новых менеджеров, так и выращивания квалифицированного менеджера внутри работающей группы. Во всех отмеченных случаях они не привели к успешному результату²⁴⁶.

При достаточно высоком общем уровне негативных результатов при попытках внедрения более организованной работы в научных командах есть ряд моментов, которые говорят о том, что они не безнадежны, а также ряд реальных примеров проведения улучшений. Так, перестановки в команде, в результате которых более умелый по части управления, но при этом менее креативный ее член становился руководителем проекта, сопровождались существенным возрастанием эффективности команды без ущерба для технических и творческих результатов команды в целом.

²⁴⁶ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу [пер. с англ.] 2-е изд. — Лондон и др.: Квитс, 2007. — 238 с.

Компания — создатель знания. Другой аспект работы научных работников продемонстрирован в работе Нонака И. и Такеучи Х.²⁴⁷ Вот несколько моментов, которые выделены в данной работе.

«Историю западной эпистемологии можно рассматривать в качестве непрерывной борьбы мнений: какой из двух видов знания, формализованное или неформализованное, более истинно. Хотя Запад и склонен подчеркивать значение формализованного знания, в Японии большее внимание уделяется знанию неформализованному. В соответствии с убеждением, положенным в основу нашей модели создания знания, человеческое знание рассматривается как создающееся и распространяющееся в результате социального взаимодействия формализованного и неформализованного знания». В данном утверждении подчеркивается важная роль неявного знания в работе команд и значимость социальной компоненты для эффективного взаимодействия членов команды.

«Для того чтобы получить исходный материал — догадки и ощущения, компания, создающая знание, нуждается в разнообразных талантах своих сотрудников. Это разнообразие стимулирует разнообразие информации, являющееся одним из неотъемлемых организационных условий создания знания»²⁴⁸. Данное утверждение свидетельствует о том, что именно разнообразие неявных знаний членов команды (аналог числа лет обучения) способствует дополнительному вкладу в совместную сокровищницу знаний и навыков команды.

«Во многих компаниях к нашему времени сложились две системы карьерного роста: одна — для менеджеров низшего звена, а другая — для специалистов. Кроме этих двух систем следовало бы ввести и третью: для руководителей проектов, поскольку они представляют собой, по сути, работающих на фирму частных предпринимателей, обладающих множеством редких качеств. Руководитель проекта должен быть инициативен, остро чувствовать новое, но, кроме того, уметь координировать реализацию проекта и не выпускать из рук нити руководства им, формулировать новые гипотезы и концепции, интегрировать различные методики для создания знания и взаимодействовать с членами своей команды, вызывая у них доверие».

Здесь мы видим предложение по формированию особой категории особо ценных специалистов, которые могут сочетать в себе роль научного работника и менеджера проекта. Именно такая категория людей особенно дефицитна, по мнению Белбина. В истории компаний 3M и Sharp есть примеры создания особых условий для формирования корпуса менеджеров такого типа с предоставлением им специальных условий действия, права на серьезные ошибки и т.д.

Диссертационная деятельность. Особое место в научной работе занимает диссертационная деятельность. По сути, защита кандидатской диссертации, а затем док-

²⁴⁷ Нонака И. и Такеучи Х. Компания — создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / [Пер. с англ.]. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2011. — 384 с.

²⁴⁸ Там же.

торской является целевой установкой для ученого. По отзывам ученых, которые работали в СССР до введения ученых степеней, в то время работа научных работников была более командной и результативной. Защита диссертаций в СССР была введена в 1934 году. Однако вначале практика защиты диссертаций распространялась медленно, затем этот процесс задержала война. К 1965 году число остепененных научных работников СССР достигло 150 тысяч человек²⁴⁹.

Тем не менее основных высочайших научных результатов страна достигла до массового внедрения системы диссертаций. Были созданы ядерное оружие (1949 г.) и энергетика (1954 г.), реактивная (1948 г.) и ракетно-космическая техника (1957 г.), лазер (1954 г.), собственный пенициллин (1942 г.) и вакцина от полиомиелита (1958 г.), суперкомпьютер БЭСМ 6 (1965 г.), запущен в космос человек (1961 г.) и т.д.

После того как главной задачей ученого стало накопление материала для собственной диссертации, командная работа в науке стала большой редкостью и успехи российских ученых начали блекнуть. Данные утверждения на этот счет связаны с тем, что автор этой работы около 20 лет работал в Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ) и видел, насколько редка была командная работа ученых.

Отметим, что в западных странах нет многоуровневой градации научных степеней и нацеленность на подготовку диссертации занимает ограниченное время работы ученого. В нашей же стране система всеохватывающая (кандидат, доцент/с.н.с., доктор, член корреспондент, академик) и ученый большую часть своей жизни находится в условиях низкой нацеленности на командную работу.

Конечно, возражения против многоуровневой системы степеней ставят вопрос: как выстроить иерархию ученых, кому доверять в большей или меньшей мере? Современная наука дает ответ на этот вопрос — мировая цитируемость ученого или индекс Хирша. Важную роль играют и публикации внутри страны, поскольку они распространяют достигнутые результаты среди других специалистов.

4.2. Исследование эффективности командной работы в сфере НИОКР²⁵⁰

Сегодня, как, впрочем, и ранее, государственные деятели, эксперты, управленцы считают необходимым повысить эффективность труда на российских предприятиях. «Повышение производительности труда — одна из стратегических целей России: Пре-

²⁴⁹ СССР в цифрах в 1975 году. — М., 1976. — 238 с.

²⁵⁰ Орехов В.Д., Причина О.С., Есипова Э.Ю. Исследование закономерностей трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда. Социальная политика и социология. 2017. Т. 16. № 6 (125). С. 25–35. URL: https://rgsu.net/netcat_files/multifile/5219/3/SP_6_2017_V_PeChAT_.pdf

зидент России Владимир Путин поставил цель повысить производительность к 2018 году в 1,5 раза относительно уровня 2011 года»^{251, 252}.

Однако повышение производительности труда за счет внедрения новых технологий, реструктуризации и модернизации производства не только российская задача (зависимость производительности труда в России от инновационной активности организаций подтверждается статистически²⁵³). Она актуальна и для развитых стран, и глубинной ее причиной является то, что в результате демографического перехода сокращается численность населения, а резервы повышения производительности за счет роста образования работников уже на пределе.

В высокотехнологичных отраслях, связанных с научными исследованиями и разработками (НИОКР), задача повышения общей эффективности особенно актуальна, поскольку отставание технологий в территориально-отраслевом промышленном комплексе России от развитых экономик мира составляет порядка 10–20 лет.

Как показали исследования техник и методов управления инновациями в 17 европейских странах, они связаны с людьми, культурой, коммуникациями, организацией бизнес-процессов и технологиями²⁵⁴, что и определило нацеленность исследований в данном разделе.

Объектом исследования выступил проектно-конструкторский персонал российского производственного предприятия. Предмет исследования — новый подход к повышению производительности труда НИОКР-специалистов за счет синергетического эффекта командной деятельности, который базируется на применении авторами известных моделей и инструментариев:

- человеческого капитала^{255, 256};
- образовательной экспоненты^{257, 258};

²⁵¹ О долгосрочной государственной экономической политике. Указ Президента Российской Федерации № 596 от 7 мая 2012 года.

²⁵² Россия должна увеличивать производительность труда на 5–6% ежегодно. Портал «Бизнес и власть», 2017. http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/itogi-plan-2017.html

²⁵³ Есипова Э.Ю. Роль мотивации в инновационном развитии конструкторских бюро. — М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015.

²⁵⁴ Brown, D. (1997) *Innovation Management Tools: a review of Selected Methodologies*, Luxemburg, European Commission Directorate-General XIII Telecommunications, Information Market and Exploitation of Research.

²⁵⁵ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. — Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2013. — 244 с.

²⁵⁶ Нестеров Л., Аширова Г. Национальное богатство и человеческий капитал. // ВЭ. — 2003. — № 2.

²⁵⁷ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-БАК. Проблемы экономики и юридической практики — № 2, 2017. — С. 77–81.

²⁵⁸ Fenton-O'Creevy, M. (1998) 'Employee involvement and the middle manager: evidence from a survey of organisations', *Journal of Organisational Behaviour*, 19(1), pp. 67–84.

- создания команд^{259, 260, 261, 262, 263, 264, 265};
- развития инноваций^{266, 267, 268};
- психологического тестирования персонала^{269, 270};
- системного подхода²⁷¹.

4.2.1. Модель эффективности труда НИОКР-команд

Ранее авторами были рассмотрены теоретические²⁷² и практические²⁷³ основы повышения эффективности труда НИОКР-команд. Важнейшие положения формируемой на данной основе модели заключаются в следующем:

1. Мировое богатство в настоящее время более чем на 80% формируется человеческим капиталом²⁷⁴, и эта доля продолжает расти.

²⁵⁹ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009. 2-е изд. — Лондон и др., Квитс. — 238 с.

²⁶⁰ Лапыгин Ю.Н. Управленческая команда. — М.: Эксмо, 2007. — 270 с. <https://studfiles.net/preview/2396240/page:37/>

²⁶¹ Тест Р.М. Белбина «Командные роли». <http://psychok.net/testy/674-test-r-m-belbina-komandnye-rol-i-klassifikatsiya-rolej-v-gruppe>

²⁶² Тест Вудкока. Оценка эффективности команды. HR-Portal. 2017. <http://hr-portal.ru/tool/test-vudkoka-ocenka-effektivnosti-komandy>

²⁶³ Hidge M. Оценка управленческой эффективности команды. HR по-русски, 2017. <http://hr-elearning.ru/ocenka-upravlencheskoy-yeffektivnosti-komandy/>

²⁶⁴ Whetten D.A., Cameron K.S. Developing Management skills. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, -8th ed. 2011. <https://www.wnycollegeconnection.com/documents/Skills%20Gap/Developing%20Management%20Skills.pdf>

²⁶⁵ Woodcock, M. Team Development Manual. Farnborough: Gower Press, 1979.

²⁶⁶ Нонака И. и Такеучи Х. Компания — создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / [Пер. с англ.]. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2011. — 384 с.

²⁶⁷ Есипова Э.Ю. Роль мотивации в инновационном развитии конструкторских бюро. — М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015.

²⁶⁸ Системное управление инновациями. / Т 848 Системное управление инновациями: Учеб. пособие в 6 книгах / пер. с англ.; Гл. ред. Т.В. Лютова. Жуковский АНО ВО «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2017.

²⁶⁹ Большая энциклопедия психологических тестов, М. Изд-во «Эксмо». 206. 416 с.

²⁷⁰ Тест Вудкока. Оценка эффективности команды. HR-Portal. 2017. <http://hr-portal.ru/tool/test-vudkoka-ocenka-effektivnosti-komandy>

²⁷¹ О'Коннор Дж., Мак-Дермот И. Искусство системного мышления. — М., 2006.

²⁷² Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики — № 2, 2017. — С. 77–81.

²⁷³ Есипова Э.Ю. Роль мотивации в инновационном развитии конструкторских бюро. — М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015.

²⁷⁴ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. — Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2013. — 244 с.

2. Вклад специалиста в ВВП страны, в зависимости от количества лет его обучения (E), выражается экспоненциальной функцией^{275, 276} (4.1), которую будем называть далее — «образовательная экспонента»: $G_E = K_E \cdot 10^{E/5}$.

3. Каждый год образования увеличивает вклад специалиста в ВВП страны примерно на 58%, что на порядок больше, чем вклад в доходы компании, в которой он работает.

4. Большая часть положительного результата от образования через экстерналии преобразуется в стратегический инновационный капитал участников отрасли инновационных услуг.

5. Получателями положительного эффекта от внедрения технологий, кроме компании-инноватора, являются: его потребители, поставщики, сеть распределения, последователи, R&D-сообщество и общество (рис. 4.3).

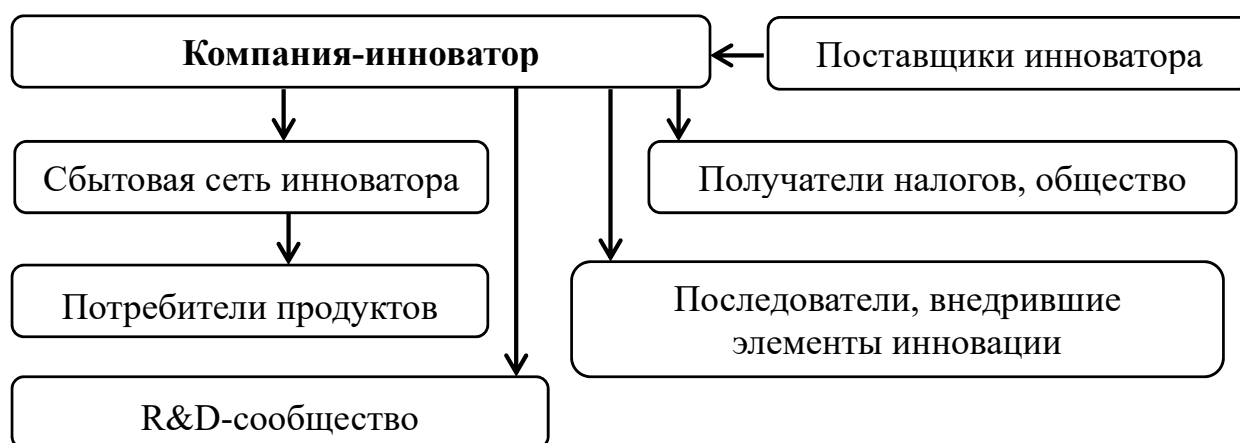


Рис. 4.3. Получатели доходов и выгод от внедрения инновации

6. Важнейшими функциями специалистов по передовым технологиям (НИОКР или R&D) являются получение новых знаний и технологий от мирового сообщества, применение их к решению практических задач и вывод инновационных продуктов на мировой рынок (рис. 4.4)²⁷⁷.

7. Эффективность работы команд R&D-специалистов за счет синергетического эффекта и действия образовательной экспоненты, базирующихся на использовании

²⁷⁵ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-БАК. Проблемы экономики и юридической практики — № 2, 2017. — С.77–81.

²⁷⁶ Barro, R., J., Lee, J., W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53. No 3.

²⁷⁷ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-БАК. Проблемы экономики и юридической практики — № 2, 2017. — С.77–81.

разнообразных талантов сотрудников, может на порядок превышать эффективность отдельных людей.

8. Существуют значительные сложности организации синергетической работы команд специалистов по передовым технологиям, проявляющиеся в деструктивных дебатах, сложности принятия решений, несогласованности действий и т.д.²⁷⁸

9. Формирование команд R&D-специалистов, которые добиваются высоких результатов, основывается на минимизации числа лиц с развитым критическим мышлением, высокой агрессивностью и претендующих на доминирующие позиции в коллективе²⁷⁹.

Ментальная карта изложенного выше перечня факторов, влияющих на эффективность работы R&D-команд, приведена на рис. 4.5.



Рис. 4.4. Функции R&D-специалистов

4.2.2. Метод исследования эффективности работы R&D-команд

Целью исследования в данном разделе является изучение возможностей резкого увеличения эффективности работы научных или проектных команд за счет синергетического эффекта.

²⁷⁸ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009. 2-е изд. — Лондон и др., Квитс. — 238 с.

²⁷⁹ Там же.

Оценивание эффективности работы команд менеджеров широко используется на практике^{280, 281, 282, 283, 284, 285}, однако вопрос оценки труда разработчиков продуктов вызывает трудности, связанные с творческой составляющей этого труда²⁸⁶. В данной работе используются показатели, специально адаптированные для оценки эффективности R&D-групп в соответствии с функциями и факторами, представленными на рис. 4.4, 4.5.

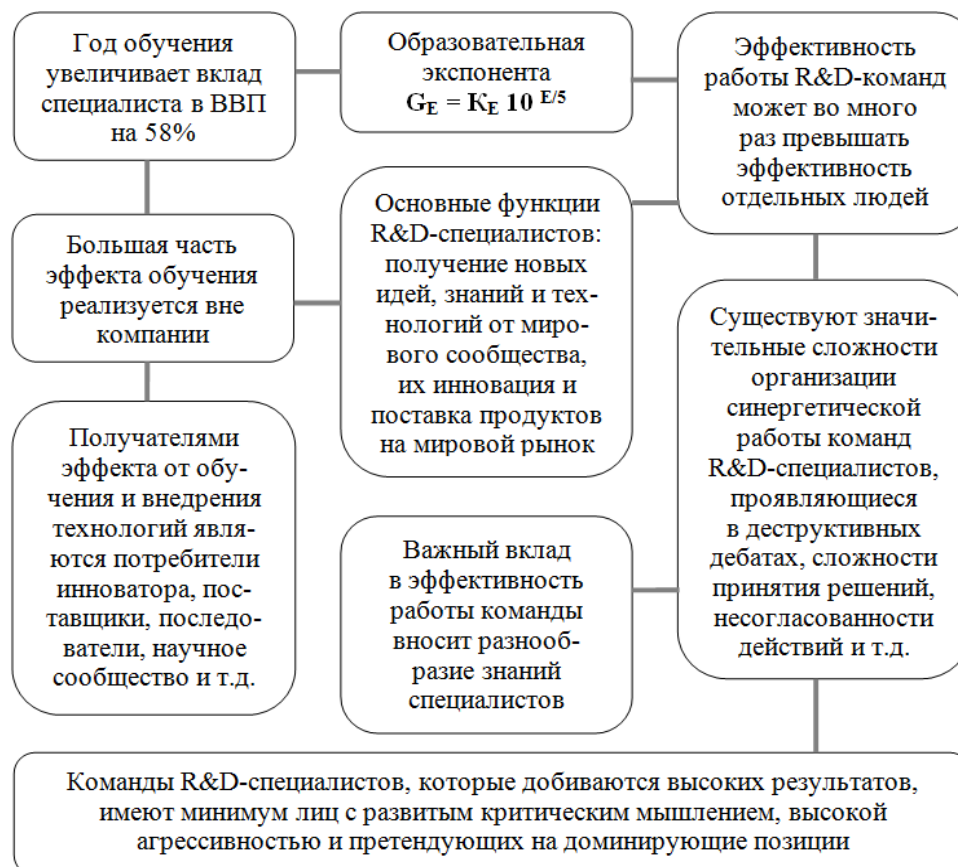


Рис. 4.5. Ментальная карта факторов эффективности работы R&D-команд

²⁸⁰ Лапыгин Ю.Н. Управленческая команда. — М.: Эксмо, 2007. — 270 с. URL: <https://studfiles.net/preview/2396240/page:37/>

²⁸¹ Национальный доклад. Управление исследованиями и разработками в российских компаниях. Москва. — М.: Ассоциация менеджеров. — С. 69. 2011.

²⁸² Тест Р.М. Белбина «Командные роли». <http://psychok.net/testy/674-test-r-m-belbina-komandnye-rolj-klassifikatsiya-rolej-v-gruppe>

²⁸³ Fenton-O'Creevy, M. (1998) 'Employee involvement and the middle manager: evidence from a survey of organisations', Journal of Organisational Behaviour, 19(1), pp. 67–84.

²⁸⁴ Hidge M. Оценка управленческой эффективности команды. HR по-русски, 2017. <http://hr-elearning.ru/ocenka-upravlencheskoy-yeffektivnosti-komandy/>

²⁸⁵ Whetten D.A., Cameron K.S. Developing Management skills. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, -8th ed. 2011.

²⁸⁶ Есипова Э.Ю. Роль мотивации в инновационном развитии конструкторских бюро. — М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015.

Как видно из рассмотренной выше модели (рис. 4.5), для высокой эффективности R&D-деятельности члены команды должны обладать следующими способностями:

1. Высоким уровнем образования, разнообразными знаниями специалистов;
2. Навыками бесконфликтной, синергетической командной работы;
3. Хорошими коммуникативными способностями, в том числе умением получать знания, идеи, технологии из зарубежных источников²⁸⁷.

Для более точного определения влияния данных факторов на эффективность работы R&D-команды было решено проводить анкетирование этих команд и анализировать взаимосвязи результатов их работы с совокупностью способностей. Такая анкета должна содержать следующие разделы:

- I. Группа и ее квалификация;
- II. Входные ресурсы для работы команды;
- III. Взаимоотношения в команде;
- IV. Способности к коммуникации;
- V. Результаты работы (выходы).

Аналогичные разделы используются в ряде опросников. В частности, «взаимоотношения в команде» рассматриваются в тесте М. Вудкока^{288, 289}.

Наиболее сложный по надежности работы здесь раздел V «Результаты работы». В идеале результаты должны определяться надежным методом, не зависящим от мнения членов команды. Так, в работах Р.М. Белбина²⁹⁰ результативность определялась правилами соревнования команд. Но такая ситуация достаточно искусственная и в реальной практике отсутствует. В будущем можно проверить эффективность работы анкеты в условиях соревновательной борьбы команд, а в предлагаемой авторами анкете выходы определяются методом опроса участников команды с помощью следующей группы вопросов:

1. Насколько эффективно работает группа, по Вашему мнению?
2. Есть ли проекты, которые, по мнению руководства, Вы выполнили отлично?
3. Есть ли проекты, которые Вы не выполнили в срок?
4. Участвовали ли Вы в работах, имеющих международную значимость?
5. Оцените уровень новизны выполненных работ за последние 1–2 года.

Список вопросов может быть расширен, в частности, за счет введения показателей экономической эффективности. Однако, вероятно, многие из членов группы не обладают полной информацией об экономических параметрах деятельности.

²⁸⁷ Национальный доклад. Управление исследованиями и разработками в российских компаниях. Москва. — М.: Ассоциация менеджеров. — С. 69. 2011.

²⁸⁸ Тест Вудкока. Оценка эффективности команды. HR-Portal. 2017. <http://hr-portal.ru/tool/test-vudkoka-ocenka-effektivnosti-komandy>

²⁸⁹ Woodcock, M. Team Development Manual. Farnborough: Gower Press, 1979.

²⁹⁰ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009. 2-е изд. — Лондон и др., Квитс. — 238 с.

В раздел I «Группа и ее квалификация» вошли вопросы, характеризующие группу как единое целое:

1. Можно ли сказать, что ваша группа работает дружно (согласованно)?
2. Сколько лет основное ядро вашей группы работает совместно?
3. Насколько разнообразны знания и навыки членов вашей группы?
4. Ваш научный или конструкторский стаж.
5. Сколько лет Вы получали образование в сумме (вуз, курсы, аспирантура)?

Назначение раздела II «Входные ресурсы» заключалось в идентификации условий, в которых работает команда, с тем чтобы отделить внешние и внутренние факторы, влияющие на ее деятельность. Этот раздел сформирован в виде таблицы, в которой требовалось ответить на вопрос: «Отметьте, в какой мере работа группы, как правило, обеспечена следующими ресурсами» (табл. 4.1), путем выделения одного из следующих ответов: есть, частично, нет, не знаю.

Основу раздела III «Взаимоотношения в команде» составляла группа вопросов, соответствующих подходу Р.М. Белбина, согласно которому эффективная группа должна содержать в своем составе специалистов, способных выполнять роли, приведенные в табл. 4.2 (в столбце «тип» в скобках даны названия по работе²⁹¹, а основной вариант по работе²⁹²).

Таблица 4.1. Вопросы раздела I «Входные ресурсы»

1	Постановка задач четкая
2	Понятно, кто ключевой заказчик работы
3	Время на работу (проект) выделяется корректно
4	План работы согласован
5	Группа вполне укомплектована специалистами
6	Исходные данные для решения задач есть
7	Работа обеспечена помещениями и оборудованием
8	Материальное снабжение работ хорошее
9	Финансирование работ обеспечено
10	Нормативы, требования присутствуют
11	Необходимые договоры заключены
12	Зарплата членов группы адекватная
13	Ясно, как будут решаться возникающие проблемы
14	Понятны возможные риски и пути их устранения
15	Поддержка руководства обеспечена
16	Соисполнители назначены и адекватны
17	Понятно, как будут оцениваться результаты работы
18	Ясно, где будут применяться результаты работ

²⁹¹ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009. 2-е изд. — Лондон и др., Квитс. — 238 с.

²⁹² Тест Р.М. Белбина «Командные роли». <http://psychok.net/testy/674-test-r-m-belbina-komandnye-rolj-klassifikatsiya-rolej-v-gruppe>

В рамках разрабатываемой анкеты применение полного теста Р.М. Белбина нежелательно из-за большого объема вопросов, поэтому был предложен сокращенный вариант, в который добавлена также дополнительная специальность по Р.М. Белбину — «специалист» (табл. 4.3). Поскольку данную анкету заполняет каждый член команды, то это отчасти компенсирует упрощенный по сравнению с тестом Р.М. Белбина характер вопросов.

Таблица 4.2. Командные роли по Р.М. Белбину

Тип	Характерные черты	Важные качества
Председатель	Спокоен, уверен в себе, обладает развитым самоощущением	Целеустремлен, отношение ко всем без предубеждений
Формирователь (шейпер)	Нервозен, общителен, динамичен	Напористость, готовность преодолевать инерцию
Мыслитель (генератор)	Индивидуалист, обладает серьезным складом ума	Талант, интеллект, знания, воображение
Разведчик (исследователь ресурсов)	Экстраверт, энтузиаст, любознателен, коммуникабелен	Коммуникабелен, исследует новое, решает проблемы
Эксперт (аналитик)	Трезво мыслит, не эмоционален, предусмотрителен	Рассудительность, прозорливость, расчетливость
Коллективист (душа команды)	Социально ориентирован, довольно мягок, чувствителен	Отзывчивость к людям, поднимает дух команды
Доводчик (педант)	Старателен, методичен, добросовестен, невротичен	Доводит дело до конца
Исполнитель (работник)	Консервативен, развитое чувство долга, предсказуем	Работоспособность, здравый смысл, организатор

Таблица 4.3. Присутствие в команде исполнителей ролей по Р.М. Белбину

1	Изучает новые возможности, развивает контакты, любопытен, общителен, энтузиаст	Разведчик
2	Первым предлагает оригинальные идеи; один из наиболее эрудированных	Мыслитель
3	Трезво оценивает обстановку, рассматривает все варианты, анализирует, старается предвидеть результаты, объективен	Эксперт
4	Разъясняет цели, расставляет приоритеты (уверен в себе), мотивирует коллег (возможно, не очень интеллигентен и креативен)	Председатель
5	Претворяет в жизнь идеи и планы, организует работу, дисциплинирован, надежен	Исполнитель
6	Способен преодолевать препятствия для достижения цели, работать в режиме высокого напряжения; общителен, динамичен, увлекается	Формирователь
7	Улаживает разногласия, ориентирован на общество, мягок, уживчив, восприимчив, прислушивается к коллегам	Коллективист
8	Доводит дело до конца, ориентирует на установленные сроки, ищет ошибки, недоработки	Доводчик
9	Обладает редко встречающимися знаниями и навыками, решает сложные вопросы, с хорошим воображением	Специалист

Респондентам был задан вопрос: «В какой мере в вашей группе присутствует(ют) специалисты, обладающие следующими профилями способностей». Для каждого профиля способностей нужно было указать один из следующих ответов: есть, частично, нет, не знаю.

Второй блок этого раздела соответствовал тесту «Признаки эффективной работы команды»^{293, 294} (табл. 4.4). Респондентам предлагалось ответить на вопрос: «В какой мере атмосфере Вашей группе присущи следующие характеристики», путем выделения одного из ответов: есть, частично, нет, не знаю.

Таблица 4.4. Тест «Признаки эффективной работы команды»

1	Рабочие задачи понятны для всех участников группы и принимаются к решению
2	Члены группы прислушиваются к мнению друг друга
3	Поставленные задачи обсуждаются, в обсуждении принимают участие большинство членов группы
4	Участники не только высказывают идеи по решению задачи, но и делятся своими чувствами
5	В группе возникают споры и разногласия, однако они касаются рабочих вопросов и редко переходят на личности
6	Группа чаще принимает решение на основе согласия, а не как мнение большинства или лидера
7	Обычно в группе неформальная и доброжелательная атмосфера

Еще одна группа вопросов раздела III была нацелена на идентификацию признаков неэффективной работы команд (табл. 4.5).

Таблица 4.5. Признаки неэффективной работы команд

1	Лидер принимает ключевые решения в группе
2	Есть члены группы, действующие отдельно от других
3	Есть групповые нормы, которые никто не нарушает
4	Предпочитаются стандартные методы решения задач
5	Есть члены группы, которых редко слушают
6	Критические обсуждения мешают работе
7	Проблемы и разногласия в группе не разрешаются
8	Есть сбои в коммуникации, взаимопонимании
9	Неэффективное использование групповых ресурсов
10	В группе есть люди с повышенной агрессивностью
11	Общие решения принимаются с трудом
12	Иногда возникают длительные дебаты без результата

²⁹³ Тест Вудкока. Оценка эффективности команды. HR-Portal. 2017. <http://hr-portal.ru/tool/test-vudkoka-ocenka-effektivnosti-komandy>

²⁹⁴ Hidge M. Оценка управленческой эффективности команды. HR по-русски, 2017. <http://hr-elearning.ru/ocenka-upravlencheskoy-yeffektivnosti-komandy/>

Также в состав раздела III вошли вопросы по идентификации специалистов, создающих особый риск работе, и по оценке атмосферы в группе.

Раздел IV «Коммуникации» включал в себя следующие вопросы:

1. Есть ли в группе специалисты с хорошим знанием иностранных языков?
2. Есть ли в команде люди, знакомые с иностранными учеными?
3. Есть ли в команде участники, имеющие публикации Scopus, WoS?
4. Доступна ли Вам зарубежная литература по профилю Вашей работы?
5. Насколько тесно Вы связаны со специалистами своей организации?
6. Насколько тесно Вы связаны со специалистами других организаций России?

4.2.3. Апробация метода исследования эффективности работы групп

Рассматриваемый метод исследования был апробирован на одном из российских предприятий приборостроения. Были протестированы две группы разработчиков продуктов численностью 4 (группа А) и 12 (группа В) человек. Некоторые результаты анкетирования приведены ниже. Наиболее интересно исследовать работоспособность раздела «Результаты работы» (табл. 4.6).

Таблица 4.6. Оценки результатов работы групп

1	Насколько эффективно работает группа, по Вашему мнению	Доля ответов на вопросы в группе, %		Балл по шкале оценок
		А	В	
1.1	Очень эффективно	25	45	5
1.2	Средняя эффективность	75	55	4
1.3	Низкая эффективность	0	0	3
	Средний балл по группе	4,3	4,5	
2	Есть ли у Вас проекты, выполненные, по мнению руководства, отлично?			
2.1	Нет, у нас редко высоко оценивают	0	10	3
2.2	Есть, но немного	66	40	3,5
2.3	Несколько проектов получили высокую оценку руководства	33	30	4
2.4	Мы лидеры в организации, выполняем самые сложные проекты	0	20	5
	Средний балл по группе	3,6	3,9	
3	Есть ли проекты, которые Вы не выполнили в срок?			
3.1	Все в срок выполнять не удастся	75	36	3
3.2	Большинство проектов выполняем в срок	25	36	4
3.3	Почти все проекты выполняются в срок	0	27	4,5
	Средний балл по группе	3,3	3,7	

4	Участвовали ли Вы в работах, имеющих международную значимость?			
4.1	Нет	50	45	3
4.2	Есть одна	0	0	3,5
4.3	Участвовал в нескольких	50	45	4
4.4	Участвовал во многих	0	10	5
	Средний балл по группе	3,5	3,7	
5	Оцените уровень выполненных работ за последние два года			
5.1	Мы выполняли довольно рутинные работы	25	10	3
5.2	Работы выполнены на хорошем уровне, с изобретательностью	75	50	4
5.3	Работы выполнены на отличном уровне, много инновационных наработок	0	40	5
	Средний балл по группе	3,8	4,3	

Для оценки каждого показателя эффективности была использована пятибалльная шкала, согласно которой наиболее позитивная работа группы оценивалась баллом «5», а наименее позитивная — «3». Выбор шкалы оценивания (например, использование 10- или 100-балльной шкалы) не влияет на выводы.

Средний балл по группе определялся средневзвешенной суммой произведений числа ответивших в процентах на значение ответа по пятибалльной шкале оценок. Сравнение оценок двух групп по различным показателям приведено в таблице 4.7.

Таблица 4.7. Итоговые оценки результатов работы двух групп

№	Показатель	А	В
1	Эффективность работы	4,3	4,5
2	Оценка руководством	3,6	3,9
3	Сроки выполнения	3,3	3,7
4	Международный уровень	3,5	3,7
5	Уровень новизны	3,8	4,3
	Среднее арифметическое	3,7	4,0
	Коэффициент вариации	10%	9%

Для того чтобы понять, насколько корректно использовать среднее арифметическое значение различных показателей, был определен коэффициент вариации (табл. 4.7). Видно, что его величина относительно невелика.

Это означает, что различные показатели согласованно отражают одну характеристику эффективности работы группы. Такой результат позволяет рассчитывать на положительную возможность оценивания результата работы группы методом опроса ее членов.

Краткая характеристика групп по результатам опроса приведена в таблице 4.8. По оценке участников групп видно, что они работают достаточно дружно, имеют разнообразные знания и навыки, довольно продолжительный опыт участия в разработках, минимальный научный опыт и относительно недолго работают совместно.

Таблица 4.8. Характеристика групп

	Индикаторы характеристики группы	Группа А	Группа В
1	Можно ли сказать, что ваша группа работает дружно?	4,5	4,4
2	Насколько разнообразны знания и навыки членов вашей группы?	4,0	4,3
3	Ваш стаж в разработках, лет	7,5	4,0
4	Ваш научный стаж, лет	0,1	2,0
5	Сколько лет основное ядро вашей группы работает совместно, лет	0,5	2,0

В таблице 4.9 приведены характеристики обеспечения групп различными входными ресурсами (ответ на вопрос: «В какой мере работа группы, как правило, обеспечена следующими ресурсами?»).

Таблица 4.9. Входные условия (ресурсы)

		Группа А	Группа В
	Среднее	3,8	3,9
1	Постановка задач четкая	3,9	3,8
2	Понятно, кто ключевой заказчик работы	5,0	4,3
3	Время на работу (проект) выделяется корректно	2,4	2,8
4	План работы согласован	4,3	4,0
5	Группа вполне укомплектована специалистами	3,1	4,2
6	Исходные данные для решения задач есть	3,1	3,8
7	Работа обеспечена помещениями и оборудованием	3,5	4,8
8	Материальное снабжение работ хорошее	3,5	3,7
9	Финансирование работ обеспечено	4,3	3,7
10	Нормативы, требования присутствуют	5,0	4,3
11	Необходимые договора заключены	3,9	4,3
12	Зарплата членов группы адекватная	3,9	2,8
13	Ясно, как будут решаться возникающие проблемы	2,8	3,8
14	Понятны возможные риски и пути их устранения	3,5	3,4
15	Поддержка руководства обеспечена	4,6	4,3
16	Соисполнители назначены и адекватны	3,1	4,3
17	Понятно, как будут оцениваться результаты работы	3,9	2,9
18	Ясно, где будут применяться результаты работ	5,0	4,3

Средняя оценка условий работы не очень высокая (3,9 балла по 5-балльной шкале). Наиболее низкие оценки получили следующие показатели:

- Время на работу (проект) выделяется корректно — 2,4/2,8.
- Зарплата членов группы адекватная — 3,9/2,8.
- Ясно, как будут решаться возникающие проблемы — 2,8/3,8.
- Понятно, как будут оцениваться результаты работы — 3,9/2,9.

Обобщенные результаты оценки эффективности R&D-коммуникаций в командах (таблица 4.10) свидетельствуют, что по данному блоку показателей группы имеют низкий уровень способностей.

Таблица 4.10. Эффективность R&D-коммуникаций

Индикаторы эффективности R&D-коммуникаций	А	В
Есть ли в группе специалисты с хорошим знанием иностранных языков	4,3	3,8
Есть ли в команде люди, знакомые с иностранными учеными	2,3	3,2
Есть ли в команде участники, имеющие публикации Scopus, WoS	2	2
Доступна ли Вам зарубежная литература по профилю Вашей работы	2,4	2,6
Тесно ли Вы связаны со специалистами других организаций России	3,8	3,2
Насколько тесно Вы связаны со специалистами своей организации	3,9	3,5
Средний балл по группе	3,1	3,1

Оценки двух групп в соответствии с тестом на присутствие в команде исполнителей ролей по Р.М. Белбину (табл. 4.2) даны в таблице 4.11. При вычислении средней оценки ответу «есть» присвоен балл 5, а ответу «частично» — 3,5.

Таблица 4.11. Наличие в команде исполнителей ролей по Р.М. Белбину

	Профиль способностей	Группа А			Группа В		
		Есть	Частично	Средняя, %	Есть	Частично	Средняя, %
1	Разведчик	2	2	85	9	2	95
2	Мыслитель	2	2	85	7	4	89
3	Эксперт	4		100	9	2	95
4	Председатель	4		100	6	4	88
5	Исполнитель	2	2	85	7	4	89
6	Формирователь	3	1	93	6	5	86
7	Коллективист	2	2	85	6	5	86
8	Специалист	4		100	7	4	89
9	Доводчик	4		100	10	2	95
10	Итого, %	3,0	1,0	93	7,4	3,6	90
11	Итого (5-бал.)			4,3			4,2

Видно, что в обеих группах большая часть ролей по Р.М. Белбину реализуется участниками в значительной мере. При этом для группы А оценка несколько выше, но это может объясняться малым размером группы, что ведет к значительной погрешности при принятии того или иного ответа одним-двумя респондентами.

Средняя оценка взаимоотношений в командах (табл. 4.12) близка к оценке выполнения ролей по Р.М. Белбину, причем для группы А она несколько выше, чем для группы В.

Таблица 4.12. Уровень взаимоотношений в командах

	Группа вопросов	Группа А	Группа В
1	Выполнение ролей по Р.М. Белбину	4,3	4,2
2	Атмосфера в команде	4,8	4,0
3	Признаки эффективной работы команды (табл. 4)	4,4	4,1
4	Наличие признаков неэффективности (табл. 5)	3,9	3,9
5	Специалисты, которые создают риск	4,3	4,7
	Средний балл по группе	4,3	4,2
	Коэффициент вариации	6,4%	6,9%

Сравнение суммарных характеристик работы групп (табл. 4.13) показывает, что в целом оценки характеристик достаточно согласованны (коэффициент вариации 12 и 13%). В оценках групп есть несущественные различия, однако полученные результаты не дают очевидного понимания причин этих различий.

Таблица 4.13. Суммарные характеристики работы групп

	Группа вопросов	Группа А	Группа В
1	Результаты работы групп	3,7	4,0
2	Входные ресурсы	3,8	3,9
3	Эффективность R&D-коммуникаций	3,1	3,1
4	Уровень взаимоотношений в командах	4,3	4,2
5	В том числе исполнение ролей по Р.М. Белбину	4,3	4,2
	Средний балл по группе	3,8	3,9
	Коэффициент вариации	13%	12%

Применение предложенного метода опроса позволило выявить конкретные проблемные области в работе коллективов R&D (наиболее острой из них оказалась эффективность R&D-коммуникаций), развитие которых должно привести к повышению производительности интеллектуального труда.

Решение выявленных проблем потребует управленческих действий в области развития персонала, а также обеспечения условий работы сотрудников. Усилия необходимо направить на следующие аспекты:

- улучшение коммуникативных навыков за счет обучения и подготовки соответствующей инфраструктуры;
- совершенствование подходов к планированию времени на выполнение проектов;
- формирование критериев оценки результатов и информирования о них сотрудников.

Обсуждение

Данное исследование является продолжением предыдущих работ, в которых было обнаружено явление образовательной экспоненты²⁹⁵, до сих пор не в полной мере осознанное специалистами в области образования и управления человеческим капиталом. Для того чтобы продемонстрировать действие этого явления на практике деятельности научных команд, необходимо провести достаточно массовые исследования, причем не в искусственных условиях, как делал это Р.М. Белбин, а в условиях реальных предприятий.

Известные тесты, как правило, нацелены на работу с управленческими командами и не учитывают специфики деятельности R&D-команд, поэтому потребовалась адаптация существующих методик к условиям данной конкретной задачи. Важное требование — работоспособность теста при оценке деятельности команд в условиях реального предприятия. Апробация теста показала, что его заполнение не вызывает затруднений у респондентов по большинству позиций. (Ответы на вопрос об уровне образования респондентов признаны неадекватными, что требует уточнения формулировки данного вопроса.)

Наработка более широкого опыта и сравнение полученных в будущем результатов с отзывами высшего руководства предприятий позволит убедительно подтвердить адекватность предлагаемого метода. Предполагается также использовать данный метод опроса в условиях однозначного определения лучшей команды, например для анкетирования команд World Skills или команд, участвующих в конкурсах Национальной технологической инициативы (<https://leader-id.ru/event/5226/>).

Из-за относительно невысокой самооценки результатов работы опрошенных групп обнаружить эффект синергетической командной деятельности не удалось.

Также отметим, что представители ряда предприятий высказали готовность проводить тестирование своих R&D-групп по данному методу, что позволяет надеяться на его успешное развитие.

²⁹⁵ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики — № 2, 2017. — С.77–81.

4.3. Исследование эффективности командной работы в сфере НИОКР²⁹⁶

Деятельность в сфере НИОКР представляет собой сложную систему трудовых, ментальных, производственных и социально-экономических факторов, трансформирующихся и развивающихся в соответствии с протекающими общественно-техническими отношениями.

Начавшаяся во второй половине XX века постиндустриальная революция²⁹⁷, которая переросла в информационную, дала толчок к превращению науки в главную движущую силу экономического развития. Быстрый рост доли человеческого капитала в составе национального богатства стран мира в XX веке, когда его доля в крупнейших развитых и развивающихся странах выросла с 30% до 80%, также послужил возрастанию значимости науки в мире.

Преимущественно этот рост достигался за счет повышения доли специалистов, имеющих высшее образование. Очень сильное влияние образования на вклад специалистов в ВВП страны делает его основной системной причиной роста благосостояния наций. Однако в развитых странах в настоящее время до 30% работников имеют высшее образование, поэтому дальнейший рост в этом направлении скоро станет проблематичным. Высокая стоимость деятельности в сфере НИОКР требует уделять особое внимание повышению эффективности работ и нацеленности на достижение планируемых итогов.

Однако проведенные R.M. Belbin исследования²⁹⁸ показывают, что возникают значительные сложности организации командной работы научных работников. Поэтому вопрос организации эффективной работы команд специалистов НИОКР требует детального рассмотрения.

В предыдущем разделе авторами были проведены исследования по анкетированию двух групп специалистов в сфере НИОКР. Однако ограниченность контингента респондентов не позволила однозначно идентифицировать наличие синергетического взаимодействия членов групп. Используемая методика предполагала опрос всех членов группы, что связано с высокой трудоемкостью и ограничивает возможности анализа работы большого количества групп. В данной работе наряду с тотальным опросом групп исследуется возможность опроса только ее руководителя.

Целью данной работы является определение вида зависимости результатов научно-конструкторского труда от характеристик группы, а также выявление факторов, наиболее сильно влияющих на данную деятельность.

²⁹⁶ Орехов В.Д., Каранышев А.Х., Головчанов С.С. Исследование эффективности командной работы в сфере НИОКР: резервы роста человеческого капитала. Московский экономический журнал. № 9, 2021. — С. 1–19. doi: 10.24411/2413-046X-2021-10555

²⁹⁷ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

²⁹⁸ Belbin R.M. Management Teams. Why They Succeed or Fail. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 p.

4.3.1. Результаты исследования эффективности командной работы

Использованная в исследовании методика незначительно отличается от той, которая тестирована в предыдущем разделе. По результатам данного исследования число групп с полным опросом их участников было доведено до четырех, и в 14 группах было проведено анкетирование их руководителей. Результаты опроса по шести блокам пятибалльных оценок для 18 НИОКР-групп (А–S) представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14. Результаты опроса 18 НИОКР-групп

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R	S
1	3,7	4	3,9	4,4	3,8	3,5	3,3	4,0	3,6	3,4	3,4	4,3	4,4	3,9	4,2	4,6	4,6	4,2
2	4,5	4,2	4,4	4,3	3,6	4,1	4,2	4,0	4,6	4,5	4,5	4,0	4,8	3,8	4,3	4,8	4,4	3,3
3	3,8	3,9	3,4	4,3	4,1	3,8	4,3	4,1	3,9	3,8	3,8	3,9	4,6	4,1	3,5	3,8	4,5	4,6
4	3,1	3,1	3,3	4,1	3,4	2,6	2,8	2,8	2,2	2,2	2,2	2,4	3,0	2,5	3,1	4,2	4,5	4,1
5	4,3	4,2	4,6	4,3	3,8	3,8	4,3	4,7	4,0	4,1	4,1	4,0	4,6	4,1	4,5	4,5	4,1	4,1
6	4,3	4,2	4,2	4,3	3,8	4,4	4,3	4,5	3,7	4,5	4,5	3,7	4,5	3,7	4,1	4,5	4,1	4,1

Сравнение средних результатов полного опроса 4 групп (А–D) и средних оценок по всем группам (А — S) дано в таблице 4.15. Важно, что средние оценки по 4 и 18 группам значительно не отличаются, хотя состав этих групп значительно различается. Это означает, что опросы только руководителя группы и всей группы дают примерно одинаковые результаты.

Таблица 4.15. Результаты полного и частичного опроса групп

Индикаторы X_k	Среднее по группам А–D	Среднее по группам А–S
1. Результаты работы	4,0	4,0
2. Группа и ее квалификация	4,4	4,2
3. Обеспечение условий работы	3,9	4,0
4. Эффективность коммуникаций	3,4	3,1
5. Взаимоотношения в командах	4,4	4,2
6. Исполнение ролей по Р.М. Белбину	4,3	4,2
Среднее по блокам оценок 2 — 6	4,0	3,9
Средний коэффициент вариации, %	11	15

Сравнение оценок по разным блокам вопросов (2–6) показывает, что значительно отличаются в меньшую сторону от средних оценки по вопросам эффективности НИОКР-коммуникаций (3.1). В частности, примерно в половине групп отсутствуют специалисты, знакомые с иностранными учеными и имеющие публикации в журналах, индексируемых Scopus и Web of Science. Также наблюдается низкая обеспеченность зарубежной литературой по профилю работ, мало специалистов, знающих иностранные

языки. Желает лучшего и уровень знакомства со специалистами других отечественных организаций.

Остальные оценки находятся примерно на одном уровне (в среднем 4,1). Для всех пяти блоков оценок коэффициент вариации составляет около 15%, в основном его величина формируется за счет отличия оценок по эффективности коммуникаций.

Для определения взаимосвязи между полученными оценками характеристик группы (X_k) и результатами работы (Y) было использовано формирование для каждой НИОКР-группы единой оценки — предиктора (P), определенного как сумма произведений оценок X_k на оптимальные весовые коэффициенты A_k согласно формуле:

$$P(X_k) = \sum X_k \cdot A_k \quad (4.2)$$

При этом $\sum A_k = 1$, а оптимизация коэффициентов A_k осуществлялась путем поиска регрессионной зависимости $Y(P)$, которая имеет максимальный коэффициент детерминации — R^2 . Как показали исследования, оптимальными являются значения A_k , приведенные в таблице 4.16.

Таблица 4.16. Оптимальные значения весовых коэффициентов A_k

2. Группа и ее квалификация	0,22
3. Обеспечение условий работы	0,08
4. Эффективность коммуникаций	0,43
5. Взаимоотношения в командах	0,12
6. Исполнение ролей по Р.М. Белбину	0,15

Значения оценок результатов работы — $Y(P)$ для исследованных групп с коэффициентами A_k , представленными в таблице 4.16, а также регрессионные зависимости для них приведены на рис. 4.6.

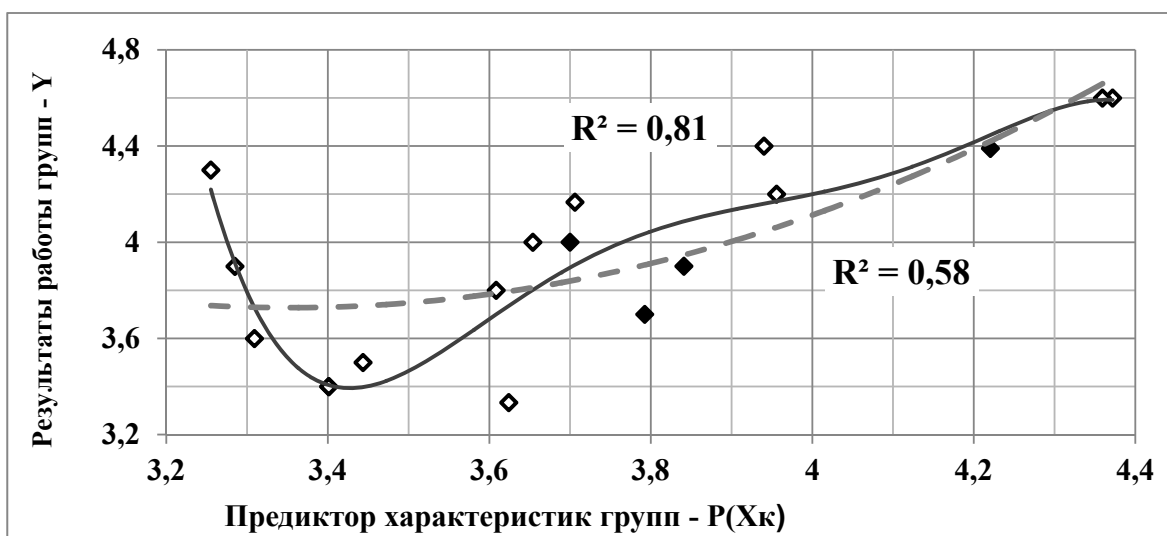


Рис. 4.6. Зависимость результатов работы групп (Y) от их оценки (P)

Для тренда в виде полинома 5-й степени коэффициент детерминации $R^2 = 0,81$, что свидетельствует об относительно низкой погрешности регрессии $\Delta R^2 = 1 - R^2 = 19\%$. Для полинома 3-й степени (пунктир) $R^2 = 0,58$. Эти два тренда относительно близки друг к другу (рис. 4.6). В частности, видно, что минимальные значения оценок результатов работы (Y) наблюдаются при суммарной оценке характеристик группы на уровне $P = 3,4$. Однако глубина «провала» оценок результатов работы для полинома 5-й степени значительно глубже (примерно на 0,3).

При больших значениях суммарной оценки групп наблюдается рост результатов работы. Данный график свидетельствует о том, что по мере роста квалификации и сплоченности групп реализуется эффект синергетического взаимодействия и рост результативности совместной работы.

На графике темным цветом выделены точки, соответствующие полному опросу участников групп (A–D). Видно, что они достаточно близки к трендам, и в соответствии с ними также наблюдается рост результатов работы по мере роста суммарной оценки характеристик группы.

Обратим внимание на то, что при очень низких оценках суммарных характеристик групп наблюдается рост оценок по результатам работы. Данный эффект, скорее всего, связан с действием модели Данинга-Крюгера^{299, 300}, согласно которой специалисты с очень низкой квалификацией существенно завышают свою самооценку. Известен также управленческий феномен, согласно которому при очень плохих условиях труда лучшие результаты дает жесткое административное управление, не ориентированное на положительную мотивацию работников.

Характерно, что наибольший вклад в оптимальный предиктор (суммарную оценку) вносит блок оценок «Эффективность коммуникаций» — $A_k = 0,43$. Регрессионная зависимость результатов работы от отдельных блоков оценок также показывает, что наибольший коэффициент детерминации имеет зависимость результатов от эффективности НИОКР-коммуникаций, для которой $R^2 = 0,57$, как показано на рис. 4.7. Важность коммуникационного блока связана с тем, что именно он характеризует возможные потоки извне различных идей, которые очень важны для НИОКР-деятельности.

На втором месте по уровню влияния на результаты работы (примерно вдвое меньше) находится блок «Группа и ее квалификация», для которого $A_k = 0,22$, $R^2 = 0,34$. Важность данного блока вполне объяснима, поскольку именно в нем оценивается информация об уровне образования, разнообразия знаний и навыков членов группы, стаже в сфере НИОКР и продолжительности совместной работы.

²⁹⁹ Kruger J., Dunning D. (1999). Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments. *Journal of Personality and Social Psychology* 77 (6): 1121–34. DOI:10.1037/0022-3514.77.6.1121.

³⁰⁰ Парушин Е.Б. Математическая модель и интерпретация эффекта Данинга-Крюгера / Е.Б. Парушин. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 19 (123). — С. 319–323.

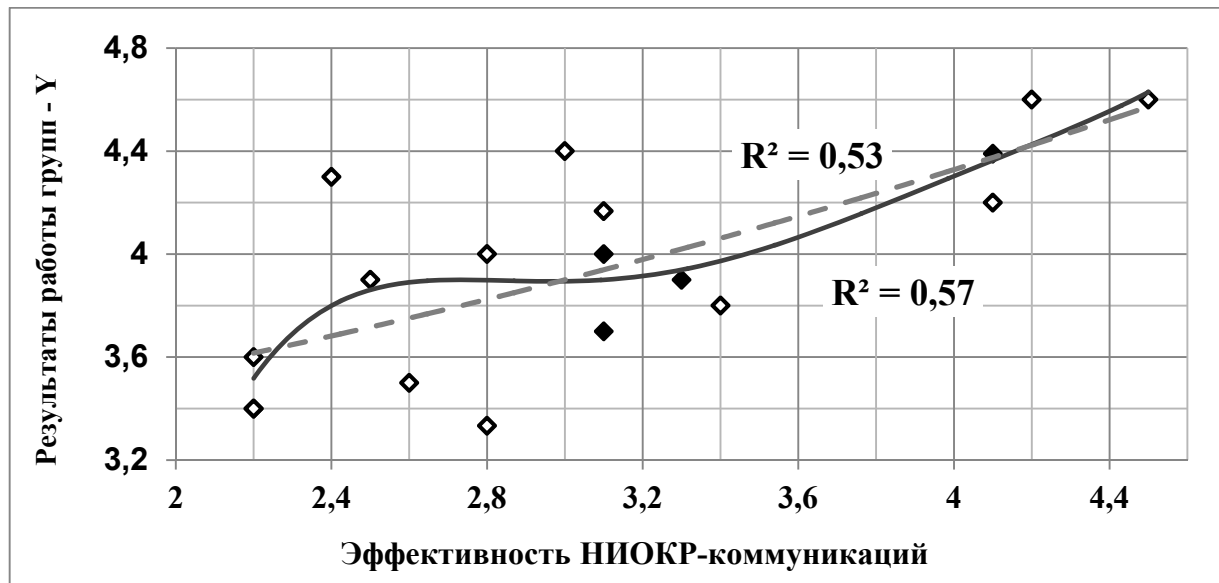


Рис. 4.7. Влияние эффективности коммуникаций на результаты работы

Анализ ответов респондентов относительно эффективности управления проектами в сфере НИОКР дал следующие результаты. Основными общеорганизационными проблемами участники опроса считают (доля ответов):

- одновременное выполнение излишнего количества проектов (21%);
- неудачное распределение ресурсов между проектами (21%);
- занижение бюджета проекта (20% ответов).

Среди известных проблем управления проектами, характерными для работы групп, были отмечены:

- отсутствие единой методики управления проектами: четкая постановка целей, сроков выполнения проектов, критериев успешности достижения целей (24%);
- негибкие подходы к управлению проектами (18%);
- недостаточный уровень знаний в области управления проектами у менеджеров проектов (14%).

В числе желаемых улучшений в области управления проектами участники выделили:

- совершенствование системы мотивации проектных команд (32%);
- лучшее обеспечение ресурсами (24%);
- внедрение программных средств управления проектами (17%).

Обсуждение

Хотя разработанный блок вопросов для определения результатов работы групп и позволил выявить зависимость результатов от характеристик групп, однако эти вопросы не связаны напрямую с инвестиционными характеристиками проектов. Это объясняется тем, что первоначально вопросы блока формировались так, чтобы респонден-

ты могли однозначно давать ответы на них, не ссылаясь на отсутствие информации. В дальнейшем необходимо найти возможности совершенствования данного блока вопросов. При этом важно выявить экономические показатели роста результатов команды вследствие реализации синергетического эффекта.

В данной работе не фиксировались отличия между деятельностью на различных стадиях проектов (Pre-Seed, Seed stage, Start-Up, Early stage и т.д.). Можно предположить, что на разных стадиях создания инноваций командная работа реализуется по-разному, поэтому в дальнейшем следует обращать внимание на стадию реализации проекта. В частности, при этом полезно дифференцировать научные и конструкторские группы.

Полученная зависимость результатов командной работы от характеристик группы при $P > 3,4$ имеет достаточно монотонный вид. В результате не ясно, с какого уровня параметра P начинает реализовываться эффект синергетического взаимодействия членов группы и ее можно идентифицировать как команду. Увеличение числа опрошенных команд потенциально позволяет уточнить вид регрессионной зависимости $Y(P)$ и выяснить границу, начиная с которой группа модифицируется в команду.

Выводы к главе 4

1. Проведен опрос 18 научных и конструкторских групп с нацеленностью на выявление факторов, влияющих на эффективность (результат) их деятельности. На основе регрессионного анализа сформирована оптимальная суммарная оценка характеристик групп (P), позволяющая прогнозировать положительный результат их работы (Y), с уровнем погрешности регрессии $\Delta R^2 = 1 - R^2 = 19\%$.

2. Минимальное значение оценки результата работы группы составляет $Y = 3,4$ по пятибалльной шкале при оценке характеристик работы группы $P = 3,4$. По мере роста оценки P результат работы группы монотонно растет и достигает величины $Y = 4,6$ при $P = 4,4$, что свидетельствует о достижении уровня командной работы.

3. Наибольший вклад в суммарную оценку характеристик НИОКР-групп (P) вносит оценка эффективности коммуникации, коэффициент вклада которой составляет 0,43. На втором месте по уровню влияния на суммарную оценку с вкладом 0,22 находится оценка квалификации группы.

4. В среднем оценки эффективности коммуникации в опрошенных группах имеют более низкий уровень (3.1) по сравнению с четырьмя другими оценками характеристик групп (в среднем — 4.1). В частности, очень низкий уровень наличия публикаций в журналах, индексируемых Scopus и Web of Science, и знакомства с иностранными учеными.

ГЛАВА 5. КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ В СЕБЯ ИННОВАЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ³⁰¹

В предыдущей главе были проведены исследования эффективности командной работы НИОКР-групп. При этом внимание обращалось, в основном, на взаимодействие ее членов между собой. Однако научные группы — неотъемлемая часть сложной социально-экономической системы, важными компонентами которой являются человеческий капитал, НИОКР деятельность, научно-технический прогресс, инновационная деятельность и т.д. В данной главе мы рассмотрим роль инноваций в расширенном контексте окружения.

5.1. Когнитивное моделирование взаимодействия инновационной деятельности со STEP-факторами на примере России

Для описания окружения инновационной деятельности удобнее всего использовать группу факторов, включающих в себя группы характеристик, обобщенно называемые STEP-факторами. Они включают в себя социальные, технологические, экономические и политические факторы (концепты).

Для изучения этой системы в данном разделе будет применен экономико-математический инструментальный нечеткого когнитивного моделирования тенденций и закономерностей социально-экономической (трудовой) деятельности людей на примере России. Авторами обосновывается, что *инновационный* прорыв во всех сферах общества способствует быстрому росту ВВП на душу населения и доли человеческого капитала в составе национального богатства.

В условиях приближающейся очередной технологической революции обоснование концепции многофакторного механизма формирования человеческого капитала, а также когнитивное моделирование механизма его действия обеспечивает потребности современной науки управления и управления инновациями, в частности, в построении системной модели синергетического взаимодействия инновационного, социально-трудового, стратегического и институционально-политического комплексов, влияющих на эффективность национальной экономики.

Цель исследования в данном разделе заключается в том, чтобы изучить системные возможности повышения ВВП на душу населения и эффективности использования че-

³⁰¹ Орехов В.Д. Разработка моделей и методов прогнозирования развития социально-экономических систем с учетом фактора человеческого капитала: монография / В. Д. Орехов. — Москва: Знание-М, 2022. — 207 с.

ловческого капитала на примере России на основе применения методологии когнитивного анализа.

5.1.1. Методика исследования

Как и большинство социально-экономических структур, система трудовой деятельности людей является слабоструктурированной. Поведение таких систем описывается, преимущественно, на качественном уровне. По этой причине моделирование их поведения при управленческих воздействиях с использованием традиционных методов, основанных на количественном описании либо статистическом наблюдении зависимостей, как правило, невозможно. Однако связи параметров модели могут быть ранжируемы на основании мнений экспертов. Это дает возможности измерения и оценки сложившихся устойчивых причинно-следственных связей и закономерностей трудовой деятельности людей с помощью инструментов когнитивного моделирования.

Построение нечеткой когнитивной карты (Fuzzy Cognitive Map — FCM)³⁰² формализует представление изучаемой системы, а моделирование альтернативных сценариев поведения системы при различных управляющих воздействиях позволяет получить прогнозные изменения. При исследовании слабоструктурированных систем приходится прибегать к субъективным моделям, основанным на информации, получаемой от экспертов и обрабатываемой с привлечением мышления, логики «здравого смысла», интуиции и эвристик, что определяет выбранный метод когнитивного моделирования для прогнозирования поведения сложной, слабоструктурированной системы трудовой деятельности людей.

В связи с используемой методикой исследования можно выделить следующие задачи (этапы) работы:

1. Сформировать список концептов (W), наиболее значимых для построения модели трудовой деятельности людей.
2. Для каждого концепта обосновать уровень его величины по отношению к максимально возможному.
3. Произвести обработку экспертной информации для определения парных причинно-следственных влияний концептов, позволяющих снизить степень субъективизма при установлении взаимодействия в нечетких множествах и построить когнитивную карту взаимодействий системы трудовой деятельности людей.
4. Провести статическое моделирование системных показателей когнитивной карты.
5. Выполнить динамическое моделирование поведения системы под воздействием импульсных управляющих факторов.

³⁰² Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2006). Труды 6-й Международной конференции под ред. З.К. Авдеевой, С.В. Ковриги. М.: Институт проблем управления РАН. — 2006.

Авторами использовалась для моделирования поведения системы трудовой деятельности людей в России экспертная система поддержки принятия решений «ИГЛА»³⁰³.

5.1.2. Определение ключевых факторов эффективной трудовой деятельности

Первый этап исследования — определение концептов, влияющих на трудовую деятельность. Предварительно список ключевых концептов (факторов) данной системы составлялся методом мозгового штурма, с привлечением экспертов. Систематизация факторов показала, что они хорошо структурируются по известному СТЭП-принципу (социальные, технологические, экономические, политические), характеризующему внешнее окружение. Их список приведен в таблице 5.1. В той же таблице указан начальный уровень концептов — L (в квартилях: 1 — низкий, 2 — средний, 3 — высокий).

Таблица 5.1. Выбранные концепты и их уровни

№	Факторы	L	№	Факторы	L
	Социальные факторы		12.	Изношенность основных фондов	3
1.	Человеческий капитал	2	13.	Макроэкономическая стабильность	2
2.	Уровень образования персонала	2			
3.	Стимулы к образованию	2	14.	Финансовые институты и рынки	1
4.	Деловое образование	2	15.	Расходы на науку	1
	Технологические факторы		16.	Глобализация	2
5.	Производительность труда	1	17.	Расходы на систему ВПО	1
6.	Инфраструктура	1	18.	Уровень безработицы	2
7.	Инновационная деятельность	1		Политические факторы	
8.	Научно-технический прогресс	2	19.	Стратегические программы	2
9.	НИОКР	2	20.	Межстрановые барьеры	2
	Экономические факторы		21.	Затраты на обороноспособность	2
10.	ВВП на душу населения	2	22.	Институты социально-трудовые	2
11.	Природные ресурсы	3			

Из таблицы 5.1 видно, что представленные факторы охватывают значительную часть аспектов социально-экономического развития страны с акцентом на производственную и трудовую деятельность. В явном виде отсутствуют факторы здравоохранения, однако они в значительной мере включены в концепт социально-трудовые институты.

³⁰³ Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагереv, А.Г. Подвесовский // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября — 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия): Труды конференции. В 3-х т. Т. 3. — М.: ЛЕНАНД, 2008. — С. 329–336.

Далее будут рассмотрены более подробно концепты данной системы по их состоянию в 2018 году в России, по отношению к уровню передовых развитых стран. Изменение сложившихся причинно-следственных связей концептов трудовой деятельности людей, влияние их на макрогенерацию (для России периода 2015–2018 гг.) проводилось с широким использованием «Индекса глобальной конкурентоспособности»³⁰⁴ (далее — индекс). Представленные в индексе оценки переведены в 5-балльную из 7-балльной шкалы умножением на 5/7. Также для оценок использовались данные, представленные в работах^{305, 306, 307} и др.

Социальные концепты

1. *Человеческий капитал (ЧК).* Доля ЧК в национальном богатстве России ниже среднего для мира и составляет примерно 50%³⁰⁸, что свидетельствует об актуальности его дальнейшего накопления. Соответственно, можно говорить о среднем уровне ЧК.

2. *Уровень образования персонала.* По уровню образованности населения Россия опережает страны с соответствующим уровнем душевых доходов. Доля граждан, имеющих третичное образование, в возрасте от 25 до 64 лет, составила — 58%³⁰⁹. С другой стороны, согласно индексу³¹⁰, параметр «Высшее образование и профессиональная переподготовка» оценивается в 3,6 балла по пятибалльной шкале, т.е. относительно низко. Одним из факторов такой оценки является то, что профессиональная подготовка в условиях слабого финансирования и высокой изношенности оборудования не в достаточной мере обеспечивает обучение работе с высокопроизводительной современной техникой. Будем считать фактор средним по уровню.

3. *Стимулы к образованию.* Почти 80% учащихся школ планируют поступить в вуз. Однако сами школьники не очень стремятся учиться, и в 9-м классе лишь 60% из них имеют интерес к учебе³¹¹. Таким образом, стимулы к образованию — средние.

4. *Деловое образование.* Сейчас в России действует около 50 школ бизнеса. Число обученных на программах MBA и EMBA в 22 ведущих школах бизнеса России за 2015 г. составило около 4500 человек. За 20 лет число выпускников MBA составило примерно 90 тыс. чел. Кроме того, около 100 тыс. человек обучилось в рамках Президентской про-

³⁰⁴ The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. URL: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018>.

³⁰⁵ Мировая глобализация. ICC Russia. 2018.

³⁰⁶ Стратегия инновационного развития России на период до 2020 года. Распоряж. Правительства РФ № 2227-р от 8 дек. 2011 г. URL: <http://minsvyaz.ru/common/upload/2227-pril.pdf>

³⁰⁷ Производительность труда в Российской Федерации. Аналитический центр при Правительстве РФ, Социальный бюллетень. № 9, 2017. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/13612.pdf>

³⁰⁸ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. — Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2013.

³⁰⁹ Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018. URL: https://www.hse.ru/data/2018/04/06/1164671180/Doklad_obrazovanie_Web.pdf

³¹⁰ The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum

³¹¹ Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018.

граммы подготовки кадров. Всего это около 2% управленцев, поэтому можно охарактеризовать уровень делового образования как ниже среднего.

Технологические концепты

5. *Производительность труда*. По словам премьер-министра России Дмитрия Медведева, производительность труда по итогам 2015 года ниже, чем в странах ОЭСР, вдвое. Она составила 23,2 \$/час. на работника в ценах 2010 года по ППС³¹². Такую производительность труда можно охарактеризовать как низкую.

6. *Инфраструктура*. Индекс дает этому параметру суммарную оценку — 3,5, из которых наиболее низко оценивается качество дорог — 2,1. В целом уровень можно оценить как низкий.

7. *Инновационная деятельность*. В целом «Инновационный потенциал» оценивается, согласно индексу, на 1,8, т.е. крайне низко. В настоящее время в России инновационные процессы оказывают слабое влияние на развитие национальной экономики. Отсутствие заинтересованности компаний в инновациях и низкие инвестиции в инновационную деятельность ведут к тому, что этот вид деятельности осуществляется на низком уровне.

8. *Научно-технический прогресс (НТП)*. Не носит в стране активного характера. Более быстро происходит в сферах, связанных с обороноспособностью страны, ядерными и ИТ-технологиями, а в остальных медленный. В целом НТП будем считать средним по уровню фактором.

9. *НИОКР*. Состояние науки в России после многих лет кризиса значительно ухудшилось, хотя численность научных кадров на душу населения одна из самых высоких в мире. Наиболее успешна научная деятельность в направлениях, связанных с военными разработками и ядерной техникой. В сумме качество науки будем считать средним.

Экономические концепты

10. *ВВП на душу населения* по ППС составил в 2017 году в долларах США, по данным МВФ³¹³: Россия — 27,8 тыс., Китай — 16,7 тыс., США — 59,5 тыс. Для работников важно, какую долю ВВП они получают в виде заработной платы. Согласно статистическим данным, по методике СНС доля оплаты труда в ВВП составила для РФ в 2016 году — 47,4%³¹⁴, что близко к ряду развитых стран Европы. Таким образом, величину ВВП на душу населения в России можно считать средней.

11. *Природные ресурсы*. Россия — одна из самых богатых по природным ресурсам стран. Существует разброс мнений об их стоимости. Так, в конце 2000 года, по оценке Всемирного банка, на природный капитал в России приходилось 24 трлн долл.³¹⁵ Соответственно, на каж-

³¹² Производительность труда в Российской Федерации. Аналитический центр при Правительстве РФ, Социальный бюллетень. № 9, 2017. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/13612.pdf>

³¹³ Википедия. Список стран по ВВП (ППС) на душу населения. 2018. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_ВВП_\(ППС\)_на_душу_населения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_ВВП_(ППС)_на_душу_населения)

³¹⁴ Соболев Э.Н. Оплата труда в системе социально-трудовых отношений: стереотипы и российские реалии. М., Институт экономики РАН. 2017. — 46 с.

³¹⁵ Нестеров Л. Национальное богатство и человеческий капитал//ВЭ, 2003, № 2.

дого жителя страны приходится 167 тыс. долл., что шестикратно превышает годовой ВВП на душу населения. Поэтому можно заключить, что Россия богата природными ресурсами.

12. *Изношенность основных фондов.* Степень износа основных фондов в РФ на 2014 год составила 48%³¹⁶. Изношенность основных фондов в России можно охарактеризовать как высокую.

13. *Макроэкономическая стабильность.* В соответствии с Индексом этот пункт имеет оценку 3,6, т.е. относительно высокую. Наибольший негативный вклад вносила инфляция в размере 7%, но сейчас она снизилась примерно до 5%. Рост цен на нефть до 75\$ за баррель позитивно сказывается на оценке этого фактора. Данный фактор будем принимать средним по величине.

14. *Финансовые институты и рынки.* Индекс оценивает этот концепт очень низко — 2,4. Действительно, доступ к кредитам очень сложный, и под высокий процент. Данный фактор будем оценивать как низкий.

15. *Расходы на науку.* В 2016 году инвестиции в науку составили 1,1% ВВП, или 37,3 млрд долл.³¹⁷ Для сравнения: в США — 503 млрд долл. (2,9%). Такой уровень затрат следует считать низким.

16. *Глобализация.* На сегодня абсолютное большинство новых технологий в мире (80%) производятся ТНК³¹⁸. Из 500 наиболее успешных фирм, действующих на мировом рынке, 203 являются американскими, 105 — европейскими, 109 — японскими и лишь 2 — российскими. Глобализация создает условия для активного проявления проблем, связанных с ресурсным богатством. Уровень — средний, негативный.

17. *Расходы на систему высшего профессионального образования (ВПО).* Важнейшим фактором, влияющим на уровень ВПО, является его финансирование. Расходы на ВПО в РФ составляют около 1% (на все виды образования — около 4%)^{319, 320}. Затраты на обучение одного студента составили 7424 долл. в год, что примерно вдвое ниже, чем в Великобритании и Японии, поэтому эти расходы будем считать низкими.

18. *Уровень безработицы.* Доля безработных в численности рабочей силы в 2015 году в России составила 5,6%, а в странах Европейского союза — 9,4%³²¹. В среднем в мире в 2017 году уровень безработицы составил 5,6%³²². Таким образом, уровень безработицы в России средний, фактор негативный.

³¹⁶ Производительность труда в Российской Федерации. Аналитический центр при Правительстве РФ, Социальный бюллетень. № 9, 2017. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/13612.pdf>

³¹⁷ Рейтинг стран мира по уровню расходов на НИОКР. Институт статистики UNESCO. 2018. URL: <http://gtmarket.ru/ratings/research-and-development-expenditure/info>

³¹⁸ Мировая глобализация. ICC Russia. 2018. URL: <http://www.iccwbo.ru/blog/2016/mirovaya-globalizatsiya-i-vzaimodeystvie-sovremenn/>

³¹⁹ Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018.

³²⁰ OECD «Education at a glance 2017. Расходы России на оборону приблизились к \$70 млрд. Известия.

³²¹ Россия и страны — члены Европейского союза, 2017: М., Стат. сб. / Росстат РФ, 2017.

³²² Опубликован доклад о количестве безработных в мире. РЕГНУМ, 2018. URL: <https://regnum.ru/news/economy/2370820.html>.

Политические концепты

19. *Стратегические программы.* До последнего времени в России действовала программа «Стратегия инновационного развития России на период до 2020 года»³²³. Велась разработка плана социально-экономического развития на следующий период — «Стратегия-2030». Однако в связи с эпидемией Covid-19 она была снята с повестки, как не учитывающая реальных обстоятельств. Правительство уделяет большое внимание стратегическому планированию. Однако уровень проработки стратегических планов умеренно высокий, поэтому, в сумме, уровень стратегических программ будем считать средним.

20. *Межстрановые барьеры* (получение знаний и технологий). Доступ к знаниям и технологиям недостаточный для реализации догоняющего развития. В настоящее время действуют различные санкции, которые усложняют доступ к знаниям и технологиям из лидирующих в науке стран мира. Однако в условиях развитых средств коммуникации и завершения эпохи однополярного мира эти барьеры, скорее, следует отнести к средним по величине, негативным.

21. *Затраты на обороноспособность.* Богатые природные ресурсы являются причиной того, что России приходится нести достаточно большие затраты на обеспечение обороноспособности, которые составили в 2017 году 5,3% ВВП, или 69,2 млрд долл.³²⁴ Для сравнения: США — 3,3% ВВП; 611 млрд долл. Эти «лишние» 2% затрат являются серьезным бременем. Но опыт двух мировых войн, в которых Россия потеряла десятки миллионов человек, не оставляет выбора. С другой стороны, области науки и техники, связанные с оборонной техникой, остаются в стране достаточно развитыми. Значимость фактора — средняя, негативный.

22. *Институты социально-трудовые.* Согласно индексу, качество институтов оценивается как низкое (оценка — 2,6). Однако в индексе речь идет об институтах, важных для бизнеса. В данной работе важны институты, обеспечивающие социально-трудовые отношения. К ним относятся институты, обеспечивающие: профессиональное образование, занятость, найм, увольнение и оплату труда сотрудников, пенсионное обеспечение. В России они достаточно развиты, поэтому будем считать концепт средним по уровню.

5.1.3. Когнитивное моделирование статического состояния системы

В процессе построения нечеткой когнитивной матрицы (FCM) были установлены и кодифицированы связи между концептами³²⁵. Был также определен их уровень с ис-

³²³ Стратегия инновационного развития России на период до 2020 года. Распоряж. Правительства РФ № 2227-р от 8 дек. 2011 г. URL: <http://minsvyaz.ru/common/upload/2227-pril.pdf>

³²⁴ Расходы России на оборону приблизились к \$70 млрд. Известия. — 2018. URL: <https://iz.ru/670905/alina-evstigneeva-aleksei-ramm/raskhody-rossii-na-oboronu-priblizilis-k-70-mlrd>

³²⁵ Мельник М.С., Орехов В.Д., Причина О.С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 3. С. 94–101.

пользованием шкалы: 1,0; 0,75; 0,5; 0,25; 0; –0,25; –0,5; –0,75; –1,0 (в квартилях: 4, 3, 2, 1, 0, –1, –2, –3, –4). С применением системы поддержки принятия решений «Интеллектуальный Генератор Лучших Альтернатив» — ИГЛА³²⁶, разработанной коллективом ученых³²⁷: Коростылева Д.А., Подвесовского А.Г., Лагерев Д.Г. Брянского государственного технического университета, построена нечеткая когнитивная матрица (табл. 5.2), представляющая собой установленные причинно-следственные связи между концептами³²⁸.

Таблица 5.2. Когнитивная матрица деятельности системы (квартили)

Воздействующие концепты	Концепты, на которые оказывается воздействие																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. Человеческий капитал										3												
2. Уровень образования персонала	3				3		2											-1				
3. Стимулы к образованию		3		2																		
4. Деловое образование					3		2															
5. Производительность труда										3												
6. Инфраструктура	1				3																	
7. Инновационная деятельность							3															
8. НТП					3														3			
9. НИОКР							3				1								1			
10. ВВП на душу населения						3						-3										2
11. Природные ресурсы										3												
12. Изношенность основных фондов			-3		-3					-3												
13. Макроэкономическая стабильн.							2							3				-2				3
14. Финансовые институты и рынки							3					-2										
15. Расходы на науку									3													
16. Глобализация						2	2													-2		
17. Расходы на систему ВПО		3																				
18. Уровень безработицы			2							-2												
19. Стратегические программы						2						-3			3		3					3
20. Межстрановые барьеры										-3						1						-3
21. Затраты на обороноспособность									2				3									
22. Институты социально-трудовые	3					2												-2				

³²⁶ Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А. СППР «ИГЛА» (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2018. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html>

³²⁷ Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерева, А.Г. Подвесовский // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября — 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия): Труды конференции. В 3-х т. Т. 3. — М.: ЛЕНАНД, 2008. — С. 329–336.

³²⁸ Prichina O., Piel H., Solodukha P., Orekhov V. Investigation of Managed External- and Intercoming Processes in Conditions of Global and Uncertainty. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development. С. 860–872. URL: http://soccongress.rgsu.net/netcat_files/261/472/Book_of_Proceedings_esdMoscow2018.pdf

Анализ матрицы когнитивного диссонанса (табл. 5.3), которая демонстрирует меру доверия к концептам FCM, показывает, что большинство воздействий характеризуется низким диссонансом.

На базе когнитивной карты была рассчитана матрица когнитивного диссонанса, которая представляет уровень недоверия к концептам FCM. Матрица показывает, что когнитивная карта характеризуется низким диссонансом, среднее значение которого равно 26%. Наибольший диссонанс влияния концептов на систему фиксируется по уровню безработицы — 65% и 62% по институтам социально-трудовым. Максимальный диссонанс влияния системы на концепты наблюдается среди образовательной группы, в частности уровень образования персонала — 47%, деловое образование — 51% и стимулы к образованию — 53%. В основном когнитивная карта обладает невысоким диссонансом. В противоположность диссонансу, консонанс демонстрирует уровень доверия к концептам.

Альфа-срезы на уровне отсечения 90% взаимного консонанса концептов представлены на рис. 5.1, а взаимного диссонанса — на рис. 5.2. Альфа-срез консонанса показывает взаимовлияние концептов, уровень консонанса для которых выше 90%, то есть очень высокий уровень доверия. Важно, что консонанс очень высокий для важнейших для данной системы концептов: стратегические программы, инновационная деятельность, НИОКР, НТП и др.

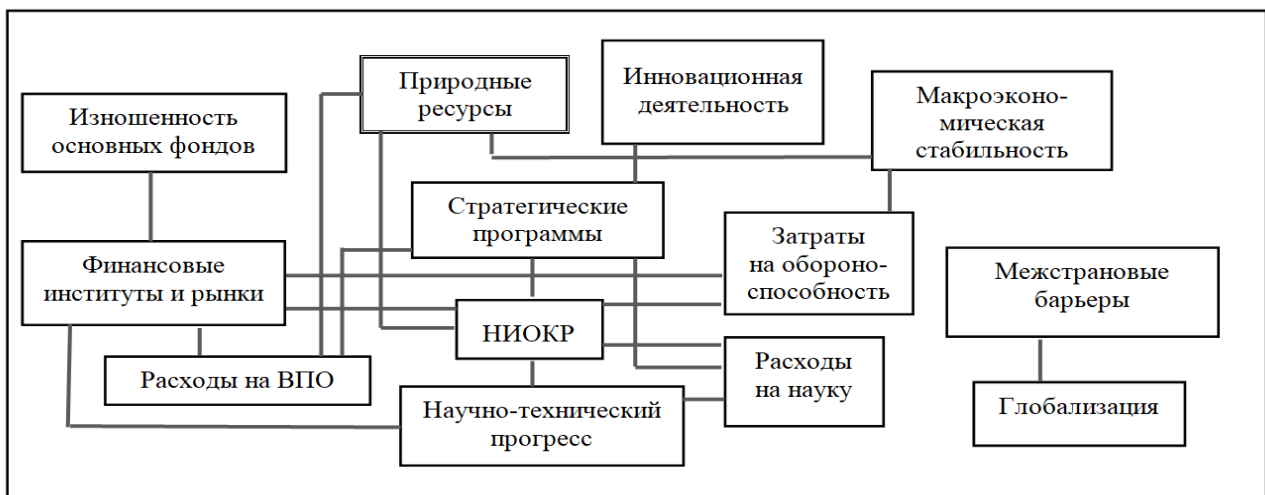


Рис. 5.1. Альфа-срез взаимного консонанса, уровень отсечения 90%

Альфа-срез диссонанса, наоборот, демонстрирует концепты, доверие к которым минимально, в рамках сформированной FCM. Из рис. 5.2 видно, что к этой группе относятся в основном не ключевые факторы или такие, воздействие на которые затруднено, например макроэкономическая стабильность или стимулы к образованию.

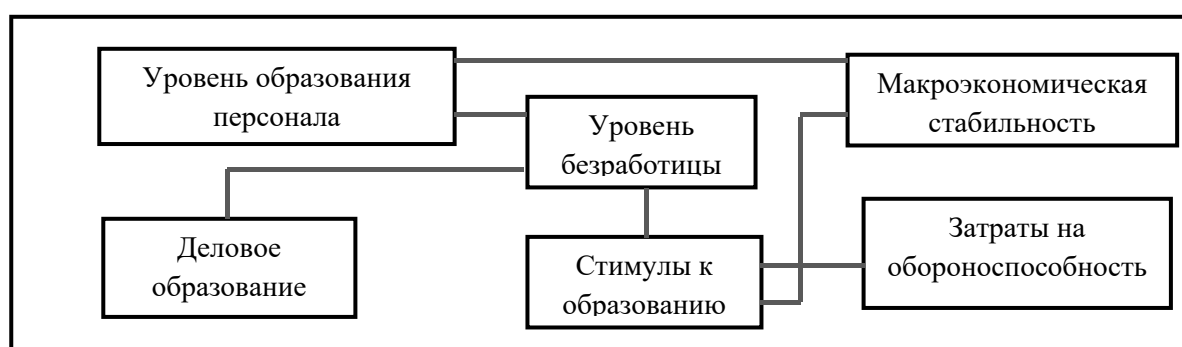


Рис. 5.2. Альфа-срез взаимного диссонанса концептов

Рассмотрение положительной транзитивно замкнутой матрицы (табл. 5.3) позволяет выявить экстремальные концепты. В наибольшей мере они влияют на концепты: стратегические программы — ср. = 36%, НТП — 31% и НИОКР — 28%. Наибольшее положительное влияние направлено на концепты: производительность труда — ср. = 47% и ВВП на душу населения — 45%. При этом средний уровень влияния по матрице составляет 22%.

Таблица 5.3. Положительная транзитивно замкнутая матрица (%)

	Концепты, на которые оказывается влияние																						
Влияющие концепты	Ср.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. Человеческий капитал	18	28	32	42	21	42	56	16	12	5	75	1	3	0	0	7	0	7	2	9	0	1	38
2. Уровень образования персонала	24	75	24	32	16	75	42	50	38	16	56	4	4	1	1	21	0	21	2	28	0	2	28
3. Стимулы к образованию	23	56	75	24	50	56	32	38	28	12	42	3	3	1	1	16	0	16	2	21	0	1	21
4. Деловое образование	22	21	24	32	16	75	42	50	38	16	56	4	2	1	1	21	0	21	1	28	0	2	28
5. Производительность труда	18	28	32	42	21	42	56	16	12	5	75	1	3	0	0	7	0	7	2	9	0	1	38
6. Инфраструктура	16	25	24	32	16	75	42	12	9	4	56	1	2	0	0	5	0	5	1	7	0	0	28
7. Инновационная деятельность	26	32	32	32	16	56	32	16	75	32	42	8	3	3	2	42	0	42	2	56	0	4	42
8. НТП	31	42	42	42	21	75	42	21	32	42	56	11	4	4	3	56	0	56	3	75	0	5	56
9. НИОКР	28	32	32	32	16	56	32	16	75	32	42	25	3	9	7	42	0	42	2	56	0	13	42
10. ВВП на душу населения	22	38	42	56	28	56	75	21	16	7	56	2	4	1	0	9	0	9	2	12	0	1	50
11. Природные ресурсы	25	28	32	42	21	42	56	21	19	25	75	6	3	38	28	11	0	11	2	14	0	50	38
12. Износ основных фондов	6	5	7	9	5	5	3	4	3	1	4	0	56	0	0	1	0	1	19	2	0	0	2
13. Макроэкономическая стабильн.	27	56	21	28	14	32	38	56	42	18	42	4	8	2	75	24	0	24	5	32	0	2	75
14. Финансовые институты и рынки	24	24	28	38	19	42	28	75	56	24	38	6	3	2	2	32	0	32	1	42	0	3	32
15. Расходы на науку	23	24	24	24	12	42	24	12	56	75	32	19	3	7	5	32	0	32	1	42	0	9	32
16. Глобализация	20	28	16	21	11	38	50	50	38	16	38	4	3	1	1	21	13	21	2	28	0	2	38
17. Расходы на систему ВПО	21	56	75	24	12	56	32	38	28	12	42	3	3	1	1	16	0	16	2	21	0	1	21
18. Уровень безработицы	15	28	38	50	25	28	16	19	14	6	21	1	38	1	0	8	0	8	13	11	0	1	11
19. Стратегические программы	36	56	56	56	28	56	50	28	42	56	56	14	6	5	4	75	0	75	4	32	0	7	75
20. Межстрановые барьеры	10	11	14	19	9	11	6	7	5	2	8	1	56	0	0	3	0	3	38	4	13	0	4
21. Затраты на обороноспособность	27	42	16	21	11	28	28	42	38	50	32	13	6	75	56	21	0	21	4	28	0	6	56
22. Институты социально-трудо	17	75	24	32	16	38	50	12	9	4	56	1	8	0	0	5	0	5	5	7	0	0	28
Среднее значение (ср.)	22	37	32	33	18	47	38	28	31	21	45	6	10	7	9	22	1	22	5	26	1	5	36

Альфа-срез взаимного влияния концептов представлен на рис. 5.3 (уровень отсе- чения 75%). Здесь отрицательные связи обозначены пунктирной линией, а взаимно-от- рицательные влияния показаны курсивом, в отличие от взаимно-положительных. Вза- имно-положительное влияние изучаемых СТЭП-групп на целевой фактор представляет собой систему сложившихся устойчивых макроэкономических взаимосвязей, определя- ющих меру увеличивающейся организованности — ВВП на душу населения.



Рис. 5.3. Схема взаимного влияния концептов FCM

Анализ рис. 5.3 дает возможность выделить основные узлы прямого влияния на це- левой концепт — ВВП на душу населения, а именно три взаимно-положительных и два взаимно-отрицательных. Среди них следующие:

- человеческий капитал (подфакторы: уровень образования персонала и институ- ты социально-трудовые);
- природные ресурсы;
- производительность труда (НТП, инфраструктура, деловое образование, изно- шенность основных фондов);
- изношенность основных фондов (стратегические программы);
- межстрановые барьеры получения знаний и технологий.

Узловые концепты, в принципе, могут быть изменены. Менее всего можно изме- нить природные ресурсы за счет развития новых технологий добычи, переработки и транспортировки. Также маловероятно изменение межстрановых барьеров.

Взаимно-положительное влияние (рис. 5.3) на «ВВП на душу населения», который является целевым показателем макроэкономической политики — взаимосвязанных от- ношений СТЭП-подсистем, характеризуется:

- целесообразностью функционирования, задающего активное направление для устойчивого роста системы управления макроэкономическими показателями: человеческим капиталом, ВВП на душу населения, научно-техническим прогрессом и др.;
- целостностью макроэкономической политики России, способной проявить себя как единое целое, обладающее набором общих свойств зависимости ВВП от развития макрорегистрации, не присущих ни одной из подсистем;
- групповым институциональным разнообразием, а значит, устойчивостью макроэкономического комплекса к временным кризисным циклам, что позволяет в дальнейшем прогнозировать увеличение темпов роста ВВП на душу населения;
- взаимосвязанностью и структурированностью.

Взаимно-отрицательные влияния на макроэкономическую динамику концептов трудовой деятельности (рис. 5.3) показывают нарушение диалектики приоритета частей и целого, в частности: рассогласованности поведения целого — макроэкономики (стратегические программы развития) и его частей — микроэкономики (высокий уровень изношенности основных фондов, приводящих к отраслевым кризисам). Это приводит к снижению производительности труда, а в конечном счете к эффективности производства и, следовательно, жизненного уровня.

5.1.4. Когнитивное моделирование динамического развития системы

«Общая сверхзадача всех россиян заключается в достижении мощного рывка в развитии страны в соответствии с приоритетными мировыми трендами», — считает Президент России³²⁹. Он отметил среди направлений, которые должен затронуть этот рывок, обеспечение темпов роста экономики России и придание ей инновационного характера, а также развитие здравоохранения, образования, производства и инфраструктуры. Задача подготовки и осуществления такого рывка крайне сложна³³⁰, поскольку требует учета влияния большого числа разнообразных факторов, некоторые из которых сложно считать однозначными.

Данная работа является продолжением представленных в предыдущем разделе исследований по разработке когнитивной модели прогнозирования развития системы социально-экономической деятельности на примере России³³¹. Поведение системы,

³²⁹ Путин назвал сверхзадачей россиян рывок в развитии страны. Информ. агентство России ТАСС. 31.01.2017. URL: <http://tass.ru/politika/4915051>

³³⁰ Экономический рывок может превратиться в «нырок». Независимая газета. 11 июня 2018 г. URL: http://www.ng.ru/economics/2018-03-20/1_7193_nurok.html

³³¹ Мельник М.С., Орехов В.Д., Причина О.С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 3. С. 94–101.

изученной в стационарном режиме (раздел 5.1.3) с учетом стоящих перед Россией задач, рассмотрим и в динамике. Хотя изначально задача ставилась в отношении трудовой деятельности, но из-за ключевой роли человеческого капитала она вобрала в себя большинство аспектов, влияющих на социально-экономическое развитие страны, которые были отмечены в речи Президента России.

Для эффективного применения разрабатываемых решений по адаптации российского рынка труда к растущим требованиям глобализации и неопределенности, определения параметров разрабатываемой стратегии авторами применен программно-целевой подход. Разработка альтернативных вариантов стратегических программ проведена посредством использования экономико-математического метода — технологии когнитивного моделирования. Представленные в разделе 5.1.3 исследования, как в рамках программно-целевого, так и в рамках органического подхода, позволили авторам выбрать список тех факторов, которые обеспечивают наибольшую эффективность решения задачи — достижение целевых параметров ВВП на душу населения (ВВП/Д).

В целом исследование управляемых экономических процессов базируется на подходах общей теории управления. В рамках управленческого алгоритма присутствуют следующие классические (идущие от методов научной организации труда) этапы:

1. Сбор информации (в нашем случае — формирование списка концептов, отражающих проблемную область фактического состояния социально-экономической системы в целом).

2. Комплексный анализ оценки собранных показателей с учетом взаимосвязанных (взаимозависимых) факторов макроэкономической динамики и принуждающих связей.

3. Построение системы сценарных альтернатив и их оценка (имеющийся опыт показал, что в системах поддержки принятия решений оптимально разрабатывать варианты развития стратегических сценариев и нестандартных управленческих решений с ориентацией на сохранение механизма функционирования социально-экономической системы).

4. Проведение ситуационного контроля за развитием процесса под задающим управляемым воздействием.

В разделах 5.1.2, 5.1.3 были выполнены первые два этапа полного цикла работ. В данном разделе более детально будут представлены результаты, полученные при динамическом моделировании развития системы с воздействием на систему управляющих концептов.

Целью исследования, выполненного в данном подразделе, является разработка когнитивной модели развития социально-экономической системы трудовой деятельности России и изучение на ее основе системных возможностей роста ВВП на душу населения путем осуществления рывка в темпах подъема экономики.

Поиск лучшего сценария развития системы

В качестве целевого параметра при динамическом моделировании развития системы был выбран ВВП/Д с целевым значением — высокий уровень. В качестве управ-

ляемых параметров использовались следующие концепты: активность инновационной деятельности, наличие стратегических программ, деловое образование и расходы на систему ВПО.

Алгоритм выбора лучшего сценария управленческого решения по целевой функции включал в себя³³²:

1. Задание случайного начального управленческого импульса, созданного управляющими концептами системы.
2. Расчет изменения значений всех концептов системы за каждый шаг по условному времени с учетом имеющихся сил связей системы.
3. Расчет изменения значений концептов системы в течение следующих 40 шагов условного времени развития системы.
4. Фиксация конечного состояния концептов системы.
5. Определение степени достижения целевого параметра в данной альтернативе.
6. Перебор альтернатив с различными начальными воздействиями.
7. Сравнение различных альтернатив по степени достижения целевого показателя и времени, за которое он достигнут.
8. Выбор наилучших альтернатив.
9. Фиксация параметров начального управленческого импульса для лучших альтернатив.
10. Выявление концептов начального управленческого импульса, которые наиболее быстро позволяют достигнуть целевого уровня.

В результате динамического моделирования были получены 255 недоминирующих альтернатив и выбраны две наилучшие: Альт. 167 и Альт. 63. Параметры управляющих концептов по результатам начального импульса данных альтернатив приведены в таблице 5.4. Видно, что альтернативы принципиально различаются по начальному импульсу управляющих концептов. Так, в Альт. 167 только концепт «стратегические программы» получает максимальный импульс, а в Альт. 63 — максимальны три управляющих концепта, а концепт делового образования даже уменьшается против своего начального значения. Но обе альтернативы стартуют с момента резкого увеличения уровня стратегических программ.

Так как при динамическом моделировании был задан только один целевой концепт (ВВП на душу населения), то нужно отследить, какого конечного уровня достигают другие концепты в процессе перехода системы на стационарный режим. Анализ показал, что большинство концептов достигают в стационарном режиме (шаг 12) значений, близких к желательным, в том числе такой важный, как человеческий капитал. На рис. 5.4 показано изменение управляющих и целевых концептов в Альт. 167.

³³² Солодуха П.В., Орехов В.Д., Селиванов С.В. Динамическое моделирование тенденций социально-экономического развития в сфере трудовой деятельности в России. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 4. С. 78–82.

Таблица 5.4. Параметры наилучших альтернатив

Управляющие концепты	Альт. 167	Альт. 63
Стратегические программы	Высокий	Высокий
Активность инновационной деятельности	Выше среднего	Высокий
Расходы на систему ВПО	Ниже среднего	Высокий
Деловое образование	Выше среднего	Очень низкий
Результат: ВВП на душу населения	100%	100%
Число шагов до достижения целевого уровня	10	10

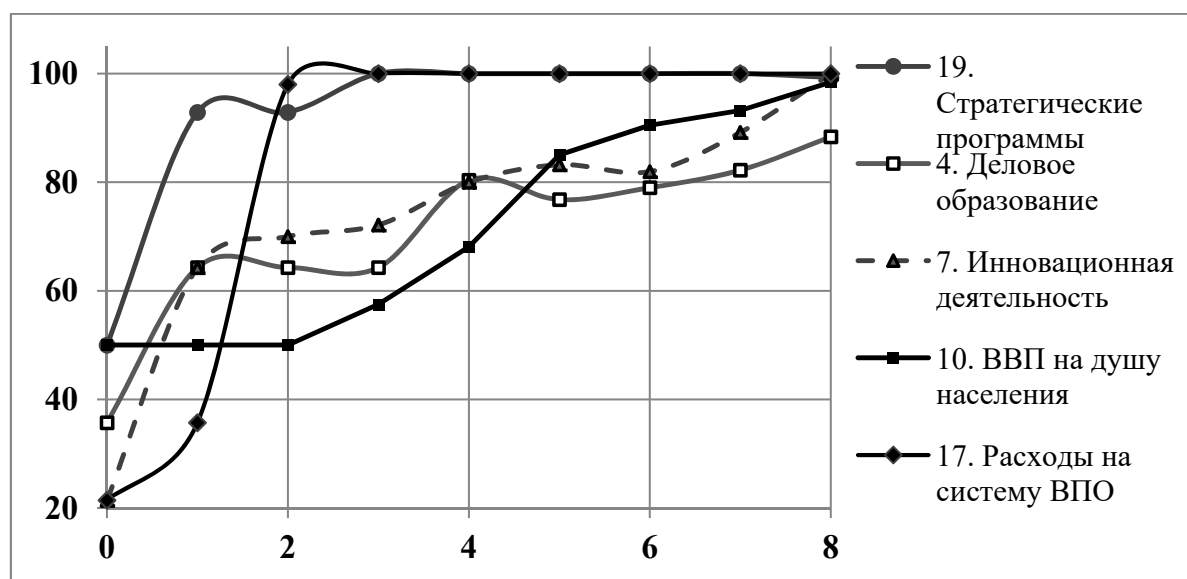


Рис. 5.4. Динамика управляющих и целевого концепта (Альт. 167)

Единственным исключением является деловое образование, которое в Альт. 63 сохраняет уровень «ниже среднего» (37%), а в Альт. 167 — 97%. Такая согласованность полученных результатов с желательным и реально возможным состоянием системы косвенно подтверждает корректность разработанной когнитивной матрицы.

Из концептов отрицательного влияния два значительно снижаются: безработица (до 17%) и изношенность основных фондов (до 13%). Межстрановые барьеры остаются на прежнем уровне (50%), а затраты на обороноспособность увеличиваются с 50% до 71%. Несколько параметров не достигают 100%-ного уровня, а именно: стимулы к образованию — 83%, инфраструктура — 64%, макроэкономическая стабильность — 83%, финансовые институты и рынки — 70%, что достаточно хорошо соответствует возможностям воздействия на эти концепты.

На первом шаге по условному времени значения концептов получают управляющий импульс и далее быстро происходит дальнейшее изменение управляющих концептов, а затем и рост ВВП/Д, который к 10-му шагу достигает целевого значения. На начальном этапе наиболее быстро растет величина концепта стратегических программ. Затем быстро возрастают расходы на систему ВПО, а следом — инновационная дея-

тельность. После трех шагов начинает быстро увеличиваться ВВП/Д. На рис. 5.5 дана динамика ряда важных концептов, которые связаны с производительностью труда (Альт. 167).

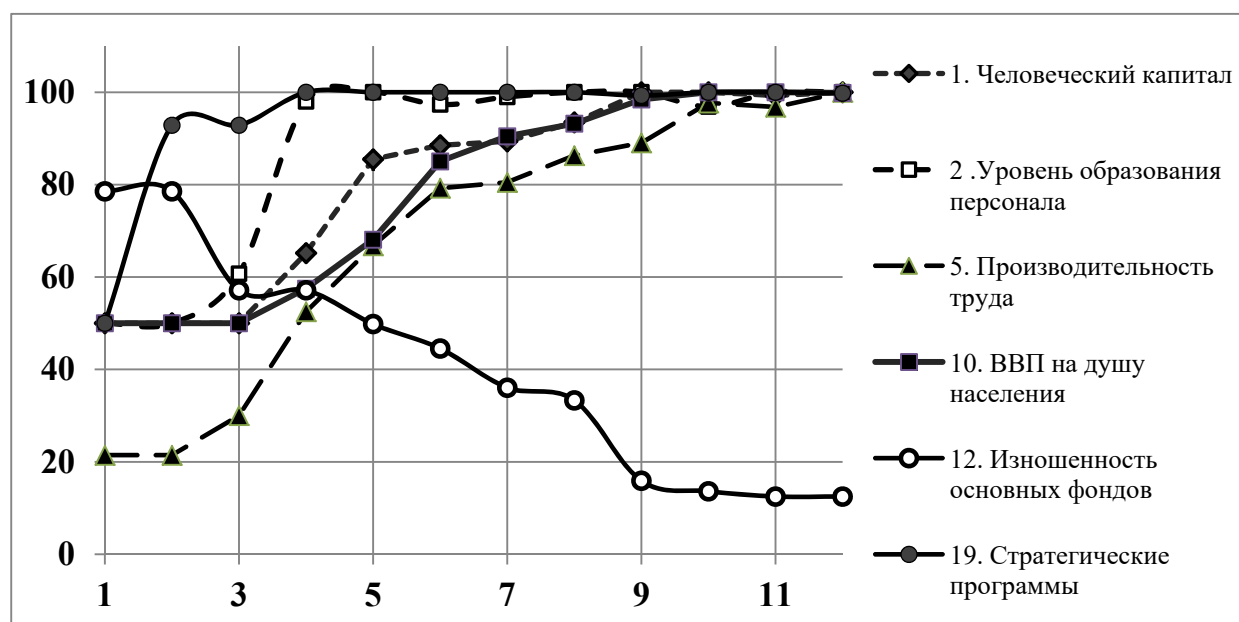


Рис. 5.5. Изменение основных параметров развития системы (Альт. 167)

Быстрее других происходит рост параметра, связанного со стратегическими программами, затем — уровень образования, далее — ЧК. Наиболее медленно растут ВВП/Д и производительность труда, при этом они растут приблизительно с той же скоростью, с которой снижается изношенность основных фондов (приблизительно на 30% за 4 шага условного времени). Таким образом, именно изношенность основных фондов в наибольшей мере может тормозить реализацию стратегических планов развития.

На рис. 5.6 представлена динамика ряда концептов в Альт. 167, связанных с НТП и социально-трудовыми отношениями. Наиболее быстро растут расходы на науку, за ними возрастает скорость роста концептов НИОКР и НТП. Более медленно растут концепты: стимулы к образованию и социально-трудовые институты, а уровень безработицы монотонно падает.

В Альт. 63, в отличие от Альт. 167, деловое образование не растет, а падает, и производительность труда растет более медленными темпами. Динамика остальных концептов примерно такая же, как и в Альт. 167, включая и рост ЧК и ВВП/Д.

Динамическое моделирование взаимодействия концептов показало, что лучшие варианты достижения целевого параметра (ВВП/Д — высокий) связаны с первоочередным развитием уровня стратегических программ. В числе первых необходимо развитие инновационной деятельности и развитие НИОКР, включая повышение расходов на науку. Оптимальный вариант развития достигается при комплексном воздействии управляющих факторов.

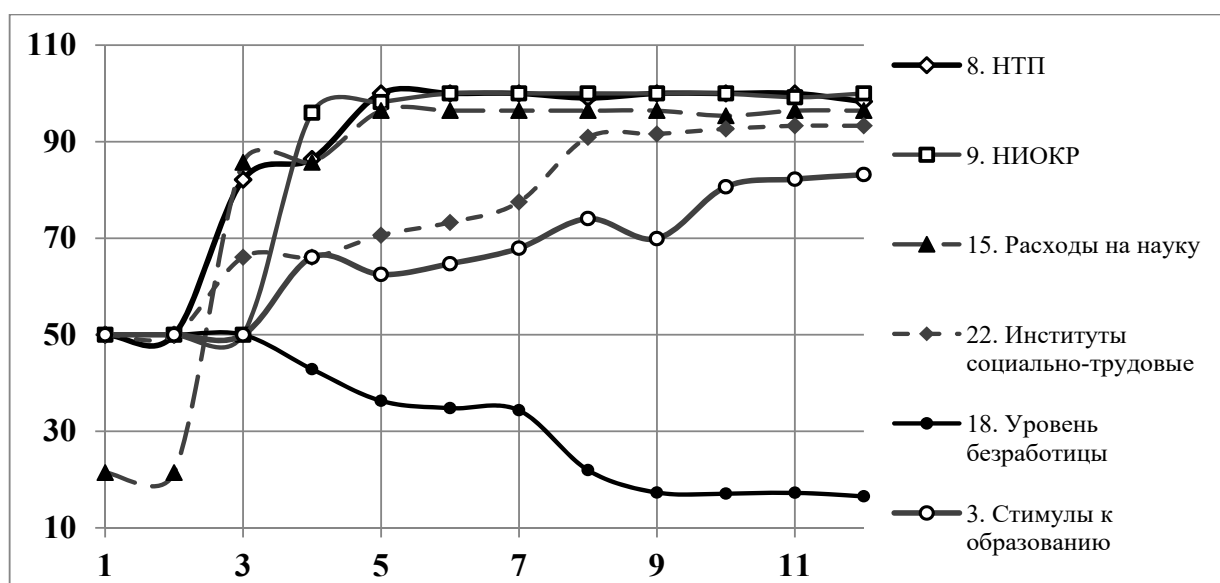


Рис. 5.6. Динамика социально-трудовых параметров и НТП (Альт. 167)

По мере реализации программы роста ВВП на душу населения критически важно обеспечить снижение уровня изношенности основных фондов.

Данные исследования проводились при достаточно сильном изменении управляющих факторов с тем, чтобы выявить ключевые параметры взаимодействия. В дальнейшем необходимо провести более тонкое моделирование системы трудовой деятельности людей, а также оценить влияние фактора нечеткости в когнитивной матрице для данного процесса.

Поскольку наилучший вариант характеризуется весьма значительным управляющим импульсом, который в реальности может быть очень затратным или невыполнимым, в данной работе были изучены и другие возможности управления социально-экономическим процессом. Для этого было рассмотрено поведение системы под воздействием отдельных управляющих импульсов.

5.1.5. Влияние отдельных управляющих концептов на динамику системы

Для выяснения того, как влияют отдельные управляющие концепты на целевой параметр, были проведены расчеты с той же когнитивной матрицей.

Управляющий концепт — «Инновационная деятельность»

На рис. 5.7 представлена динамика целевого фактора и группы концептов, которые потенциально могли быть управляющими, при использовании в качестве управляющего фактора «Инновационная деятельность». В начальный момент только этот концепт был импульсно увеличен с 20% до 50%. Видно, что после начального импульса потенциально управляющие концепты начинают быстро расти, а затем выходят «на полку»,

причем инновационная деятельность — на уровень 87%, деловое образование — 70%, а остальные стремятся к 100%.

Целевой концепт ВВП/Д при таком управляющем воздействии достигает 100% на 14-м шаге вместо 9-го, как при комплексном воздействии факторов. Отметим, что инновационная деятельность влияет, согласно когнитивной карте (таблица 5.2), только на НТП, а он, в свою очередь, влияет на стратегические программы. Далее уже стратегические программы воздействуют на весь комплекс концептов, включая производительность труда, и приводят к их росту и достижению целевого значения.

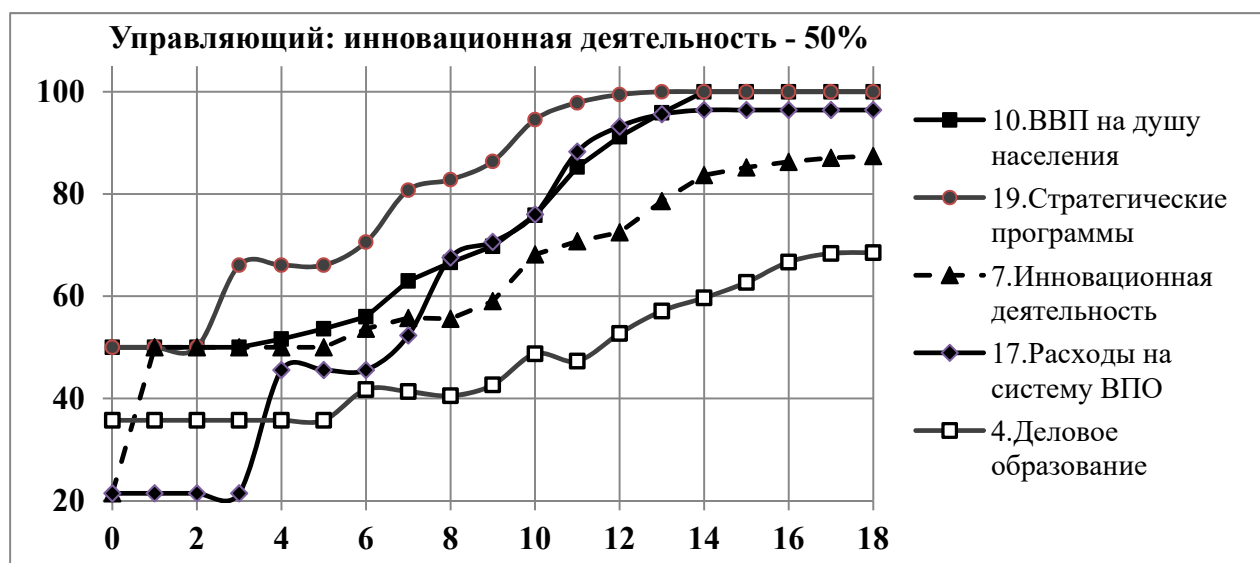


Рис. 5.7. Влияние инновационной деятельности на концепты системы

На рис. 5.8 представлено поведение концептов, связанных с производительностью труда, а на рис. 5.9 — связанных с НТП и социально-трудовыми отношениями при том же управляющем воздействии.

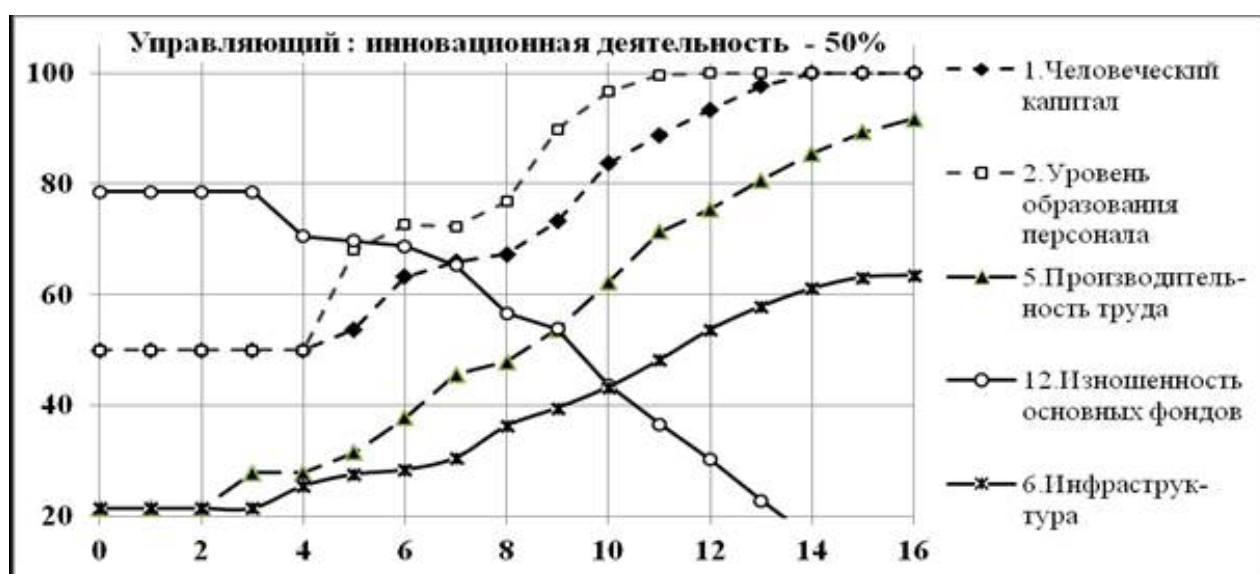


Рис. 5.8. Влияние инновационной деятельности на производительность труда

Видно, что из факторов, представленных на рис. 5.8, наиболее быстро, хотя и медленнее, чем при управляющем воздействии «Стратегические программы», реагирует на управляющее воздействие «Производительность труда». Далее можно отметить рост факторов «Изношенность основных фондов» и «Инфраструктура», увеличение «Уровня образования», а затем — «Человеческого капитала».

Из рассмотрения динамики факторов, представленных на рис. 5.9, следует, что наиболее быстро реагирует на управляющее воздействие НТП, а остальные концепты начинают изменяться примерно с четвертого шага, т.е. реагируют на динамику «Стратегических программ».

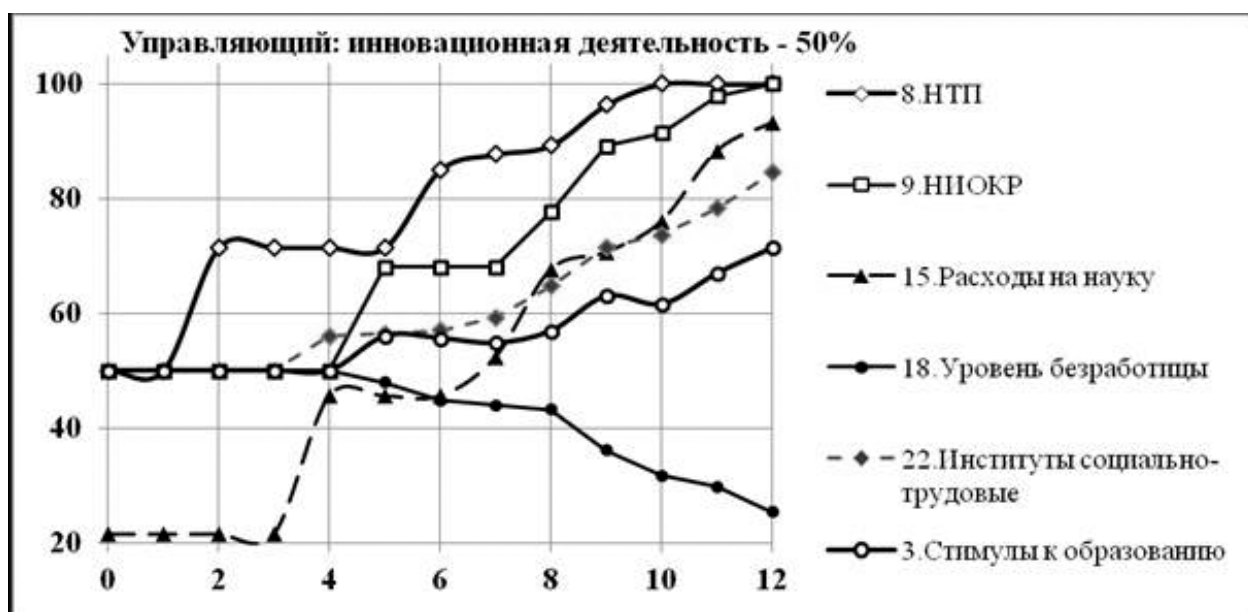


Рис. 5.9. Динамика концептов НТП и социально-трудовых отношений

Характерно, что динамика концептов в данном случае имеет скачкообразный характер, что связано с задержками прохождения управляющего импульса по сети концептов: «Инновационная деятельность» → НТП → «Стратегические программы» → и т.д.

Управляющие концепты образовательной группы

Под воздействием управляющего фактора «Деловое образование», управляющее воздействие которого заключается в росте с 36% до 50%, целевой фактор достигает целевого значения значительно медленнее — после 30-го шага. Изменение системы происходит более монотонно. Это, вероятно, связано с тем, что деловое образование непосредственно и сильно влияет на производительность труда, которая в свою очередь влияет на целевой параметр.

Под воздействием управляющего концепта «Расходы на систему ВПО» изменение также происходит достаточно медленно и целевое значение достигается вблизи 30-го шага по времени. Процесс изменения в данном случае также достаточно монотонный. При этом в данной системе расходы на ВПО влияют только на образование персонала, что приводит к росту производительности труда и, как следствие, ВВП на душу населения.

Управляющий концепт — «Стратегические программы»

На рис. 5.10, 5.11 представлена динамика системы, включая инновационную деятельность, под воздействием управляющего концепта «Стратегические программы».

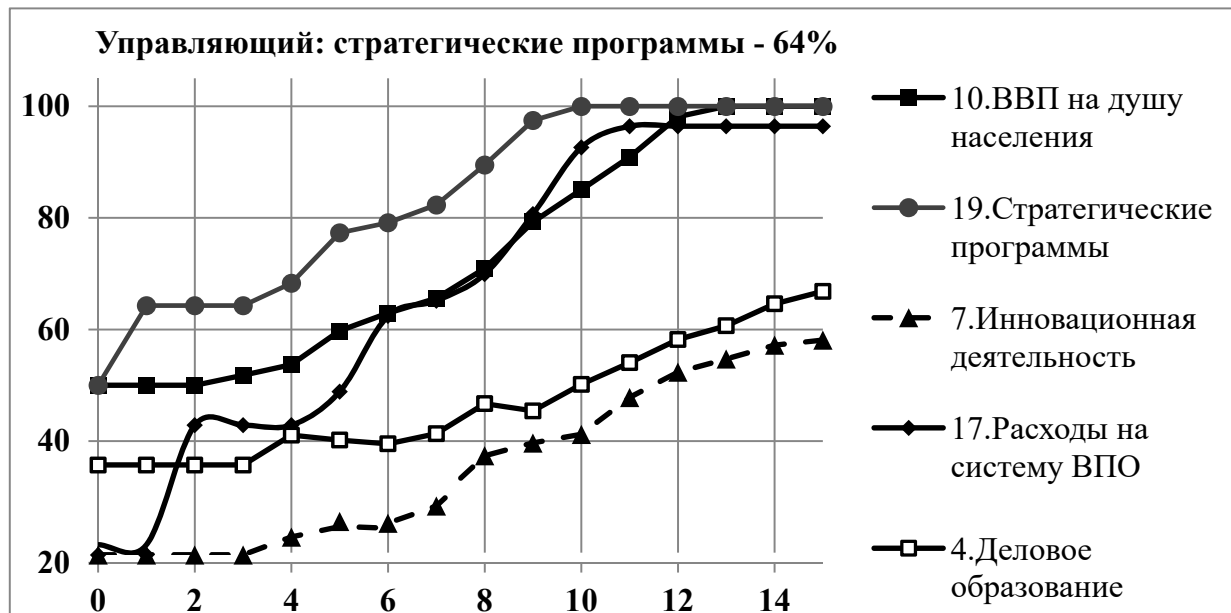


Рис. 5.10. Динамика целевого фактора и управляющей группы

В данном случае целевое значение достигается на 13-м шаге, то есть примерно так же быстро, как под воздействием управляющего концепта «Инновационная деятельность», и значительно быстрее, чем под воздействием управляющих концептов образовательной группы.

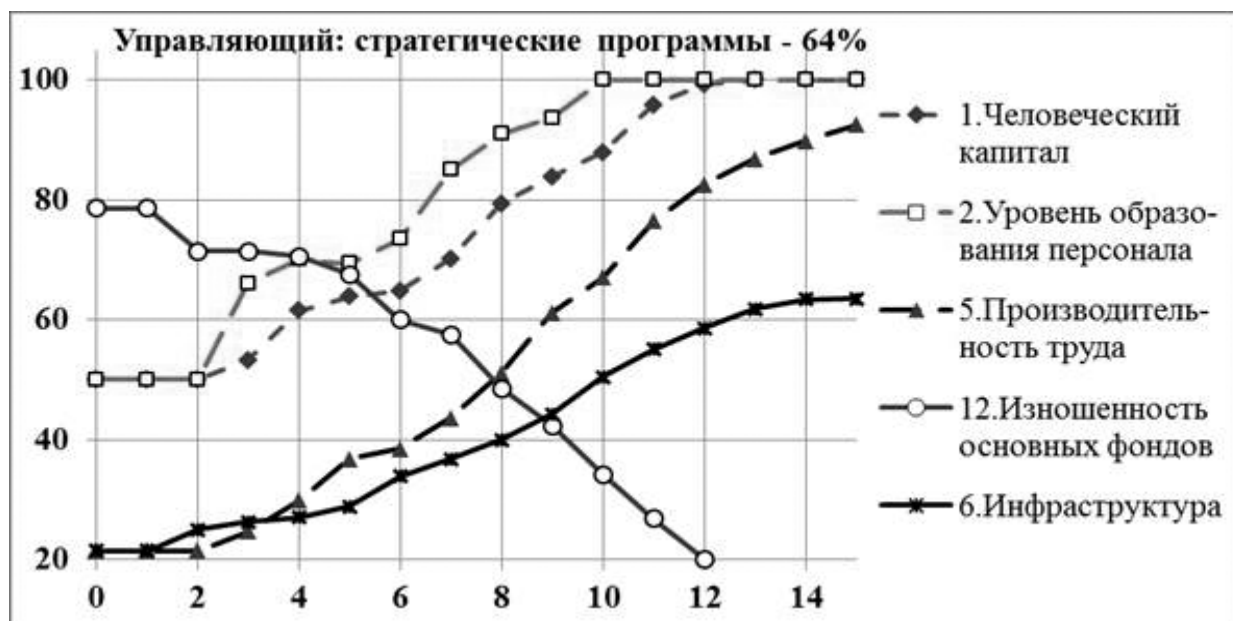


Рис. 5.11. Динамика концептов, связанных с производительностью труда

Характерно, что в этом случае управляющее воздействие концепта «Стратегические программы» составляет только 64% (начальное 50%), тогда как при комплексном воздействии оно очень высокое (92%). Тем не менее целевой результат достигается достаточно быстро.

Влияние интенсивности управляющего концепта «Инновационная деятельность» приведено на рис. 5.12.

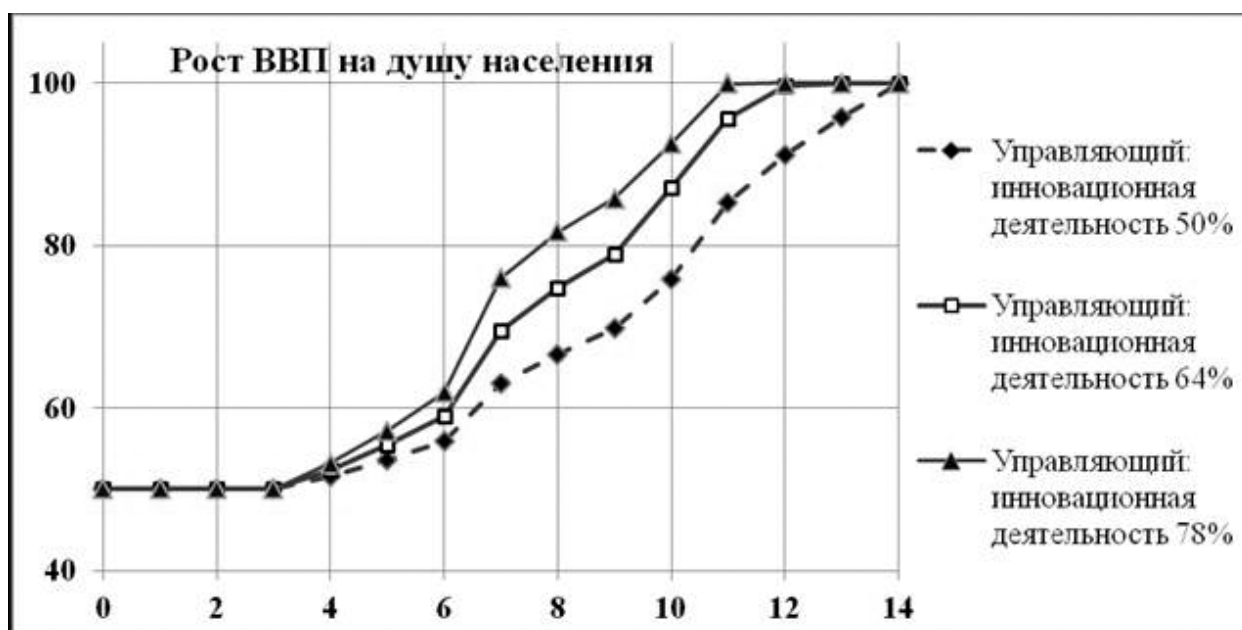


Рис. 5.12. Влияние интенсивности инновационной деятельности

Видно, что увеличение интенсивности на 14% приводит к ускорению достижения целевого концепта на 1–2 шага, т.е. на 10–15% по времени.

Сравнение воздействия отдельных управляющих факторов и оптимального комплексного воздействия (Альт. 167) представлено на рис. 5.13. Как видно, комплексное воздействие примерно на 3 шага быстрее позволяет достичь целевого фактора (ВВП/Д = 100%), однако при этом требуется значительно большее управляющее воздействие на систему.

В целом результаты динамического анализа социально-экономической системы показывают, что инновационная деятельность и стратегические программы, как управляющие факторы, значительно быстрее влияют на достижение параметром ВВП на душу населения целевого уровня 100%, чем расходы на систему ВПО или деловое образование. При совместном воздействии четырех управляющих факторов наиболее быстро достигается целевой уровень, но это требует мощного управляющего воздействия: стратегические программы — 78%, инновационная деятельность — 64%, расходы на ВПО — 36%, деловое образование — 64%.

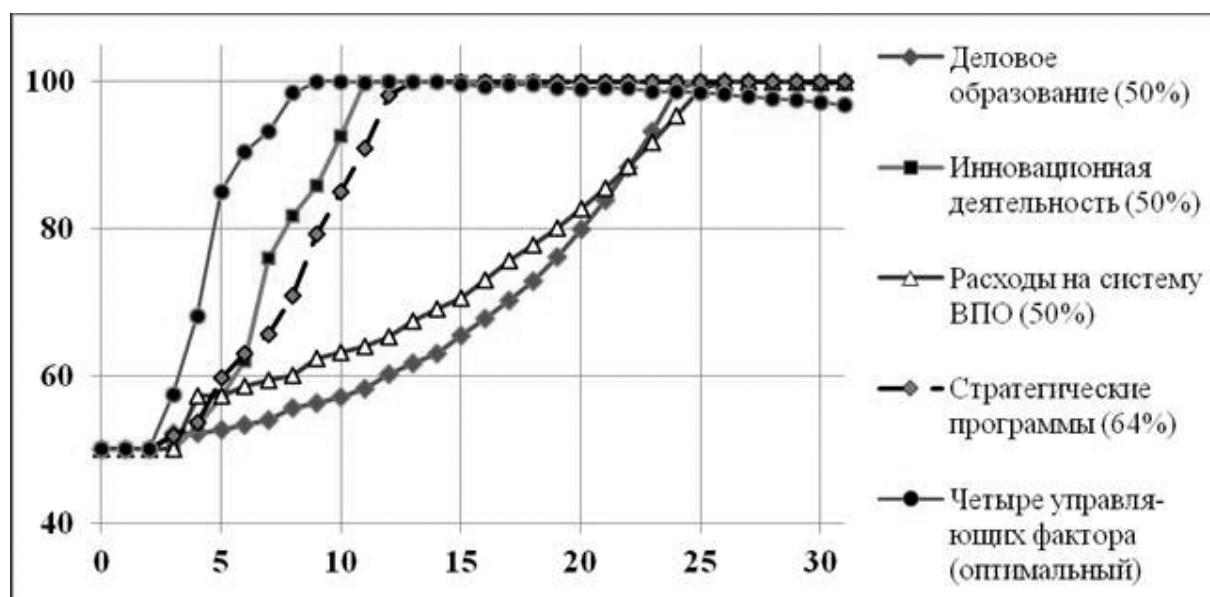


Рис. 5.13. Влияние разных управляющих воздействий на ВВП на душу населения

Обсуждение результатов

Было проведено исследование тенденций и закономерностей трудовой деятельности людей методом когнитивного моделирования. Показано, что слабоструктурированная система социальных, технологических, экономических и политических факторов достаточно сложна и включает в себя 22 концепта, из которых большинство относится к экономическим.

Одна из основных проблем, на решение которой было нацелено данное исследование, заключалась в выявлении причин несоответствия уровня ВВП на душу населения в России и образования персонала. Проведенное исследование показывает, что наибольшее отрицательное влияние на величину ВВП оказывают изношенность основных фондов и межстрановые барьеры получения знаний и технологий.

Анализ диссонанса когнитивной матрицы показал, что он имеет, в целом, не высокий уровень: 22%. Однако со стороны влияющих факторов (уровень безработицы и институты социально-трудовые) уровень диссонанса составляет ~ 61%, что требует в дальнейшем уточнения когнитивной матрицы.

Были выделены три взаимно-положительных узла прямого влияния на целевой фактор — ВВП на душу населения (человеческий капитал, природные ресурсы и производительность труда) и два взаимно-отрицательных (изношенность основных фондов и межстрановые барьеры). Система, в целом, оказывает наибольшее положительное влияние на концепты: производительность труда — 47% и ВВП — 45%; отрицательное — на изношенность основных фондов (41%), т.е. на целевой фактор и два узла прямого влияния на него.

Динамическое моделирование взаимодействия концептов показало, что лучшие варианты достижения целевого параметра (ВВП на душу населения — высокий) связаны с первоочередным развитием уровня стратегических программ. В числе первых не-

обходимо развитие инновационной деятельности и развитие НИОКР, включая повышение расходов на науку. Оптимальный вариант развития достигается при комплексном воздействии управляющих факторов.

По мере реализации программы роста ВВП на душу населения критически важно обеспечить снижение уровня изношенности основных фондов.

Данные исследования проводились при относительно сильном изменении управляющих факторов с тем, чтобы выявить ключевые параметры взаимодействия. В дальнейшем необходимо провести более тонкое моделирование системы трудовой деятельности людей, а также оценить влияние фактора нечеткости в когнитивной матрице для данного процесса.

5.2. Когнитивное моделирование управления эффективностью научного труда^{333, 334}

Как было показано выше, деятельность в сфере НИОКР является одним из важнейших ресурсов человеческого капитала, поскольку обогащает человеческий капитал наиболее квалифицированными кадрами и дает возможность для эффективного использования этого капитала по увеличению ВВП стран. Также было показано, что вклад специалистов в сфере НИОКР (R&D), в среднем, значительно больше, чем специалистов, имеющих только высшее образование.

Великий математик, один из инициаторов создания Академии наук в России Г. Лейбниц так определил цель науки: «Благодеяние человечеству, то есть преумножение всего, что полезно людям, но не ради того, чтобы затем предаваться безделью, а для поддержания добродетели и расширения знаний»³³⁵.

Начиная с XVII века наука (НИОКР) перестала выполнять только познавательную функцию и стала материальной основой практической деятельности людей. Роль науки существенно выросла после того, как примерно в середине 1930-х гг. ощутимо обозначились проявления научно-технической революции.

Но в будущем роль науки станет еще более незаменимой. Если в конце XX века рост человеческого капитала и, соответственно, производительности труда во многом происходил за счет увеличения доли высококвалифицированных специалистов, получавших высшее образование, то сейчас этот резерв уже исчерпывается. В этих условиях важнейшим резервом роста национального богатства станет наука.

³³³ Орехов В.Д. Разработка моделей и методов прогнозирования развития социально-экономических систем с учетом фактора человеческого капитала: монография / В.Д. Орехов. — Москва: Знание-М, 2022. — 207 с.

³³⁴ Shinkareva Olga V., Orekhov Viktor D., Soloduha Peter V., Prichina Olga S., Gizyatova Aliya Sh. Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume 9, Issue 13, Dec. 2018, pp. 303–317.

³³⁵ Роль науки в обществе. 2020. BioFile URL: <http://biofile.ru/bio/21289.html>

Научно-исследовательская деятельность представляет собой сложную систему когнитивных, экономических, социальных, производственных и других факторов, трансформирующихся и развивающихся в соответствии с протекающими одновременно общественными процессами.

В разделе 4.1 показано, что ВВП на душу населения различных стран экспоненциально зависит от среднего числа лет образования населения, а средний вклад специалиста в ВВП страны экспоненциально зависит от числа лет его образования, согласно формуле (4.1): $G_E = K 10^{PE}$.

Как показал R.M. Belbin, существуют значительные проблемы организации работы работников НИОКР. Поэтому в предыдущем разделе был рассмотрен вопрос организации эффективной работы команд научных специалистов, включая тех, кто занимается изобретательской деятельностью.

Еще одно направление повышения эффективности мыслительной деятельности связано с методами «критического мышления», противостояния «ловушкам сознания» и другими подходами к повышению производительности умственного труда, которые представляют собой целое научное направление³³⁶. В частности, Агентство стратегических инициатив (Россия) инициировало проект «Навыки будущего». В число этих навыков входят³³⁷: критическое мышление, креативное мышление, стратегическое мышление, системное мышление, коммуникация, кооперация, самоорганизация и саморегуляция.

Для того чтобы целостно проанализировать весь комплекс вопросов, связанных с эффективностью научного труда, в данной работе используется метод когнитивного моделирования³³⁸, о чем детально описано в разделе 5.1³³⁹.

Целью исследования в данном разделе является разработка когнитивной модели управления эффективностью научного и изобретательского труда.

5.2.1. Определение ключевых концептов НИОКР-деятельности

На начальном этапе работы был сформирован исходный список концептов (e_i), влияющих на научную эффективность, представленный в таблице 5.5. Также был определен их относительный уровень значимости (математическое ожидание) — M_i , который был оценен 14 экспертами, квалифицированными в данной сфере деятельности. Использовалась урезанная пятибалльная шкала с оценками: 2 — низкий уровень, 3 — средний,

³³⁶ Темпл Ч. Критическое мышление и критическая грамотность // Перемена. 2005. № 2. С. 15–20.

³³⁷ Навыки будущего. Агентство стратегических инициатив, 2020. URL: https://asi.ru/future_skills/

³³⁸ Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А.А. Кулинич // Проблемы управления. 2010. № 3.

³³⁹ Prichina O., Piel H., Solodukha P., Orekhov V. Investigation of Managed External- and Intercoming Processes in Conditions of Global and Uncertainty. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development. С. 860–872. URL: http://soccongress.rgsu.net/netcat_files/261/472/Book_of_Proceedings_esdMoscow2018.pdf

4 — высокий. В таблице 5.5 также представлены значения стандартного отклонения — S_i для каждого концепта.

Таблица 5.5. Исходный список концептов, влияющих на научную эффективность

i	Концепт, группа (e _i)	M _i	S _i (E _i)
	Индивидуальные концепты эффективности	3,3	
1.	Уровень образования специалиста	3,6	0,50
2.	Интеллектуальный уровень (IQ)	3,6	0,65
3.	Опыт специалиста	3,8	0,43
4.	Коммуникативные навыки, связи	3,5	0,65
5.	Знание иностранных языков	2,6	0,74
6.	Статус специалиста	2,5	0,65
7.	Компьютерные системы поддержки	3,4	0,63
	Критическое мышление и ловушки сознания	3,2	
8.	Наличие неправильных суждений в сознании	3,1	0,77
9.	Влияние ловушек сознания на мышление	3,2	0,70
10.	КМ повышает эффективность анализа знаний	3,6	0,50
11.	Эффективность алгоритмов КМ	2,9	0,86
12.	Повышение инновационности за счет КМ	3,2	0,70
13.	Умение выявлять проблемы	3,6	0,51
14.	Умение мыслить рефлексивно	3,2	0,58
15.	Умение противостоять ловушкам сознания	2,9	0,73
16.	Групповое выявление неточных суждений	3,2	0,80
	Позитивные концепты групповой работы	3,1	
17.	Согласованная общая цель деятельности	3,6	0,76
18.	Согласованность личных интересов	3,1	0,73
19.	Стимулы к сотрудничеству	3,0	0,68
20.	Наличие исполнителей ролей по Р.М. Белбину	2,7	0,47
21.	Атмосфера взаимопомощи и уважения	3,6	0,63
22.	Сформированность группы	3,0	0,78
23.	Разнообразие компетенций	3,4	0,51
24.	Бездоминантная организация работы	2,7	0,61
25.	Обучение групповой эффективной работе	3,0	0,55
	Негативные и нейтральные концепты	2,7	
26.	Лица, стремящиеся к доминированию в группе	3,1	0,66
27.	Недоверие к утверждениям других участников	2,9	0,73
28.	Различие личных целей и выгод участников	2,9	0,77
29.	Интеллектуальная собственность	2,4	0,65
30.	Воспитание обществом культуры лидерства	2,4	0,50
31.	Национальные различия культуры поведения	2,4	0,74
	Среднее значение	3,1	0,66

Для того чтобы эксперты могли согласованно оценивать состав системы концептов и их взаимовлияние, важно описать понимание основных из них.

Эффективность научной работы является основным целевым фактором в данном исследовании, и он определяется как величина вклада специалиста или группы специалистов в области НИОКР в ВВП страны.

Однако такой показатель весьма непросто количественно оценить, поскольку существует масса экстернальных эффектов³⁴⁰ научной работы, которые приводят к вкладу в доход смежных организаций. На уровне экспертизы измерение данного показателя для отрасли или другого объекта может быть осуществлено путем оценки уровня научных достижений в данной сфере с использованием модели, представленной на рис. 3.15.

Нередко для оценки эффективности научной работы используют показатель числа публикаций на миллион долларов затрат на НИОКР по ППС³⁴¹. По этому показателю Россия уступает только Франции и Великобритании и опережает США, Германию, Японию. Однако нельзя пренебрегать тем, что этот показатель более приемлем для оценки НИР и меньше учитывает достижения ОКР, поскольку не учитывает патентную активность. Для более корректной оценки результатов работы R&D-специалистов можно рассмотреть суммарный параметр публикуемых за рубежом статей и заявок на патенты, отнесенные к годовым инвестициям в НИОКР. Соответствующие данные показывают³⁴², что публикаций, индексируемых в WoS и Scopus, и патентных заявок, поданных в стране, на миллиард долларов ВВП по ППС в России выпускается за год в два раза меньше, чем в развитых странах Европы, что связано с низким уровнем инвестиций в НИОКР.

Уровень образования. Как отмечалось выше, это наиболее сильно системно влияющий на эффективность научной деятельности концепт, поскольку вклад в ВВП экспоненциально зависит от числа лет обучения — Е. По уровню образованности населения Россия находится в числе мировых лидеров³⁴³. С другой стороны, согласно Global Competitiveness Report³⁴⁴, параметр «Высшее образование и профессиональная переподготовка» оценивается в 3,6 балла по пятибалльной шкале, т.е. относительно низко. Одним из факторов такой оценки является то, что профессиональная подготовка в условиях высокой изношенности оборудования не в достаточной мере обеспечивает обучение

³⁴⁰ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. Проблемы экономики и юридической практики. № 2, 2017. С. 77–81.

³⁴¹ Производительность труда в России и в мире. М., Совет Федерации. Аналитический вестник № 29. 2016.

³⁴² Россия и страны — члены Европейского союза, 2017: М., Стат. сб. / Росстат РФ, 2017.

³⁴³ Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018. — С. 9.

³⁴⁴ The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. P. 248.

работе с высокопроизводительной современной техникой. Управлять данным фактором можно путем стимулирования людей с высоким уровнем образования на работу в сфере НИОКР. В настоящее время российские специалисты с высоким уровнем образования нередко предпочитают работать в бизнесе, а не в науке³⁴⁵.

Интеллектуальный уровень (IQ). Ясно, что интеллектуальный уровень важен для научной работы. У нобелевских лауреатов уровень IQ равен, в среднем, 136 баллам. Такой уровень имеет около 1% населения страны. Однако высокий IQ не является гарантией успеха в жизни или науке³⁴⁶.

Самоконтроль, воля. Существует ряд подходов для адекватной характеристики влияния интеллекта человека на результативность его деятельности, среди которых можно отметить концепцию эмоционального интеллекта³⁴⁷ или саморегуляцию в комплексе «навыков будущего» Агентства стратегических инициатив (АСИ). Однако применительно к научной деятельности целесообразно выбрать более понятный для оценки экспертами концепт «самоконтроль, воля»^{348, 349}.

Заблуждения в сознании. Данный фактор был выведен из основного списка, поскольку очень сложно оценивать то, что находится в неизвестном месте сознания. Тем не менее данный концепт важен для понимания важности критического мышления. У людей в сознании содержится большое число заблуждений, которые возникают по разнообразным причинам. Одна из них — устаревшие теории и неправильная трактовка экспериментов. Человек воспринимает информацию значительно быстрее, чем нужно времени, чтобы проверить ее, поэтому часто в сознании остаются сомнительные факты. В книге «Экономикс»³⁵⁰ приводится ряд примеров. В их числе — перенос свойств частного на общее, в ходе которого истинное утверждение становится неверным.

С точки зрения системного мышления, есть три фактора, которые могут служить причиной ошибочной интерпретации собственного опыта: регрессия, пренебрежение фактором времени и односторонняя трактовка событий³⁵¹.

Критическое мышление. Сложность выявления заблуждений связана с тем, что обычно они незаметны, пока вы не займетесь детальным анализом некоторой области

³⁴⁵ Светлов Н.М. Модель конкуренции науки и производства за интеллект // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы XVIII Всероссийского симпозиума. Москва, 11–12 апреля 2017 г. / Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН, 2017. С. 822–825.

³⁴⁶ Степанов С.С. Закат эры IQ. Мифы и тупики поп-психологии. — Дубна: Феникс+, 2006. 232 с.

³⁴⁷ Goleman D. Emotional intelligence. New York: Bantam Books, Inc., 1995.

³⁴⁸ Muraven, M., Shmueli, D., Burkley, E. Conserving self-control strength // Journal of Personality and Social Psychology. 2006. Vol. 91. P. 524–537.

³⁴⁹ Барабанов Д.Д. Развитие волевой регуляции студентов. М., МГУ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата психологических наук. 2015.

³⁵⁰ Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономика. М., Инфра-М, изд. 16, 2006 г. С. 12.

³⁵¹ O'Connor J, McDermott I. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers, 1997, p. 43.

своих знаний и ментальных моделей. И именно в этом случае важно использовать метод критического мышления. Critical thinking³⁵² — система суждений, которая используется для анализа событий с формулировкой обоснованных выводов и помогает выносить обоснованные оценки, интерпретации, корректно применять полученные результаты к ситуациям и проблемам.

Критическое мышление начинается с постановки вопросов и выяснения проблем, которые требуется решать. В основе многих определений критического мышления указывается на разумный, взвешенный подход к принятию сложных решений о поступках или ценностях. Несмотря на то что в основе критического мышления лежит независимое суждение личности, важно также использовать для правильного суждения продуктивный обмен мнениями.

Приведенные выше краткие описания роли ряда важных концептов в научной деятельности демонстрируют достаточно высокую сложность и неоднозначность их понимания. Поэтому их обсуждение в группе экспертов происходило итерационно, по мере согласования общих позиций.

Доработка списка концептов НИОКР-деятельности

По рекомендациям экспертов был добавлен ряд концептов, в частности, в блок индивидуальных факторов были введены: эффективность научной работы и оплата труда. В блок критического мышления введены концепты: инновационные методы мышления и обучение новым знаниям и навыкам. Была также сформирована новая группа факторов, связанных с воздействием внешнего окружения и управления НИОКР на уровне организации (таблица 5.6).

Таблица 5.6. Значимость и уровень концептов доработанного списка

Группа	№	Концепты	Значимость – М	Уровень для России – М	Значимость – S	Уровень для России – S
Измеримые концепты	1	Уровень образования	8,3	7,4	0,5	0,8
	2	Интеллектуальный уровень (IQ)	7,7	7,1	2,2	1,4
	3	Коммуникативные навыки, связи	7,2	6,0	1,5	2,2
	4	Знание иностранных языков	7,0	5,0	1,5	1,8
	5	Эффективность научной работы		5,8		1,1
	6	Оплата труда	7,3	4,0	2,2	1,2
	7	Компьютерная поддержка	8,2	6,3	1,0	1,3

³⁵² Temple C. Critical thinking and critical literacy. Change (Peremena), № 2, 2005, pp. 15–20.

Ментальные концепты	8	Самоконтроль, воля	8,1	6,0	1,8	1,8
	9	Обучение критическому мышлению	7,6	5,5	1,3	1,8
	10	Обучение новым знаниям и навыкам	7,3	6,1	1,3	1,4
	11	Инновационные методы мышления	7,4	5,6	1,2	1,5
	12	Умение выявлять и решать проблемы	7,7	5,5	1,6	1,1
	13	Умение мыслить системно	8,0	6,0	1,3	1,1
Внешнее воздействие	14	Финансирование и обеспечение ресурсами	8,2	4,6	0,8	1,3
	15	Спрос на научные разработки	8,4	4,6	0,9	1,4
	16	Стратегические программы развития	8,0	5,6	1,7	1,5
	17	Система поддержки НИОКР в компании	8,7	4,9	0,9	1,1
	18	Инновационная культура бизнеса	7,0	4,9	1,6	1,5
Групповая работа	19	Согласованная общая цель	7,3	5,7	1,7	1,7
	20	Психологический климат в группе	7,4	6,0	1,3	2,0
	21	Обучение командной работе	6,8	5,9	1,0	2,0
	22	Разнообразие компетенций	7,6	6,5	1,4	1,8
		Среднее значение	7,7	5,7	1,4	1,5

В ходе формирования когнитивной карты из списка концептов были исключены те, для которых сложно было найти связи в рамках данной системы. Затем повторно был проведен опрос экспертов по определению значимости концептов и их уровня для России. Во втором опросе использовалась 10-балльная шкала, обеспечивающая более мелкий шаг оценивания. Результаты опроса, в соответствии с доработанным списком (математическое ожидание — М и стандартное отклонение — S), даны в таблице 5.6.

5.2.2. Формирование и оценка когнитивной матрицы

В результате проведенных обсуждений была построена нечеткая когнитивная карта, которая представлена в таблице 5.7³⁵³ в виде когнитивной матрицы в квартилях ($3 = 0,75$, $2 = 0,5$, $1 = 0,25$, $-1 = -0,25$, $-2 = -0,5$, $-3 = -0,75$, где вторая цифра представляет силу связи в долях единицы). Для построения FCM использовалась СППР «ИГЛА»³⁵⁴.

³⁵³ Orekhov V., Ramanau R., Melnik M. (2018) Investigation of the Legislation of Control Effectiveness of Labor of Scientific Groups. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development, pp. 669–678.

³⁵⁴ Podvesovskii, A.G., Lagerev, D.G., Korostelev, D.A. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений // Вестник Брянского государственного технического университета, 2009, № 4 (24). С. 77–84.

Таблица 5.7. Когнитивная матрица эффективности научной деятельности

	Концепт, группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Образование (количество лет обучения)				1	3	1		1														
2	Интеллектуальный уровень (IQ)					1																	
3	Коммуникативные навыки, связи					2																	
4	Знание иностранных языков			2																			1
5	Эффективность научной работы						2							1			-2		1				
6	Оплата труда	3	1			1																	2
7	Компьютерная поддержка					2																	
8	Самоконтроль, воля					2														2			
9	Обучение критическому мышлению											2											
10	Инновационные методы мышления					1																	
11	Умение выявлять и решать проблемы					2																	
12	Умение мыслить системно					2																	
13	Финансирование и обеспечен. ресурсами					2	1									2	2						
14	Спрос на научные разработки	2		1										3			2						
15	Стратегические программы развития														3								
16	Переподготовка научных кадров	1			1					2	1	1	2										1
17	Система поддержки НИОКР в компании						1	1									3						
18	Инновационная культура бизнеса	1								1								2				1	
19	Согласованная общая цель					2													2				
20	Психологический климат в группе					1																	
21	Обучение командной работе			1																2	1		
22	Разнообразие компетенций					2																	

В таблице 5.8 представлены данные о консонансах влияния концептов на систему (КС) и системы на концепты (СК). При этом влияние СК определялось как сумма влияний всех концептов на данный, а влияние КС — как влияние концепта на все концепты системы. Жирным шрифтом выделены те концепты, консонанс влияния на которые со стороны ряда других концептов менее 50%. Видно, что для них влияние $СК < КС$.

Таблица 5.8. Консонансы влияния системы и концептов, %

Концепты	КС	СК	Концепты	КС	СК
Образование (количество лет обучения)	0,73	0,49	Умение мыслить системно	0,66	0,51
Интеллектуальный уровень	0,66	0,91	Финансирование и обеспечение ресурсами	0,64	0,92
Коммуникативные навыки, связи	0,66	0,36	Спрос на научные разработки	0,69	0,92
Знание иностранных языков	0,72	0,40	Стратегические программы развития	0,69	0,92
Эффективность научной работы	0,64	0,89	Переподготовка научных кадров	0,90	0,50
Оплата труда	0,74	0,91	Система поддержки НИОКР в компании	0,64	0,92
Компьютерная поддержка	0,66	0,93	Инновационная культура бизнеса	0,79	0,92
Самоконтроль, воля	0,71	0,51	Согласованная общая цель	0,68	0,73

Обучение критическому мышлению	0,68	0,19	Психологический климат в группе	0,66	0,92
Инновационные методы мышления	0,66	0,51	Обучение командной работе	0,70	0,92
Умение выявлять и решать проблемы	0,66	0,50	Разнообразие компетенций	0,66	0,48
Здесь КС — консонанс влияния концепта на систему, СК — консонанс влияния системы на концепт					

Анализ консонанса влияния показал, что в среднем он составляет 72%, то есть является достаточно высоким, и в целом матрице можно доверять. Однако для трех концептов (обучение критическому мышлению, коммуникативные навыки и знание иностранных языков) консонанс влияния на них значительно меньше 50%. Это происходит вследствие того, что связи, воздействующие на эти концепты со стороны других концептов системы, недостаточно сильны, как видно из когнитивной матрицы (таблица 5.6).

На рис. 5.14 приведен Альфа-срез консонанса влияния на уровне 90%. Из него видно, что важнейшими для консонанса концептами являются: система поддержки R&D в компании, инновационная культура бизнеса, согласованная общая цель и обучение командной работе (5–7 связей не менее 90% уровня с каждым узлом).

Однако для ряда концептов, прежде всего ментального блока (инновационные методы мышления, обучение критическому мышлению, умение мыслить системно, а также выявлять и решать проблемы и знание иностранных языков), получен консонанс ниже 90%. Это происходит вследствие того, что связи, воздействующие на эти концепты со стороны всей системы и других концептов, недостаточно сильны и многочисленны.

На рис. 5.15 представлен Альфа-срез взаимно-положительного влияния концептов на уровне 50%.

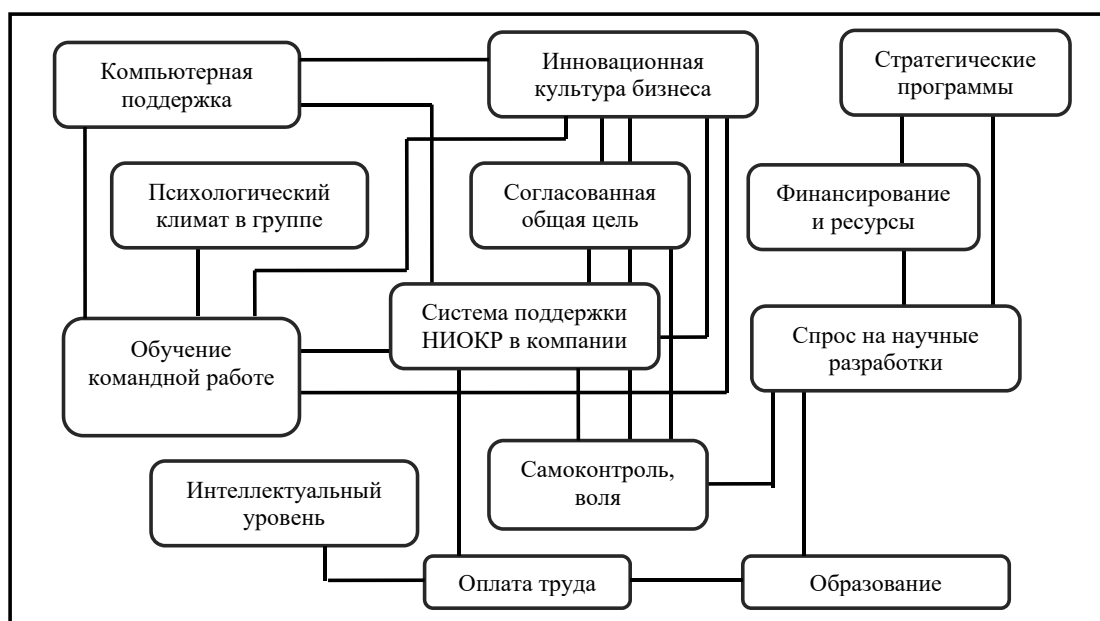


Рис. 5.14. Альфа-срез консонанса влияния на уровне 90%

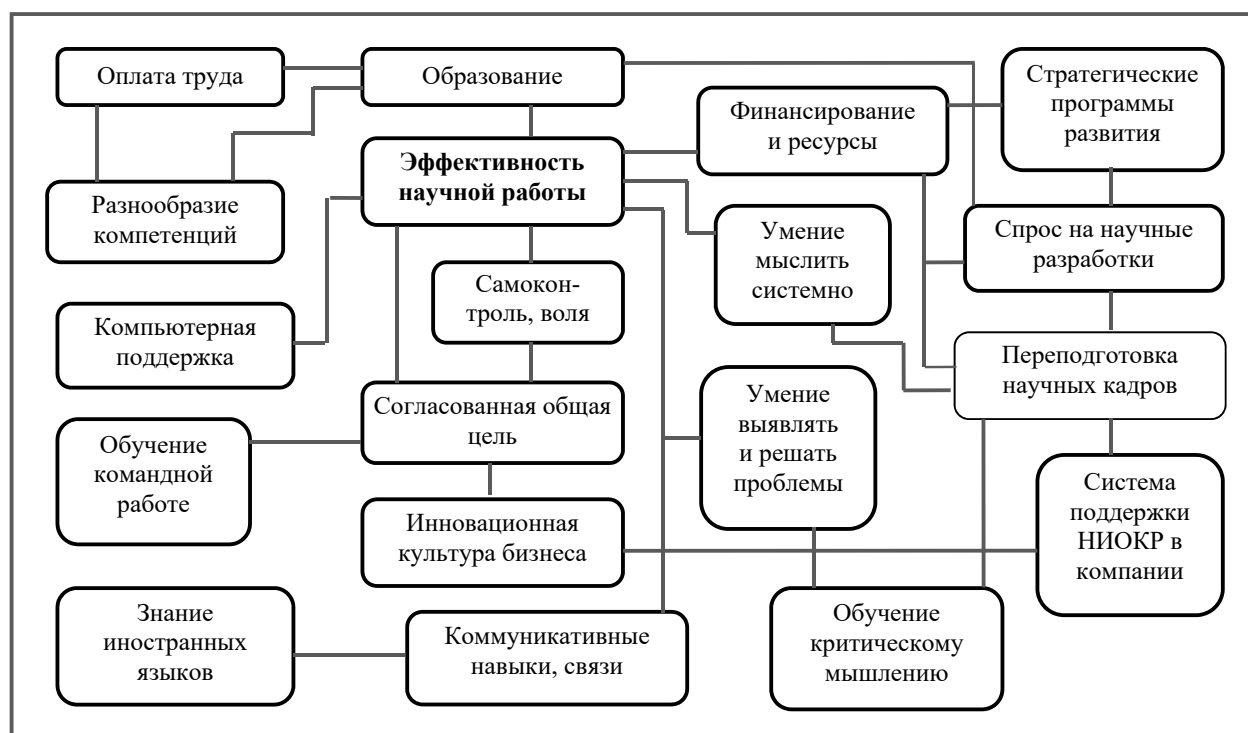


Рис. 5.15. Альфа-срез взаимно-положительного влияния на уровне 50%

В Альфа-срез вошло 19 из 22 концептов. Не вошли в Альфа-срез (меньшее влияние): «Интеллектуальный уровень», «Иновационные методы мышления» и «Психологический климат в группе». Именно эти концепты, согласно данной версии когнитивной матрицы (таблица 5.6), минимально влияют на целевой концепт. Видно, что основным узлом, на который направлено влияние других концептов, является целевой фактор: «Эффективность научной работы». Важными узлами воздействия на систему также являются: «Спрос на научные разработки», «Согласованная общая цель», «Образование», «Переподготовка научных кадров» и «Финансирование и ресурсы».

Таким образом, примерно половина узлов влияния на систему расположены в подсистеме «Внешнее воздействие», за исключением целевого концепта «Эффективность научной работы», заранее определенного в качестве важнейшего, а также концептов «Образование» и «Согласованная общая цель».

5.2.3. Моделирование динамического поведения системы

При динамическом моделировании развития системы в качестве целевого использовался концепт «Эффективность научной работы» с целевым уровнем — очень высокий (100%). В число управляющих параметров были включены концепты, которыми реально можно управлять: «Оплата труда», «Спрос на научные разработки», «Страте-

гические программы развития», «Переподготовка научных кадров», «Финансирование и ресурсы»³⁵⁵.

Начальные значения для большинства концептов равнялись среднему уровню — 50%. Для концептов: спрос на научные разработки, инновационная культура бизнеса, финансирование и обеспечение ресурсами, знание иностранных языков и оплата труда начальный уровень — 36%. Для концептов: образование, интеллектуальный уровень (IQ), компьютерная поддержка, самоконтроль/воля, инновационные методы мышления и разнообразие компетенций — 64%. Уровень начального импульса управляющих концептов (в основном применялись одиночные воздействия) выбирался минимальным — 14%. По мере необходимости он варьировался. На рис. 5.16 представлена динамика ряда концептов системы труда R&D-специалистов при использовании управляющего воздействия: «Оплата труда» (рост на 14%).

Видно, что «Эффективность научной работы» возрастает за 44 шага на 12,4%, при этом суммарно оплата труда возрастает на 24,7%. Одновременно быстро растут «Финансирование и обеспечение ресурсами» и «Стратегические программы развития», а также «Спрос на научные разработки» (с 36 до 83%). Медленнее всех (на 1–3%) растут «Психологический климат в группе», «Обучение командной работе» и «Компьютерная поддержка».

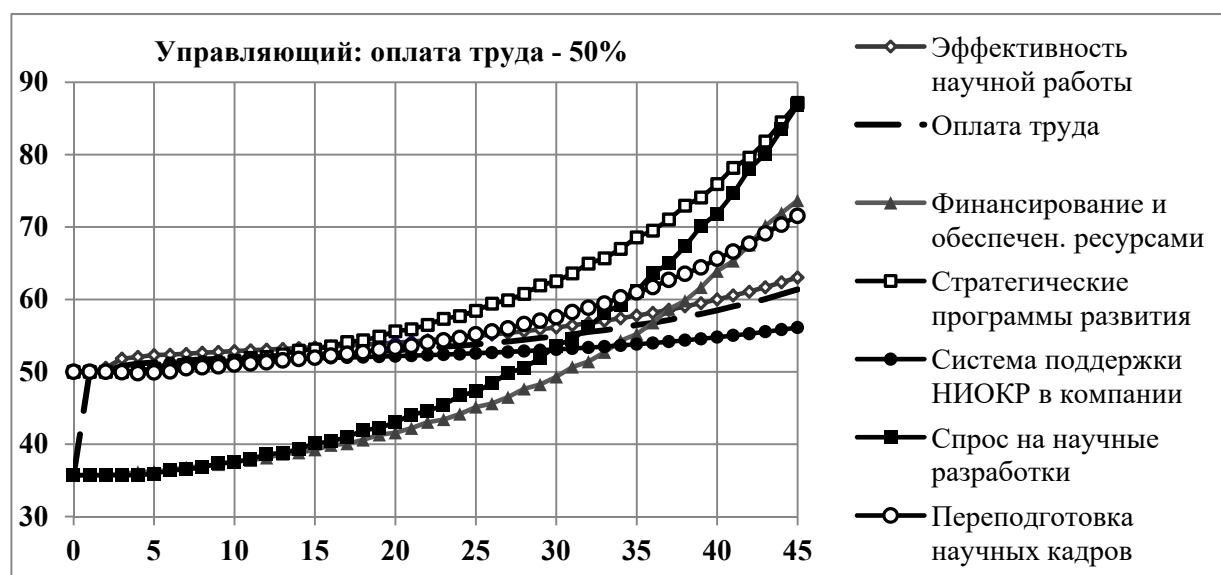


Рис. 5.16. Влияние оплаты труда на динамику системы R&D-труда

Ментальные концепты растут примерно на 10% за 44 шага («Умение мыслить системно» — на 19%). На рис. 5.17 представлена динамика концептов системы при использовании управляющего воздействия: «Спрос на научные разработки» (начальный

³⁵⁵ Shinkareva O., Orekhov V., Solodukha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, pp. 303–317.

импульс — 14%). При этом «Эффективность научной работы» возрастает за вдвое меньшее время (15 шагов) на 16%, то есть больше, чем в предыдущем варианте управления, примерно в полтора раза. Также можно отметить, что суммарно оплата труда возрастает значительно меньше — на 14%. Система изменяется примерно вдвое быстрее, и все параметры приобретают асимптотический характер изменения вскоре после того, как управляющий параметр достигает уровня 100%.

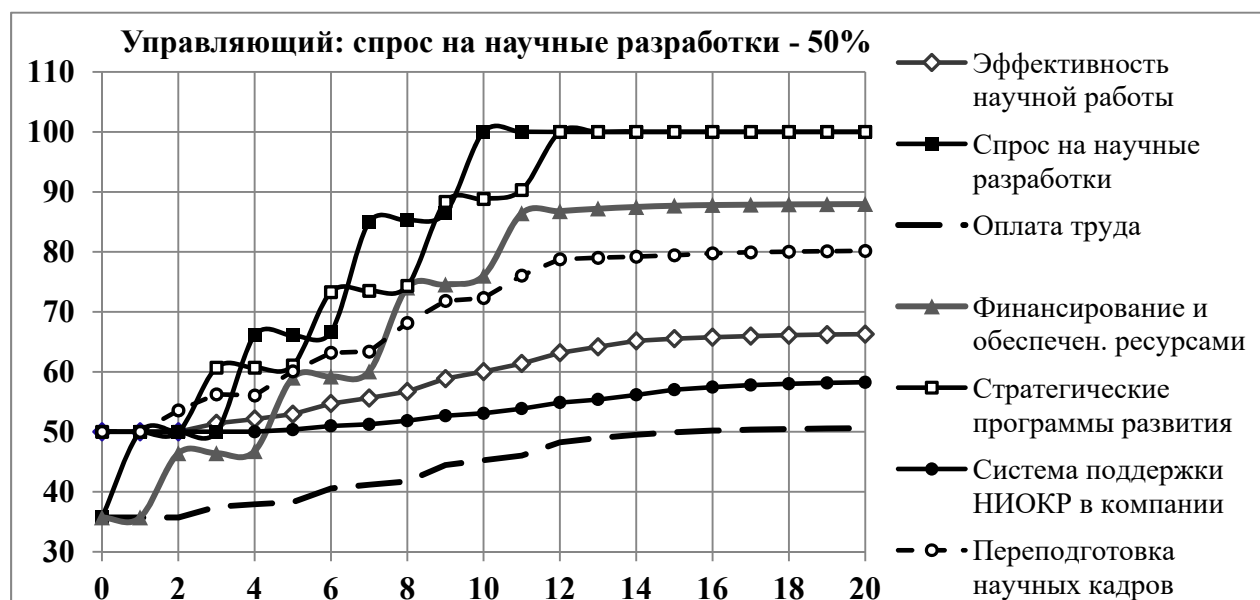


Рис. 5.17. Влияние спроса на научные разработки на динамику системы

Быстро растут «Финансирование и обеспечение ресурсами» и «Стратегические программы развития». Медленнее всех (на 2–4%) растут «Психологический климат в группе» и «Обучение командной работе». Рост ментальных концептов составляет порядка 15% («Умение мыслить системно» — на 30%). С точки зрения управления эффективностью научного труда данный вариант управления по всем параметрам лучше, чем рост оплаты труда.

На рис. 5.18 представлена динамика системы под воздействием «Стратегических программ развития» (начальный импульс — 14%).

При этом «Эффективность научной работы» возрастает за 14 шагов на 16%, как и в варианте роста спроса на научные исследования. Одновременно суммарно оплата труда возрастает на 15%. Система изменяется почти точно так же, как и в варианте «Спрос на научные исследования», но несколько более быстро.

Таким образом, из четырех вариантов управляющих воздействий было выявлено две пары подобного поведения системы, отличающиеся скоростью реакции на управляющее воздействие примерно вдвое. Основные результаты управленческих воздействий приведены в таблице 5.9.

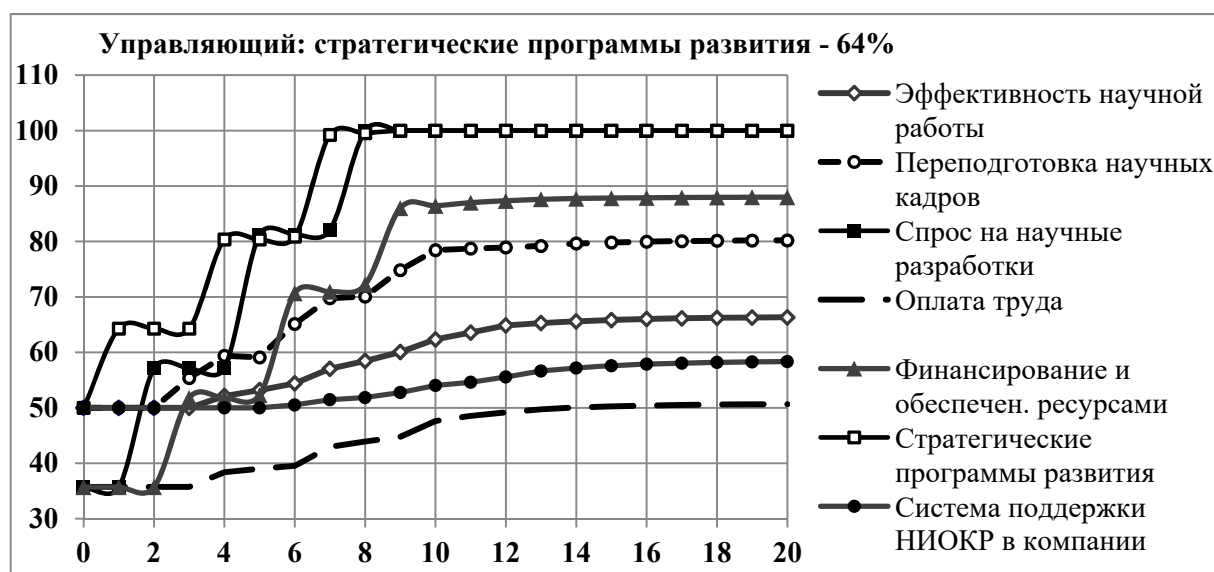


Рис. 5.18. Влияние стратегических программ развития на динамику системы

Таблица 5.9. Результаты управленческих воздействий на систему

Управляющий концепт	Управляющий импульс	Рост эффективности научной работы	Рост оплаты труда	Время реакции, шагов
Оплата труда	С 36 до 50%	12,4%	24,7%	44
Переподготовка научных кадров	С 50 до 64%	14%	11%	44
Спрос на научные разработки	С 36 до 50%	16%	14%	15
Стратегические программы развития	С 50 до 64%	16%	15%	14

Если соотнести изученные управляющие воздействия со схемой входа-выхода системы научного труда, можно определить, что «Стратегические программы развития» относятся к входу в данную систему, «Спрос на научные разработки» — к выходу, а два других управленческих воздействия нацелены непосредственно на систему. Таким образом, наиболее сильное воздействие на систему регистрируется на входе и выходе из нее, то есть на внешних условиях, а управление самой системой происходит более медленно.

Подводя итоги проведенных расчетов, можно рекомендовать лицам, принимающим решения, ориентироваться на варианты воздействий: «Спрос на научные разработки» и «Стратегические программы развития», хотя возможно и комплексное воздействие на управляемую систему³⁵⁶.

Было также выявлено, что наиболее медленно (на 1–3% за весь цикл) растут концепты «Психологический климат в группе» и «Обучение командной работе». Рост мен-

³⁵⁶ Shinkareva O., Orekhov V., Solodukha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, pp. 303–317.

тальных концептов составляет примерно 14%, что соответствует величине управляющего импульса и росту эффективности научной работы. Концепт «Умение мыслить системно» растет наиболее быстро — до 35%.

Выводы к главе 5

1. Разработана проблемно ориентированная система когнитивного моделирования альтернативных возможностей повышения ВВП на душу населения России и определения причин несоответствия между уровнем образования работников и величиной ВВП на душу населения страны. Полученная информация о закономерностях повышения эффективности R&D-труда позволяет ЛПП принимать обоснованные решения по управлению системой научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.

2. Динамическое моделирование системы позволило выбрать наилучшую комплексную программу развития, оказывающую положительное влияние на целевую функцию — величину ВВП на душу населения, в качестве управляющих параметров которой выступают активизация инновационной деятельности и совершенствование стратегических программ. В числе первоочередных мер развития рекомендуется: активизация инновационной деятельности и развитие НИОКР, включая повышение расходов на науку.

3. Наибольшую угрозу для реализации программы социально-экономического развития и роста ВВП на душу населения создает медленный темп обновления основных фондов. В частности, производительность труда и ВВП на душу населения растут примерно с таким же темпом, с которым уменьшается износ основных фондов.

4. Разработана проблемно ориентированная система когнитивного моделирования управленческих воздействий на повышение эффективности труда важнейшего сегмента человеческого капитала — НИОКР команд.

5. Основными проблемными зонами системы НИОКР-труда являются: «Спрос на научные разработки», «Финансирование и ресурсы» и «Оплата труда». Основными узлами воздействия на систему являются: «Согласованная общая цель», «Спрос на научные разработки», «Финансирование и ресурсы», «Образование» и «Переподготовка научных кадров».

6. Динамическое моделирование поведения системы показало, что воздействие на концепты «Стратегические программы развития» и «Спрос на научные разработки» позволяет реализовать прирост производительности труда в три раза быстрее, чем на «Оплату труда» и «Переподготовку научных кадров». «Оплата труда» оказалась наименее эффективным управленческим воздействием.

ГЛАВА 6. ОТДЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ В ОБЛАСТИ ИННОВАТИКИ

Как было показано выше (рис. 5.3), инновационная деятельность является элементом очень сложной социально-экономической системы, деятельность которой определяет производительность труда и благосостояние общества. Познание взаимосвязей между элементами этой системы возможно только на качественном уровне, в частности путем когнитивного моделирования. Однако можно более глубоко изучить некоторые важные взаимосвязи между компонентами этой системы, если не учитывать всю сложность различных связей. Именно таким вопросам будет посвящена данная глава. Такие исследования могут способствовать улучшению понимания парных взаимосвязей концептов и уточнению когнитивной матрицы деятельности системы типа таблицы 5.2.

6.1. Экстернальные эффекты и инновационная деятельность³⁵⁷

Инновационная деятельность относится к тем сферам, в которых могут генерироваться значительные экстернальные (внешние) эффекты.

Под экстерналиями (externalities) подразумеваются издержки или выгоды от рыночных сделок, не получившие отражения в ценах³⁵⁸. Они называются «внешними», так как касаются не только участвующих в данной операции экономических агентов, но и третьих субъектов. Так как экстерналии не находят отражения в рыночном механизме ценообразования, то они приводят к снижению эффективности его работы и к неоптимальному размещению благ в экономике.

Таким образом, экстерналии возникают в системе минимум трех взаимодействующих агентов, принципы ценообразования между которыми сложно сделать корректными.

6.1.1. Исследование экстернальных эффектов при взаимодействии инноватики и образования

Одним из важнейших факторов социально-экономического развития и расширенного воспроизводства человеческого капитала является образование. Поэтому для планирования этих процессов важно иметь корректную оценку отдачи от образования. Однако проведенные расчеты показывают значительную вариацию результатов: в Ве-

³⁵⁷ Каранашев А.Х., Блинникова А.В., Орехов В.Д. Исследование закономерностей возникновения экстернальных эффектов образования и их значимости для экономического развития. // Вестник Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова. 2021; 3. DOI: 10.29025/1994-7720-2021-3-143-156.

³⁵⁸ Экстерналия. Википедия. — 2022. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Экстерналия>

ликобритании в 80-е годы — 6,8–15,3%; в Китае в начале 1990-х годов — 4,8–12,2%; в России в середине 2000-х годов норма отдачи от образования составляла 7–8% за каждый дополнительный год обучения, что соответствует развитым странам³⁵⁹.

Вместе с тем образование кроме непосредственного эффекта дает еще и экстерналии (внешние) эффекты. Количественная оценка большинства этих эффектов для образования отсутствует. Как правило, экстерналии возникают, если существует развитый рынок одних благ и отсутствует — других, причем в производстве используется бесплатный ресурс³⁶⁰. Такая ситуация характерна для воспроизводства человеческого капитала, поскольку он в существенной мере формируется вне рыночных отношений. Существование экстерналий приводит к дефициту связанных с ними продуктов и перекосам в их инвестировании³⁶¹.

Одним из первых обратил внимание на наличие экстерналий в образовании английский экономист Томас Мальтус, который писал: «Образование принадлежит к числу тех благ, которыми может пользоваться каждый, не только не причиняя этим вреда другим, но, наоборот, доставляя им пользу. Я полагаю, что путем образования человек приобретает ту благородную гордость, тот здравый смысл и честный образ мыслей, которые способны удержать его от обременения общества семьей, если нет средств для ее прокормления; поведение такого человека служит примером для всех окружающих и содействует улучшению их положения, насколько это достижимо при посредстве индивидуального воздействия»³⁶².

В различных работах приводится много примеров экстерналий образования: повышение культурного уровня населения, снижение преступности, рост занятости, формирование профессиональных связей, повышение уровня здоровья, снижение социальной напряженности, рост знаний³⁶³ и ускорение научно-технического прогресса. С другой стороны, отмечается наличие высокого уровня неопределенности при количественной оценке национального экстерналии эффекта, связанного с образованием. Значительную неопределенность вносит в экономические отношения образования интеллектуальная компонента деятельности людей³⁶⁴.

В качестве примера оценки величины экстерналии эффекта нобелевский лауреат по экономике James Heckman³⁶⁵ приводит результаты следующего проекта: в штате

³⁵⁹ Лукьянова А. Л. Отдача от образования: что показывает метаанализ*: Препринт WP3/2010/03. — М.: Издательский дом Государственного университета — Высшей школы экономики. — 2010.

³⁶⁰ Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономика / Пер. 2-го англ. изд. — М.: Дело Лтд, 1995. — С. 236.

³⁶¹ Макконэлл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. Принципы, проблемы и политика / Пер. с 16-го англ. изд. — М. ИНФРА-М, 2006. — С. 687.

³⁶² Мальтус Т.Р. Опыт о законе народонаселения / Пер. с англ. — М.: И.О. Лашкевич и К, 1895.

³⁶³ Власов М.В., Попов Е.В. Экстерналии эффекты производства новых знаний. Вестник УГТУ-УПИ, 2006. № 7(78). С. 5–11.

³⁶⁴ Самсонова О.В. Проблемы управления образованием. Инвестиции в образование. Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск № 16. Сентябрь 2008 г.

³⁶⁵ James J. Heckman. Policies to foster human capital // Research in Economics. 2000. Vol. 54. P. 3–56.

Мичиган среди детей с отставанием в умственном развитии по IQ были случайным образом отобраны две группы детей в возрасте 4–5 лет для участия в Perry Pre-School Programme. Далее за экспериментальной и контрольной группами велось постоянное наблюдение. К возрасту 27 лет отдача составила 5,7 доллара на каждый вложенный доллар, по сравнению с контрольной группой³⁶⁶. Выпускники имели более высокую зарплату, но основную часть отдачи (65%) связывают со снижением уровня преступности. Отмечается, что подобные проекты способствуют удержанию учеников в школе и улучшению последующего их участия в трудовой деятельности, но в целом дают умеренный положительный эффект.

Прямым продуктом образовательной деятельности является также работа в сфере НИОКР³⁶⁷, которая дает обществу новые знания и технологии, непосредственно используемые в производственной деятельности. Это хорошо иллюстрирует модель влияния образования на экономическую динамику, представленная на рис. 3.15.

Поскольку данная сфера далеко не всегда имеет прямые контракты с образовательными учреждениями, то деятельность в области НИОКР можно отнести к важнейшим экстерналиям образовательной деятельности.

Таким образом, к экстерналиям образования относятся не только разнообразные социально-культурные аспекты развития общества, но и значительная доля технологического и производственного развития. И если оценивать количественно культурные аспекты крайне не просто, то технологическое развитие будет находить отражение в экономическом росте, включая ВВП и ВВП на душу населения.

Целью исследования, выполняемого в данном разделе, является определение количественного влияния инновационной деятельности, во взаимосвязи с образованием, через экстерналии на экономический рост.

6.1.2. Методика исследования зависимости ВВП от уровня образования

Ввиду сложности прямого измерения экстерналий в работе оценивается суммарный эффект экономического развития во взаимосвязи с ростом образования работников и на его основе оценивается экстернальный эффект. К концу второго тысячелетия доля человеческого капитала (ЧК) в национальном богатстве крупнейших экономик достигла 75–78% и имела тенденцию к дальнейшему росту. Это позволяет именно ЧК сделать сердцевинной прогностической модели для оценки динамики ВВП. Кроме того, есть компоненты физического капитала, пропорциональные ЧК, поскольку он создается работниками тем

³⁶⁶ Schweinhart L., Barnes H., Weikart D. (1993) Significant benefits: The High-Score Perry pre-school study through age 27. Ypsilanti, Michigan: High Scope Press.

³⁶⁷ Мелихов В.Ю. Формы экстерналий (внешних эффектов) образования. Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова, № 6, 2006. С. 226–230.

в большей мере, чем больше ЧК. С учетом этого с некоторой погрешностью можно считать, что весь прирост ВВП на душу населения (далее ВВП/Д или G/N) будет пропорционален удельному индексу человеческого капитала (ИНС) — $I_{\text{НС}}$ в соответствии с зависимостью:

$$G/N \approx 0,5 \cdot I_{\text{НС}} \cdot M_0 \cdot M_C \quad (6.1)$$

Здесь $M_0 = 200\,000$ междунар. долларов 2017 года — коэффициент, определяющий порядок величины G/N . Коэффициент 0,5 введен для того, чтобы в первом приближении отразить, что трудоспособное (25–64 года) занятое население составляет около половины граждан страны. Параметр M_C — коэффициент конверсии, который характеризует в этом уравнении особенности экономики конкретных стран, в том числе учитывает реальную долю работающего населения.

Большинство моделей человеческого капитала указывает на его связь с образованием, в частности с числом лет обучения³⁶⁸. Однако, с точки зрения величины человеческого капитала, год обучения в средней школе и в третичном образовании далеко не эквивалентны. Об этом, в частности, свидетельствует вывод, представленный в работах J. Mincer³⁶⁹, о том, что зарплата работника экспоненциально зависит от количества лет (Е) его образования $Y = Y_0 e^{RE}$ (функция доходов). Поэтому удельный индекс человеческого капитала определим с дифференциацией вклада в ВВП (6.1) специалистов с различным уровнем образования, согласно зависимости³⁷⁰:

$$I_{\text{НС}} = \sum K_i \cdot D_i \quad (6.2)$$

Здесь D_i — доля специалистов с уровнем образования — i среди населения в возрасте 25–64 года, а K_i — весовые коэффициенты вклада в $I_{\text{НС}}$ уровня образования — i . Для всех рассматриваемых стран набор K_i одинаков, причем для уровня бакалавра прием нормированную величину $K_i = 1$.

Будем принимать в учет пять образовательных уровней, согласно классификации ISCED 2011³⁷¹, представленных в таблице 6.1. Поскольку для расчетов мы будем использовать экономические характеристики развитых стран, то продолжительность обучения ориентирована на уровень этих стран.

В качестве уровня E_5 будем рассматривать не формальный образовательный уровень (8 — докторантура), а работников в сфере НИОКР, поскольку реальный вклад

³⁶⁸ Barro, R.J., Lee, J.W. (2001) International Data on Education and Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators. Washington: World Bank, 2005.

³⁶⁹ Mincer J. (1994) The Production of Human Capital and The Lifecycle of Earnings: Variations on a Theme. — Working Paper of the NBER, No 4838.

³⁷⁰ Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V., Panfilova E.A., Shchennikova E.S. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. Opción, Año 35, VE, Especial No.20 (2019): 2337–2365.

³⁷¹ International Standard Classification of Education ISCED 2011. UIS UNESCO. 2013. Montreal, Canada. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-ru.pdf>. Accessed: 11.04.2021.

в ВВП дает не формальное образование, а работа в области НИОКР, а количество таких специалистов в ряде стран значительно отличается от числа выпускников докторантуры. Поскольку мы приняли, что доля работников трудоспособного возраста приближенно составляет 50% от численности населения, то и доля специалистов НИОКР должна быть отнесена к 50% доли населения.

Таблица 6.1. Группы работников по уровню образования, ISCED 2011

Уровень	Название уровня образования	Е, лет обучения	ISCED 2011
E_1	Неполное среднее	8	1–2
E_2	Среднее образование	12	3–4
E_3	Среднее специальное	14	5
E_4	Высшее образование	17–18	6, 7
E_5	Научная деятельность	22	8

Для определения весовых коэффициентов K_i воспользуемся статистическими данными по крупнейшим экономикам, на которые меньше влияют различные случайные факторы. В частности, будем рассматривать восемь экономик: США, ЕС-23, Китай, Япония, Бразилия, Турция, Мексика, Индонезия. Образовательные характеристики этих стран представлены в таблице 6.2, применительно к 2017 году. Там же даны значения G/N в международных долларах 2017 года. Поскольку величины G/N и D_i подвержены небольшим отклонениям от монотонных значений, то для их сглаживания здесь взяты их осредненные значения за пять лет (2015–2019). В число этих экономик не включены Индия и Россия, поскольку предыдущие исследования³⁷² показали, что они значительно отклоняются от общих закономерностей.

Таблица 6.2. Характеристики рассматриваемых экономик

Название страны	$D_1, \%$	$D_2, \%$	$D_3, \%$	$D_4, \%$	$D_5, \%$	$G/N, K\$$
ЕС-23	19,1	46,3	5,4	28,4	0,80	42,7
США	9,4	44,3	11,0	34,4	0,88	60,3
Китай	53,9	30,0	7,9	7,9	0,26	14,4
Япония		47,5	20,8	30,6	1,07	40,6
Бразилия	48,9	34,1		16,8	0,18	14,6
Турция	55,5	19,3	5,4	19,6	0,25	27,6
Мексика	57,1	20,2	0,33	22,3	0,063	19,7
Индонезия	61,6	26,0	3,0	9,3	0,043	11,0

³⁷² Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V., Panfilova E.A., Shchennikova E.S. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. Opción, Año 35, VE, Especial No.20 (2019).

Будем определять K_i из условия минимума коэффициента вариации (CV) значений M_C для выбранных восьми экономик — $CV_8(M_C)$. Будем далее считать, что рост экономик в данной модели, которую будем называть ViC, происходит под влиянием следующих факторов:

- рост населения согласно среднему прогнозу ООН³⁷³;
- рост человеческого капитала на основе прогноза роста образования работников, согласно формулам (6.1), (6.2);
- рост числа научных работников, как основы технологического прогресса³⁷⁴. Коэффициент D_5 включен в число компонент индекса человеческого капитала (6.2);
- текущая величина ВВП/Д страны (G), как основной источник капиталовложений.

6.1.3. Зависимость ВВП на душу населения от образования

Для определения удельного индекса человеческого капитала I_{HC} необходимо найти оптимальные значения коэффициентов K_i . Можно взять в качестве начальных значений для K_i линейное распределение пропорционально количеству лет обучения. В этом случае коэффициент вариации величины M_C для восьми стран $CV_8(M_C) = 48\%$, что явно неприемлемо.

Далее будем варьировать K_i , вычислять значения I_{HC} и M_C и определять значения коэффициентов вариации — $CV(M_C)$ для исследуемых экономик. За оптимальные значения K_i примем те, которые обеспечивают минимум $CV_8(M_C)$ с точностью до 0,05%. Полученные расчетные значения оптимальных K_i , а также коэффициенты вариации для восьми и трех крупнейших экономик — $CV_3(M_C)$ и среднеарифметическое значение $M_C(M_8)$ приведены в таблице 6.3 применительно к образовательным характеристикам стран в 2017 году. В таблице 6.4 даны значения I_{HC} и M_C , полученные при оптимизации.

Таблица 6.3. Оптимальные K_i , коэффициенты вариации и M_8

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	$CV_8, \%$	M_8	$CV_3, \%$
0,001	0,003	0,50	1,0	20	15,9	0,863	11,6

Таблица 6.4. Значения параметров I_{HC} и M_C , полученные при вычислении K_i

	ЕС-23	США	Китай	Япония	Бразилия	Турция	Мексика	Индонезия	Среднее
$I_{HC}, \%$	47,3	57,6	17,2	62,5	20,6	27,4	23,9	11,8	
M_C	0,90	1,05	0,83	0,65	0,71	1,01	0,83	0,93	0,86

³⁷³ World Population Prospects 2019. United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019).

³⁷⁴ Prichina, O.S., Orekhov, V.D., Shchennikova E.S. World number of scientists in dynamic simulation for the past and the future. Economic and Social Development Book of Proceedings. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. P. 69–81.

За счет оптимизации удалось значительно уменьшить значения коэффициентов вариации. Их значения представлены на рис. 6.1.

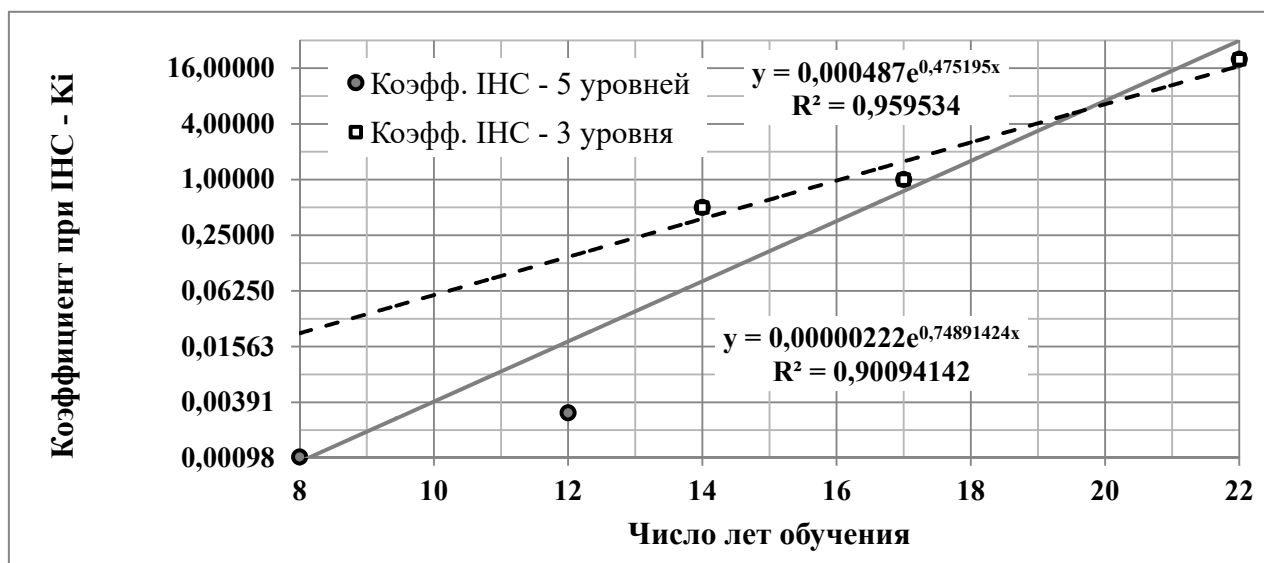


Рис. 6.1. Зависимость коэффициентов K_i вклада в ВВП/Д от числа лет обучения

В аналитическом виде зависимость K_i от числа лет обучения (E) при учете всех пяти уровней обучения имеет вид:

$$K_i = 0,00000222 \cdot 10^{0,325 \cdot E} \quad (6.3)$$

Поскольку коэффициенты K_i для вторичного образования (K_1 и K_2) более чем на два порядка меньше, чем коэффициенты вклада третичного образования, то они будут влиять только на ВВП/Д стран с очень малыми долями третичного образования. Если учитывать только три наибольших коэффициента вклада в ВВП/Д (рис. 6.1), то аналитическая зависимость K_i будет иметь вид (6.4). Экспонента (6.4) дана на рис. 6.1 пунктиром.

$$K_i = 0,000487 \cdot 10^{0,206 \cdot E} \quad (6.4)$$

Соответственно, вклад в ВВП/Д каждой группы специалистов, в зависимости от их уровня образования на единицу D_i , с учетом (6.1), (6.2), при $M_c = 0,863$ приближенно будет иметь вид:

$$G/N \approx 42,0 \cdot 10^{0,206 \cdot E} \quad (6.5)$$

Поскольку в уравнение (6.1) введен коэффициент 0,5 для учета того, что специалисты, вносящие вклад в ВВП/Д, составляют около половины жителей страны, то индивидуальный вклад специалиста в ВВП будет вдвое больше. В частности, для специалистов с высшим образованием при $M_c = 0,863$ этот вклад составит 267 тысяч международных долларов 2017 года. Изменение уровня образования от высшего (17 лет) на 1 год составит примерно 131,5 тысячи долларов, или 49%. Если бы мы рассматривали темп роста

от более низкого уровня образования, то в процентах он был бы намного больше, но его абсолютные значения были бы значительно меньше. Отметим также, что вклад специалистов научного уровня составит 2,86 миллиона долларов за год.

Применительно к России $M_c = 0,4$ и, соответственно, вклад специалиста в ВВП в 2,16 раза меньше. Есть несколько причин столь малого коэффициента M_c для России. Как видно из таблицы 6.4, наибольшие значения M_c имеют страны, расположенные вблизи крупнейших мировых экономических центров: США и центр Европы. В последнее время увеличивается значение M_c для Китая, который становится важнейшим центром экономической активности. Также играет роль наличие крупных водных артерий, по которым удобно транспортировать товары, но многие промышленные центры России удалены от таких водных путей. На данный показатель оказывают влияние также различные экономические санкции и торговые союзы, которые осложняют внешнеэкономическую деятельность России. Ретроспективно играют роль и значительные потери во время войн в XX веке.

Поскольку соотношение различных компонент образования меняется достаточно сильно, то важно проверить, в какой мере можно использовать для прогнозирования экономической динамики представленную здесь модель на протяжении длительного времени. Поскольку коэффициенты для вторичного образования пренебрежимо малы, а коэффициенты для среднего специального и высшего образования достаточно близки, то можно приближенно считать, что K_1 для третичного образования (K_3 и K_4) равны единице. При оптимизации такой модели коэффициент для вклада специалистов уровня НИОКР снижается до $K_5 = 18$. Поэтому приближенная формула для удельного индекса человеческого капитала принимает вид (6.6), где D_{tr} — доля специалистов с третичным образованием в составе населения в возрасте 25–64 года, а N_s — число специалистов уровня НИОКР:

$$I_{HC} = D_{tr} + 36 \cdot (N_s/G) \cdot (G/N) \quad (6.6)$$

Следует отметить, что доля специалистов, имеющих третичное образование, в крупнейших экономиках мира растет практически линейно с темпом $0,8 \pm 0,2$ % в год, как это показано на рис. 6.2^{375, 376}.

Для проверки модели роста ВВП на душу населения (G/N) на рис. 6.3 приведены зависимости отношения ВВП/Д к $M_c \cdot I_{HC}$ от времени с 1996 по 2019 год. При этом использовались значения M_c , приведенные в таблице 6.4, применительно к 2017 году.

³⁷⁵ Education at a Glance 2020: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2020_69096873-en

³⁷⁶ Донецкая С.С., Цзи Цяньнань. Реформирование системы высшего образования в Китае: современные итоги // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 12. С. 79–92. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2018-27-12-79-92>

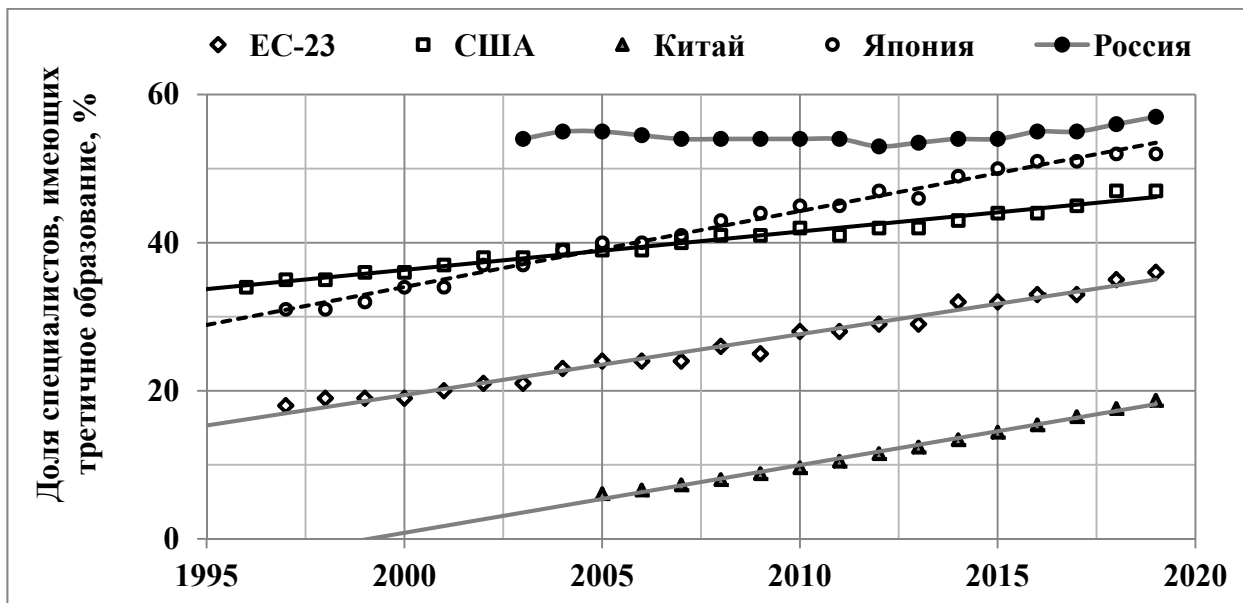
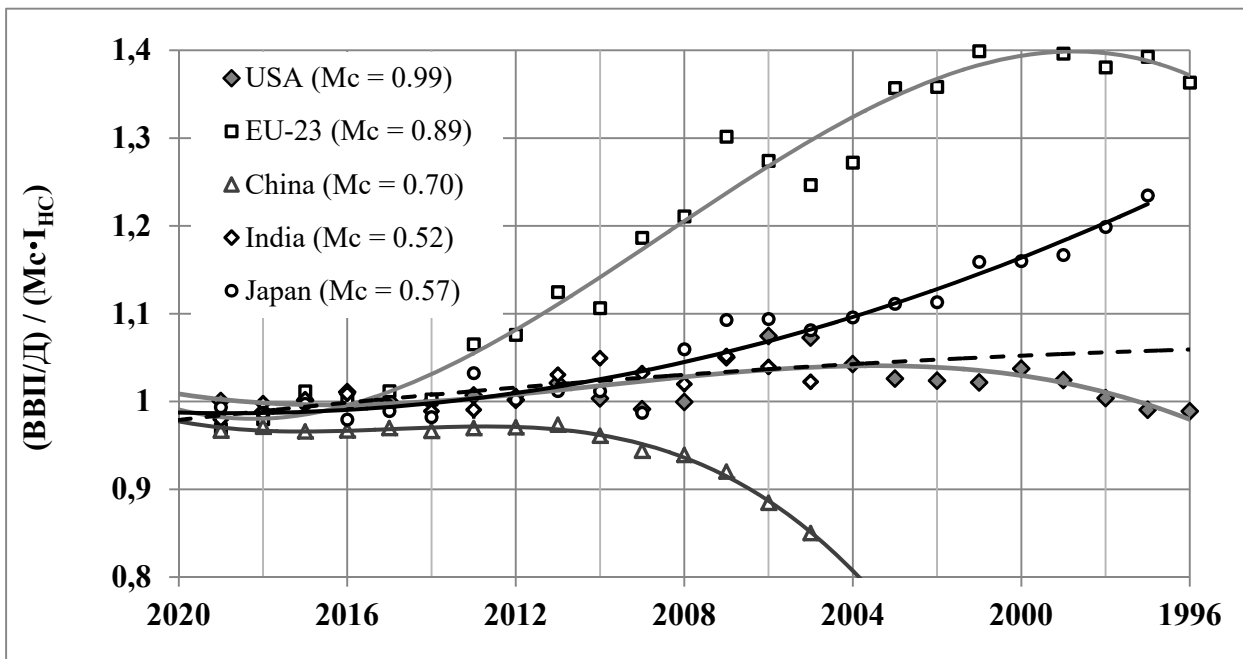


Рис. 6.2. Динамика доли специалистов, имеющих третичное образование

Рис. 6.3. Динамика отношения ВВП/Д к $M_c \cdot I_{HC}$ по времени

Видно, что на протяжении последних семи лет отношение ВВП/Д к $M_c \cdot I_{HC}$ изменяется относительно мало. Но в предыдущий период отклонение составляло до 40% применительно к Европейскому союзу. Можно предположить, что это связано с благоприятной для ЕС рыночной ситуацией после распада Советского Союза. Затем эти выгоды стали уменьшаться, а также оказал негативное влияние кризис 2008 года. Рост исследуемого отношения для Китая, вероятно, связан с успешным процессом его встраивания в мировую экономику. Для ведущей мировой экономики — США, а также для

Индии данное отношение близко к единице. Относительная стабильность данного отношения на протяжении 23 лет свидетельствует о том, что сформированная модель оценки ВВП на душу населения на основе доли специалистов с высоким уровнем образования достаточно устойчива к изменению различных образовательных и экономических показателей.

Таким образом, мы показали, что экономическая динамика непосредственно связана с образованием. Подводя итоги данной части исследования, отметим, что год образования увеличивает вклад специалистов в ВВП стран в несколько раз больше, чем указано в приведенных выше публикациях³⁷⁷. Такой эффект реализуется в результате того, что в указанных работах не оценены экстерналии эффекты и они очень велики. Как мы отмечали во введении, это связано с тем, что эти экстерналии влияют непосредственно на научно-технологическое и производственное развитие экономики. Исследованием механизмов их влияния мы займемся ниже.

6.1.4. Распределение доходов и затрат при реализации инноваций

Как мы показали выше, образование непосредственно влияет на расширенное воспроизводство человеческого капитала. Попадая в традиционные компании, этот ЧК способствует увеличению дохода компании и кумулятивно — ВВП страны. Это основной эффект от образования, именно для этого оно предназначено. Но если представители ЧК попадают в инновационные компании, то они участвуют в производстве инновационных продуктов. Дополнительный доход от инноваций может получать не только компания-инноватор, в том числе путем увеличения заработной платы сотрудников, но и ее потребители, поставщики комплектующих, сети продаж, налоговые органы и даже последователи, которые копируют инновацию. Сообщество НИОКР также получает результаты инноваций в виде вклада в стратегический инновационный потенциал и, в свою очередь, вносит вклад в капитал явных знаний общества. Именно так реализуется важный экстерналии эффект от инноваций. Соответствующая схема транзакций представлена на рис. 6.4. В отличие от рис. 3.15 здесь указано место появления экстерналии.

Нужно отметить, что, поставляя инновационный продукт на рынок, компания несет значительные издержки на его разработку, создание или адаптацию производственных мощностей, распределение и продвижение товара. Для того чтобы окупить эти расходы, компания принимает определенную ценовую стратегию: «снятия сливок» для особо привлекательных товаров либо «вторжения цен», рассчитывая за счет низких цен захватить большую долю рынка³⁷⁸. Оба эти варианта ведут к длительной окупаемости

³⁷⁷ Лукьянова А.Л. Отдача от образования: что показывает метаанализ*: Препринт WP3/2010/03. — М.: Издательский дом Государственного университета — Высшей школы экономики. — 2010.

³⁷⁸ Орехов В.Д. Основы маркетинга: Учеб. пособие для студ. экон. спец. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2011. — 213 с. URL: <https://world-evolution.ru/marketing/marketing-all.pdf>

затрат на инновацию. В первом случае — за счет относительно медленного роста продаж, а во втором — за счет малой прибыльности. Стратегия «вторжения цен» приводит к тому, что большую часть выгоды от инновационного продукта получает потребитель.

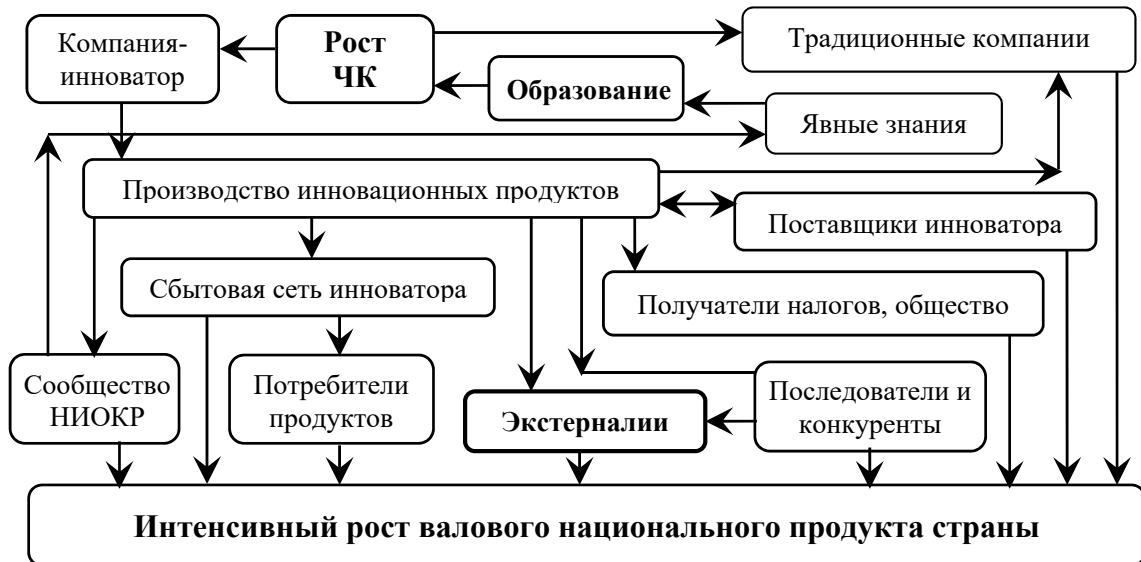


Рис. 6.4. Модель влияния инноваций на экстернальные эффекты

С другой стороны, известно, что многим компаниям-инноваторам не хватает ресурсов на то, чтобы захватить существенную долю рынка. В результате основной доход от реализации инновации получают последователи и конкуренты. Как правило, большинство инноваций копируется не более чем за 3 года. В частности, по представленным в таблице 6.5 крупным инновациям успех сопутствовал последователям³⁷⁹.

Таблица 6.5. Инновации, при реализации которых лидерами стали последователи

Продукт	Инноватор	Последователь
Реактивные самолеты	De Havilland (Comet)	Boeing
Персональный компьютер для офиса	Xerox	IBM
Копировальный аппарат	Xerox	Canon
Видеомагнитофон	Ampex/Sony	Matsushita
Микроволновая печь	Raytheon	Samsung
Диетическая кола	R.C.Cola	Coca-Cola
Приставка для видеоигр	Atari	Nintendo/Sega
Рентгеновский сканер	EMI	General Electric

Так, компания Apple была пионером в области персональных компьютеров и обладала сильным творческим потенциалом, технологиями и существенной долей рынка.

³⁷⁹ Teece D. (1987) The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renaval. Cambodge, Ballinger. P. 186–188.

Компания IBM вышла на рынок ПК с относительным запозданием. Но для нее было важно выйти на рынок в тот момент, когда снизятся рыночные и технологические риски и отрасль достигнет состояния, в котором ценность приобретают такие преимущества IBM, как развертывание крупномасштабного производства и сбыт. В результате IBM удалось захватить лидерство и установить доминирующий стандарт на этом рынке. Понятно, что последователь, который смог занять большую долю рынка, получил и доминирующий доход от этой инновации.

6.1.5. Распределение доходов от инноваций в образовательной организации

Оценим величину экстерналий, получаемых различными субъектами, от образовательной инновации «Открытое дистанционное образование». Разработчиком данной инновации является The Open University, UK, а инноватором в России — Международный институт менеджмента ЛИНК (сокращенно МИМ ЛИНК, ранее МЦДО ЛИНК)³⁸⁰. Данная программа внедрялась в России с 1992 года.

Успешному внедрению инновации на российский рынок способствовало то, что в то время на нем отсутствовали качественные программы бизнес-образования, особенно международного уровня, а также ряд инновационных (на 1992 год) педагогических, технологических и маркетинговых компонент, в частности следующие:

1. Обеспечение слушателя полным комплектом учебных материалов, необходимым для обучения, разработанным The Open University.
2. Программированные учебники-рабочие тетради, которые выдаются лично слушателю и содержат задания по использованию концепций курса.
3. Ежемесячные очные занятия в регионе проживания слушателя.
4. Обучение на основе практической ситуации слушателей во всех учебных компонентах.
5. Активные методы обучения, позволяющие эффективно использовать время слушателя: групповые дискуссии, деловые игры, интерактивные учебные материалы.
6. Андрагогический подход — учет в учебном процессе особенностей обучения взрослых людей, которые имеют богатый управленческий опыт.
7. Использование проблемного подхода в обучении.
8. Применение методов case study и рабочих ситуаций.
9. Модульное построение программ из полугодовых курсов.
10. Универсальность учебных концепций и обучение их использованию в различных видах и условиях деятельности.

³⁸⁰ Щенников С.А. Новые технологии образования: Опыт сотрудничества МЦДО «ЛИНК» и Британского Открытого Университета // Международное науч. сотрудничество. 1995. № 3. С. 22.

11. Документ об окончании обучения международного уровня (The Open University, UK).

12. Специальная система подготовки преподавателей к использованию учебной технологии.

Высокий на то время уровень уникальности и качества учебно-методического комплекса (технологии), несмотря на высокую по тем временам стоимость, позволил данной инновации быстро привлечь внимание потребителей. Примерно с 1994 года она массово использовалась на рынке бизнес-образования, где потребителями были руководители различного уровня. Была создана учебная сеть распределения услуги примерно в 80 городах, включая страны ближнего зарубежья. Среднее число потребителей составляло около 3000 человек в год, а за 30 лет по данной технологии было подготовлено более 80 тысяч руководителей.

За счет большого числа системно взаимосвязанных уникальных компонент уникальность продукта поддерживалась длительное время, хотя за счет диффузии отдельные компоненты были скопированы последователями. Также происходило насыщение образовательной технологии новыми электронными компонентами. Поэтому время эксплуатации инновации будем считать составляющим 8 лет.

Оценки экстерналий применительно к России будут выполнены по порядку величины с использованием следующих приближенных данных:

- число обучаемых потребителей в год — 3000 годовых курсов;
- число лет получения дохода от первоначальной инновации — 8 лет;
- число лет отдачи выпускников от обучения — 7 лет;
- стоимость обучения одного человека в течение года, приведенная к международным долларам 2017 года, — 2600 долл.;
- доход головной организации-инноватора с одного годового курса — 700 долл.;
- доход сети распределения с одного годового курса — 1330 долл.;
- оплата преподавателей с одного годового курса — 392 долл.;
- доход провайдера инноваций с одного годового курса — 182 долл.

Будем считать, что все потребители имели высшее образование. Обучение в течение года в соответствии с дистанционной технологией будем приравнивать к полугоду обучения по очной технологии. Соответственно, вклад в ВВП России при $M_c = 0,4$ составляет 30,3 тыс. долл. Многие слушатели МИМ ЛИНК оплачивают обучение ежемесячно и тратят на это около 10% своей заработной платы. Поэтому будем считать, что заработная плата руководителя до начала обучения приблизительно равна 26,0 тыс. долл. в год. По результатам обучения он планирует получить прибавку к заработной плате на уровне 20%, или 5,3 тыс. долл. В тех случаях, когда за обучение платит компания, она, как правило, ориентируется на то, чтобы стоимость обучения была значительно меньше, чем дополнительная выгода, которую она потенциально получит за год, поскольку имеются разнообразные риски не получить ожидаемую выгоду. Поэтому будем считать, что эта выгода составляет примерно четырехкратную стоимость обучения, или 10,4 тыс.

долл. в год. Дополнительный (экстернальный) вклад в ВВП страны с одного слушателя за год составит:

$$G_{\text{EXT}} = (30,3 - 10,4 - 2,6/7 - 5,3) \text{ тыс. долл.} = 14,2 \text{ тыс. долл.} \quad (6.7)$$

Расчет доходов, получаемых различными участниками учебного процесса, представлен в таблице 6.6 в тысячах международных долларов 2017 года.

Таблица 6.6. Доходы участников учебного процесса

	Статья доходов	Доход, тыс. долл.	Доля дохода, %
1.	Доход инноватора за 8 лет	16 800	0,33%
2.	Доход провайдера инновации в РФ	4 368	0,09%
3.	Доход сети распределения	31 920	0,63%
4.	Оплата преподавателей	9 408	0,18%
5.	Суммарный доход образовательных организаций с инновации за 8 лет	62 496	1,2%
6.	Вклад в ВВП страны за год одного выпускника с высшим образованием в результате года обучения	30,3	
7.	Дополнительный доход компании с одного выпускника в результате года обучения	10,4	
8.	Экстернальный вклад в ВВП страны с одного выпускника за год	14,2	
9.	Ежегодный вклад в ВВП страны выпускников, обученных за 8 лет (без учета последователей)	726 833	
10.	Ежегодный экстернальный доход страны за счет обучения руководителей в течение 8 лет	340 721	47%
11.	Ежегодный доход компаний за счет обучения руководителей на протяжении 8 лет	250 000	34%
12.	Ежегодный дополнительный доход выпускников	127 200	18%

Относительная доля дохода рассчитана по отношению к суммарному вкладу в ВВП страны за 7 лет от слушателей, обученных за 8 лет (без учета последователей). Как следует из таблицы 6.6, доход инноватора за 8 лет составил примерно 16,8 млн долларов, или 0,33% от вклада в ВВП страны за счет повышения производительности труда выпускников. Величина вклада в ВВП за 8 лет работы инновационной технологии составила 5,1 миллиарда долларов 2017 года. При этом порядка 47% от этого вклада в ВВП относятся к экстернальному эффекту.

Поскольку оценка экстернального вклада в ВВП страны оценивалась приближенно, то можно ожидать, что соотношение долей, полученных компаниями, слушателями и в виде экстернального дохода, может несколько отличаться от приведенных в таблице 6.6 цифр, однако по порядку величины они в любом случае достаточно велики. Также в любом случае доход инноватора не превосходит 1%, то есть очень мал.

В каком же виде реализовался этот экстернальный эффект? Поскольку инновация использовалась в управленческой сфере, то повышение квалификации выпускников должно привести к улучшению работы соответствующих компаний, повышению качества и количества поставляемых ими продуктов. Следовательно, дополнительный доход получают потребители этих компаний и их поставщики, которые получают более выгодные поставки. Величина этого дополнительного дохода по порядку величины должна быть приближенно равна дополнительному доходу компаний, руководители которых прошли обучение. Именно это мы видим в таблице 6.6 — экстернальный доход примерно равен доходу компаний, руководители которых прошли обучение. Модель взаимосвязей между субъектами инновационной образовательной деятельности, описанная здесь, представлена на рис. 6.5 в виде системной схемы.

Как отмечалось выше, один из наиболее крупных экстернальных эффектов реализуется за счет того, что последователи используют инновацию, несколько изменяя ее и осуществляя поставку другому сегменту потребителей. Нужно отметить, что в результате внедрения в России Открытого дистанционного образования фактически был создан новый рынок образовательных продуктов, отличный от очного и заочного образования.



Рис. 6.5. Влияние инноваций в бизнес-образовании на экстернальный доход

Но для успешной деятельности на этом рынке необходимо было получить законодательное разрешение на такую деятельность, поскольку образовательная отрасль является лицензируемой. Вначале государство дало разрешение на дистанционное обучение в рамках эксперимента. Но в дальнейшем требовалось законодательное оформ-

ление правил использования такой технологии. Это потребовало создания отраслевого сообщества дистанционного обучения. С этой целью МИМ ЛИНК ознакомил заинтересованные учебные заведения с технологическими особенностями дистанционного обучения.

Одним из первых последователей в сфере дистанционного образования стал Московский экономико-статистический институт — МЭСИ. Вот как охарактеризовал эту новую технологию ректор МЭСИ Владимир Тихомиров: «Дистанционное образование все настойчивей входит в реалии нашей жизни. Все руководство нашего университета прошло подготовку в ЛИНКе. И теперь мы развиваем уже высшее дистанционное образование на базе нашего университета. Уверен, что на ниве дистанционного образования всем найдется место. Было бы желание, упорство и талант»³⁸¹.

Для оценки экстерналичного дохода, полученного МЭСИ, как последователем инноватора, использовались следующие данные:

- число лет получения дохода от первоначальной инновации — 8 лет;
- число выпускников за 8 лет — 60 000;
- стоимость обучения одного студента за 4 года — 10 000 долл.;
- доля дохода, полученная за счет использования инновации, — 10%;
- в связи с дистанционной технологией обучения будем считать, что выпускники получают знания на уровне E_3 , согласно таблице 6.1 и $K_3 = 0,5$. Соответственно, вклад одного выпускника в ВВП страны за год составляет 20 000 долларов 2017 г.

Оценки результатов последователя следующие: суммарный доход за счет использования инновации в течение 8 лет — 60 млн долл., и именно этот доход следует считать экстерналичным, поскольку он является результатом использования инновационной технологии дистанционного обучения и не был предметом рыночных взаимоотношений с провайдером инновации (стоимость обучения руководства МЭСИ в ЛИНК пренебрежимо мала). Ежегодный дополнительный вклад выпускников в ВВП страны — **1,2 млрд долл.** Хотя достоверно оценить величину экстерналичного дохода в составе этой компоненты не представляется возможным, однако ясно, что он существует и достаточно большой. Кроме экстерналичных доходов, которые создают выпускники МЭСИ, значительные экстерналии генерируют и другие последователи, использовавшие данную инновацию.

В настоящее время дистанционную образовательную технологию используют многие высшие учебные заведения страны. Однако в связи с быстрым ростом возможностей электронных каналов коммуникации доминирующим направлением в последнее время стала технология E-learning, которая значительно отличается от Открытого дистанционного образования снижением доли активных методов обучения, а также других инновационных компонент.

³⁸¹ Жураков А. Пути и методы развития дистанционного бизнес-образования. М., «Вузовские вести», № 2 1997 г. URL: <https://www.ou-link.ru/pub/1997vv02.html>

В условиях пандемии Covid-19 многие образовательные учреждения были вынуждены использовать дистанционные технологии. Этот опыт показал, что массовое использование технологий обучения типа E-learning ведет к существенному снижению эффективности обучения³⁸². Доля преподавателей высшей школы «недовольных дистантом выше (37%), чем относящихся положительно (26%)». «Несмотря на нормализацию дистанционного обучения, тотальный онлайн не позволяет обеспечить качественное образование³⁸³. Как показали результаты опроса: «Все чаще наиболее предпочтительным для обучения становится смешанный формат: 50% студентов при наличии выбора отдали бы предпочтение ему».

В результате вновь возникает необходимость использовать инновационные компоненты, которые были привнесены в российское образование Открытым дистанционным образованием, которое сформировано на основе соразмерного использования дистанционных и очных форм обучения. Тем самым расширяется зона возникновения повторных экстерналий эффектов данной инновации.

Таким образом, в работе показано, что экстерналии доходы, возникающие в процессе использования инноваций, велики и являются важным компонентом социально-экономического развития. Также эти экстерналии эффекты вносят существенный вклад в развитие человеческого капитала, в том числе в сообщества НИОКР и управления.

6.2. Международный инновационный процесс

Одной из часто обсуждаемых моделей в области инноватики является: «поколение инновационного процесса». Схема такого процесса первого поколения представлена на рис. 6.6³⁸⁴.

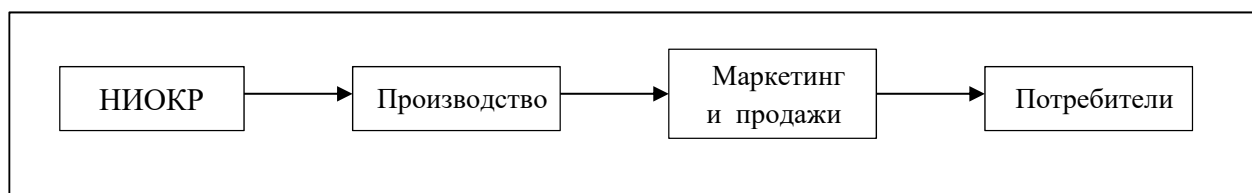


Рис. 6.6. Инновационный процесс первого поколения

³⁸² Краснова Г.А., Полушкина А.О. Состояние и перспективы дистанционного обучения в период пандемии COVID-19. // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. 2021 Том 18 No. 1. С. 36–44. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8631-2021-18-1-36-44>. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-distantsionnogo-obucheniya-v-period-pandemii-covid-19>

³⁸³ Качество образования в российских университетах: что мы поняли в пандемию: Аналитический доклад / науч. ред. Е.А. Суханова, И.Д. Фрумин. — Томск: Издательство Томского государственного университета, 2021. — 46 с.

³⁸⁴ Dodson, M., Gann, D. and Salter, A. (2008) The Management of Technological Innovation, Oxford University Press.

Эта линейная модель основана на том, что источником инновации являются проводимые НИОКР исследования и разработки, на основе которых затем производятся продукты, которые проталкиваются на рынок. Поэтому такую модель также называют «модель проталкивания» и она активно использовалась в течение двух десятилетий после Второй мировой войны.

Затем возникла модель рыночного подтягивания, в которой основную роль играет рыночный спрос потребителей. От модели проталкивания она отличается наличием обратных связей от спроса потребителей к маркетингу и НИОКР. Ее также называют «инновационный процесс второго поколения».

«Технологические модели проталкивания и подтягивания инноваций представляют собой “крайности” и поэтому являлись нетипичными примерами более общего процесса взаимодействия между, с одной стороны, технологическими возможностями и, с другой стороны, потребностями рынка»³⁸⁵.

На базе этой идеи была предложена модель инноваций третьего поколения, которая объединяет восемь видов деятельности (исследования, разработки, проектирование, создание прототипа, тестирование, операции, маркетинг, продажи и обслуживание потребителей), на которые влияют три внешних группы факторов: научные и технологические достижения, рынок, а также коммуникации и обратные связи³⁸⁶.

Далее на опыте работы японских компаний была разработана модель инновационного процесса четвертого поколения, которая включала в себя параллельную разработку (межфункциональные команды) и интеграцию в процесс разработки поставщиков. Важными элементами модели стали разработка на основе процессов и с использованием Интранет.

Идея использования межфункциональных команд заключается в совмещении по времени нескольких этапов разработки, а также в преодолении стереотипов мышления специалистов различных профессий³⁸⁷. Здесь используется принцип «управления на грани хаоса». Элементы хаоса возникают как из различных подходов к проектированию у различных специалистов, так и из нарушения очередности этапов проектирования, к которым они привыкли. В результате удастся значительно сэкономить время и повысить эффективность работы. Модель такого взаимодействия приведена на рис. 6.7³⁸⁸.

Модель инновационного процесса пятого поколения ориентирована на работу в условиях непредсказуемых и очень динамичных рынков. М. Доджсон называет ее «Обдумай, опробуй, используй»³⁸⁹. Схема такого процесса представлена на рис. 6.8.

³⁸⁵ Цитир. По работе Rotwell, R. (1994) Towards the fifth-generation innovation process, International Marketing Review, vol. 11, pp. 7–31.

³⁸⁶ Dodson, M., Gann, D. and Salter, A. (2008) The Management of Technological Innovation, Oxford, OUP.

³⁸⁷ Котлер Ф., Армстронг Г. и др. основы маркетинга. М. Вильямс, 1998.

³⁸⁸ Орехов В.Д. Управление на грани хаоса// Вестник МИМ ЛИНК. — 2011. — № 27. С. 281–292.

³⁸⁹ Dodson, M., Gann, D. and Salter, A. (2008) The Management of Technological Innovation, Oxford, Oxford University Press.

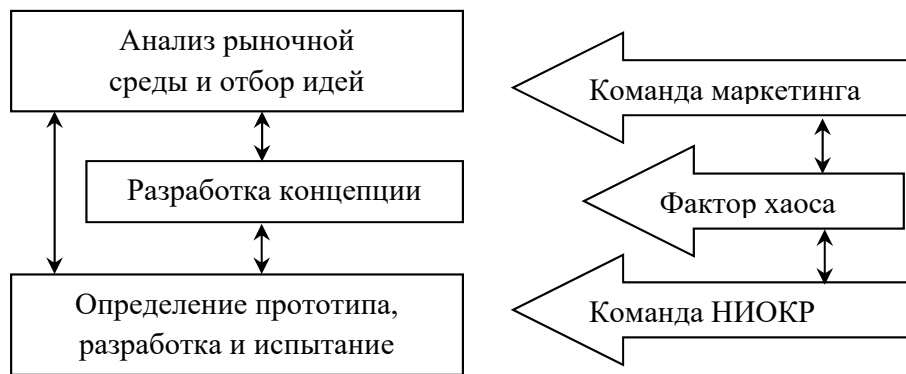


Рис. 6.7. Разработка нового продукта с элементами хаоса

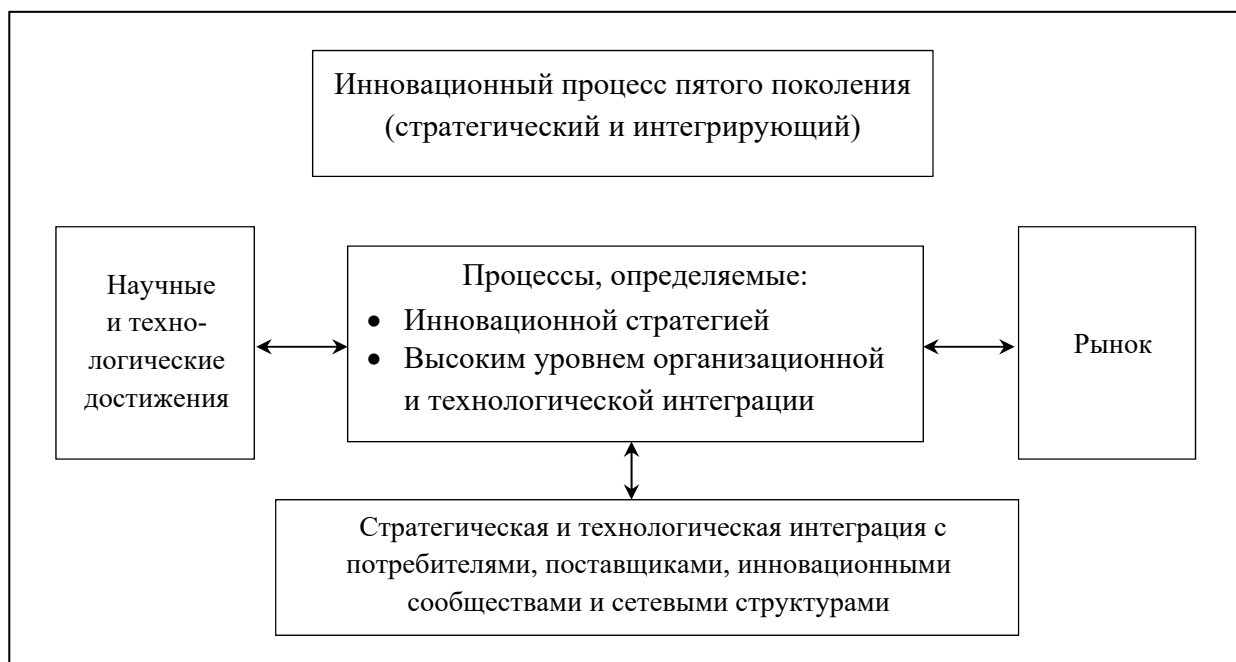


Рис. 6.8. Модель инновационного процесса пятого поколения

По мнению М. Доджсона, в настоящее время наблюдается переход от пятой (на основе ИТ) к шестой (на основе медико-биологических наук) волне технологического развития, что инициирует создание и шестого поколения инновационного процесса³⁹⁰.

Все представленные выше модели инновационного процесса относятся, в основном, к одной корпорации, хотя интеграция с поставщиками, начиная с третьей модели, предусмотрена. Однако в условиях глобализации такой подход представляется ограниченным.

С другой стороны, современное общество находится на пути к «экономике знаний». Под понятием «экономика знаний» подразумевают общество, в котором знания,

³⁹⁰ Dodson, M., Gann, D. and Salter, A. (2008) The Management of Technological Innovation, Oxford, OUP.

наука и инновации играют доминирующую роль в экономическом развитии³⁹¹. Понятие «экономика знаний» связано со следующими основными позициями:

- знания становятся ключевым фактором роста наряду с капиталом и трудом;
- производство знаний становится важнейшим звеном развития экономики;
- резко возрастает роль кодифицированных знаний;
- информационные и коммуникационные технологии становятся важнейшим базисом развития знаний.

Отличие подхода к инновациям в экономике знаний заключается в том, что они базируются не столько на изобретениях и новых комбинациях ресурсов, как раньше, сколько на потоках знаний и информации, полученных в результате целенаправленного развития науки и техники. Инновации же играют роль замыкающего контура, который заставляет двигаться все компоненты экономики знаний и приводит к экономическому развитию и росту качества жизни. Ясно, что в таких условиях модель инновационного процесса также должна измениться.

Кроме того, все в большей степени под продуктами теперь подразумеваются не только товары и услуги, но и финансы, бренды, информация, знания, права, патенты, энергия, вычислительные мощности, каналы коммуникации, человеческий капитал, улучшение здоровья и многое другое.

Инновационный процесс в условиях глобализации³⁹² радикально отличается от мононационального. Известны следующие, связанные с технологическими изменениями, проявления глобализации:

- рост значимости заграничного патентования;
- рост как производимых, так и принимаемых прямых иностранных инвестиций, связанных с исследованиями;
- взрывообразный рост числа международных стратегических альянсов в области науки и технологий;
- рост технологического обмена;
- исследования и разработки сами по себе также приобретают все более глобальный характер³⁹³.

Ключевая роль в этих условиях переходит от изобретения и разработки продукта к формированию международных стратегий и альянсов. Только международная торговля инновационными продуктами, как показано на рис. 4.4, может дать адекватный поток денежных средств для возврата инвестиций. Важнейшая задача международных альянсов заключается в стратегическом планировании исследований, разработок, выпуска и реализации продукции. Соответственно, в международном инновационном процессе

³⁹¹ Цит. по: Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. — М., 2007. Раздел: «О понятии “экономика знаний”». http://www.issras.ru/papers/probpr03_2007_Mindeli.ph

³⁹² Giddens, A. (1999) New world without end, The Guardian, 11 apr.

³⁹³ Хайдер Али. Международный маркетинг: Учебн. Пособие. Кн. 4 / Пер. с английского — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2010. 118 с. (курс RS9 «Стратегии маркетинга в сложном окружении»)

возникает много новых функций, которые требуют координации действий в размерах, значительно превышающих крупную корпорацию или страну. Адекватно должна измениться и инновационная инфраструктура.

Отметим, что в современных условиях поток идей, которые движут созданием новых продуктов и их модификацией, который ранее создавали изобретатели, идет из нескольких областей данной интегрированной деятельности:

- как и ранее, это новые знания, которые дают идеи создания новых технологий и продуктов;
- во-вторых, это идеи, идущие от запроса рынка и базирующиеся на результатах маркетинговых исследований, а также анализа деятельности успешных конкурентов;
- в-третьих, необходимо иметь в виду тенденции наступающей технологической революции;
- в-четвертых, это понимание того, как можно усовершенствовать уже выпускаемые продукты. Современная концепция инноваций нацелена на непрерывное совершенствование существующей продукции;
- в-пятых, важно чувствовать сигналы обратной связи от потребителей, в том числе финансовые сигналы, которые свидетельствуют об успешности или неудачности выпускаемой продукции.

И самое главное — все это должно базироваться на заключенных стратегических альянсах и успешном выполнении разработанных стратегий. Соответствующая модель инновационного процесса, разработанная авторами³⁹⁴, представлена на рис. 6.9.

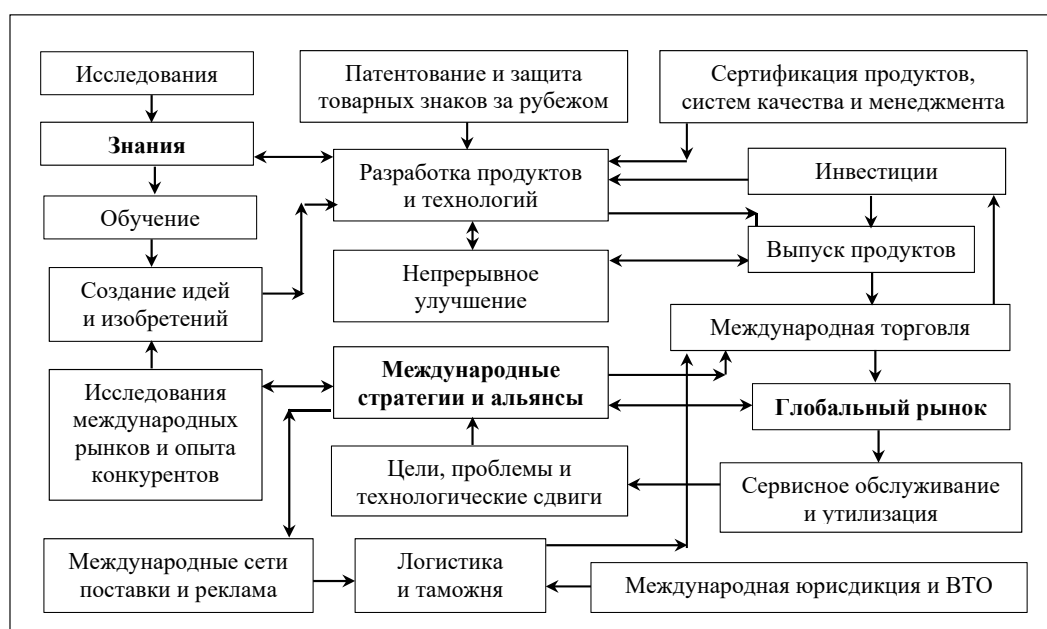


Рис. 6.9. Модель международного инновационного процесса

³⁹⁴ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: монография. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015, С. 156.

Ключевыми аспектами этой модели (на рис. 6.9 выделено жирным шрифтом), в соответствии с отмеченным выше, являются:

- генерация знаниевого потенциала, на базе которого создается продукция;
- возможность получения доходов с глобального рынка;
- разработка международных стратегий и альянсов для деятельности на этом рынке и получения доходов, которые обеспечивают инновационную деятельность.

Стрелками на рис. 6.9 обозначены только основные связи, которых в реальности значительно больше. В частности, технологические сдвиги происходят под влиянием роста количества знаний, как было показано выше. Соответственно, их осознание влияет на стратегии международных альянсов, а через них и на направления исследований.

Выводы к главе 6

1. Предложена модель формирования экстернальных эффектов образования в условиях взаимодействия с инновационной деятельностью. Показано, что эти эффекты имеют высокий уровень значимости для экономической динамики.

2. Разработан алгоритм вычисления дифференцированного вклада в ВВП работников с различным уровнем образования на базе минимизации отклонения прогнозного значения ВВП от реального при межстрановом сравнении. Относительное стандартное отклонение расчетной величины ВВП согласно базовой модели из 8 экономик составляет 16%.

3. Разработана модель индикативной диагностики образовательной компоненты человеческого капитала, согласно которой обобщенная зависимость вклада в ВВП по ППС от числа лет образования — «образовательная экспонента» — имеет вид:

$$G/N = M_c \cdot K_E \cdot 10^{P \cdot E},$$

где для 2017 года $K_E = 48,7$, $P = 0,206$, M_c — коэффициент конверсии, который, в среднем, для крупнейших экономик равен 0,86, а для России — 0,4.

4. Качественно и количественно показано, что доход, который получает инноватор, в значительной доле случаев является относительно небольшим. Для инновации «Открытое дистанционное образование» (ОДО) доход инноватора составляет порядка 0,3% от доходов, полученных другими пользователями инновации.

5. Значительно большая доля доходов от инновации реализуется как экстернальный доход других пользователей инновации, в особенности потребителей продуктов и последователей. Количественные оценки экстернального вклада в ВВП страны выпускников ОДО Института МИМ ЛИНК показывают, что они составляют порядка 340 миллионов долларов в год.

6. Предложена модель международного инновационного процесса, адекватная процессам глобализации и экономики знания. Согласно ей, в число ключевых компонент инновационного процесса входят, кроме ресурса знаний, также разработка международных стратегий и альянсов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Результаты обработки данных 22 авторов по датам технологических революций показали, что с начала новой эры до 1960 года континуум этих революций имеет вид геометрической прогрессии со знаменателем, равным корню квадратному из 1/2 ($n = 1 \dots 10$). Даты революций выражаются формулой: $T_n = 2027 - 2190 \cdot 2^{-n/2}$.

2. Начиная с 1980 года периоды между революциями близки к постоянному уровню $24,3 \pm 0,2$ года, что связано с замедлением темпов роста числа людей.

3. Технологические революции следуют парами, близкими по содержанию и имеющими единые показатели технологического развития. Эти показатели растут экспоненциально в течение пары эпох. Разные пары революций существенно отличаются по своей парадигме, и динамика показателей технологического развития с приходом новой пары революции значительно меняется.

4. Показано, что кроме чисто качественных и количественных форм знаний существует значительное число промежуточных между ними форм знаний: неявные знания человека, системные схемы и когнитивные модели.

5. Согласно регрессионному анализу, темп роста знаний человечества, определенный по количеству хранимых книг в крупнейших библиотеках мира, выражается формулой $Z = 1,845 \cdot N^{1,27}$, где число людей (N) выражено в млрд, а количество знаний в млн условных книг. Погрешность регрессии для этой зависимости составляет $\Delta R^2 = 0,1\%$.

6. Показано, что средний мировой ВВП на душу населения (G/N) по паритету покупательной способности прямо пропорционален количеству знаний человечества и выражается формулой $G/N = 0,670 \cdot Z$, где величина G/N выражена в тыс. долл. США 2021 года, а Z — в млн условных книг.

7. Изобретения в виде патентов являются важным компонентом знаний человечества и составляют в настоящее время порядка половины годового прироста его объема.

8. Между технологическими революциями происходит рост объема знаний примерно в 1,5 раза и рост численности населения Земли примерно на 40%, что и является причиной кризисных явлений и обновления всей мировой экономики.

9. Анализ тематики научных журналов и статей с использованием базы научных журналов SCImago JR показал, что первое место по их числу занимает медико-биологическая тематика (44,3%), которая включает в себя следующие науки (2018 год): медицина, здоровье, геронтология (25,5%); генетика, биохимия, микробиология (7,3%); психиатрия, психология (4%); нейронауки (2,7%); зоология, агронауки, продукты питания (4,8%).

10. Среди технических наук первое место по значимости (8,3%) занимают компьютерные, включая искусственный интеллект (темп роста 54% с 1999 года). Однако максимум компьютерных наук приходится на журналы в области 5–20-тысячных номеров из 37 тысяч, что не позволяет относить это направление к лидирующему.

11. Содержательный анализ направлений научно-технического развития показывает, что ключевыми направлениями являются науки, нацеленные на рост человеческого капитала: медицина, образование, социология и другие. Именно в этом направлении наиболее вероятны революционные технологические прорывы.

12. Методом опроса оценена по 5-балльной шкале востребованность 84 инновационных продуктов киберфизической, медико-биологической и смежных специальностей. Показано, что продукты медико-биологической направленности лидируют в области высоких оценок, причем 8 продуктов имеют оценку в области $C_{2-5} = 4,13 - 4,08$, что больше, чем лидирующий продукт в киберфизической области (компактные суперкомпьютеры — 4,02). В области более низких оценок разница в оценках двух направлений возрастает.

13. Лидерами среди перспективных инновационных продуктов медико-биологического направления ($C_{2-5} = 4,13 - 4,05$) являются: успешное лечение инфаркта и инсульта, восстановление зрения, успешное лечение 95% больных раком, предотвращение генетических заболеваний, лечение наркомании и алкоголизма, восстановление слуха, регенерация органов человека, физическая реабилитация органов.

14. Согласно мнению экспертов, выгоды для общества от медико-биологической революции на 0,2 балла в 5-балльной шкале более привлекательны, чем киберфизической, а величина сил у нее на 0,1 выше. Малая дифференциация сил и выгод тормозит выбор инвесторами направлений инвестиций. Наибольшую величину за киберфизическую революцию имеет сила интересов ИТ-компаний, а за медико-биологическую — опасность очередной пандемии.

15. Онлайн-опрос отдает приоритет киберфизической революции. Согласно ему, за киберфизическую революцию наибольшую величину имеют сила интересов ИТ-компаний (оценка 4,4) и элиты Всемирного экономического форума (4,4). Наиболее влиятельные силы медико-биологической революции — фармкомпании, производящие вакцины (4,3), и передовые медицинские компании (4,1), реализующие новейшие достижения в области медицины и генетики.

16. Динамическое когнитивное моделирование социально-экономической системы, включающей в себя инновационную деятельность, позволило выбрать наилучшую комплексную программу развития, оказывающую положительное влияние на целевую функцию — ВВП на душу населения, в качестве управляющих параметров которой выступают активизация инновационной деятельности и совершенствование стратегических программ. В числе первоочередных мер развития: активизация инновационной деятельности и развитие НИОКР, включая повышение расходов на науку. Наибольшую угрозу для реализации программы роста ВВП на душу населения создает медленный темп обновления основных фондов.

17. Разработана проблемно ориентированная система когнитивного моделирования управленческих воздействий на повышение эффективности труда важнейшего сегмента человеческого капитала — R&D-команд, которая показала, что основными проблемны-

ми зонами системы являются: «Оплата труда», «Финансирование и ресурсы» и «Спрос на научные разработки». Воздействие на концепты «Стратегические программы развития» и «Спрос на научные разработки» позволяет реализовать прирост производительности труда в три раза быстрее, чем на «Оплату труда» и «Переподготовку научных кадров».

18. Качественно и количественно показано, что доход, который получает инноватор, в значительной доле случаев является небольшим. Для инновации «Открытое дистанционное образование» (ОДО) доход инноватора составляет порядка 0,3% от доходов, полученных другими пользователями инновации. Большая доля доходов от инновации реализуется как экстернальный доход других пользователей инновации, в особенности потребителей продуктов и последователей.

19. Предложена модель международного инновационного процесса, адекватная процессам глобализации и экономики знания. Согласно ей, в число ключевых компонент инновационного процесса входят, кроме ресурса знаний, также разработка международных стратегий и альянсов для деятельности на глобальном рынке и получения с него доходов, обеспечивающих деятельность инновационной системы.

Литература

1. Attali J. (2011). A Brief History of the Future: A Brave and Controversial Look at the Twenty-first Century. Skyhorse Publishing Inc.
2. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.
3. Bacon F. Novum Organum scientiarum, 1645. <http://www.jameslindlibrary.org/bacon-f-1645/>
4. Barro, R.J., Lee, J.W. (2001) International Data on Education and Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators. Washington: World Bank, 2005.
5. Becker P. Corporate Foresight in Europe: A First Overview. Luxembourg, 2003.
6. Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.
7. Berry B. J. (2017) Seven Long Waves in America's History. School of Economic, Political and Policy Sciences at the University of Texas at Dallas.
8. Brown, D. (1997) Innovation Management Tools: a review of Selected Methodologies, Luxemburg, European Commission Directorate-General XIII Telecommunications, Information Market and Exploitation of Research.
9. Bunch, B., Hellemans, A. The history of science and technology. Houghton Mifflin company, Boston — New York, 2004. http://eknigi.org/nauchno_populjarnoe/138496-the-history-of-science-and-technology.html
10. Catching technological waves Innovation with equity. Technology and innovation report 2021. United Nations conference on trade and development UNCTAD. Geneva.
11. Control Data Computer Exceeds Specifications. (англ.) // Missiles and Rockets: The Weekly of Space Systems Engineering. — Washington, D.C.: American Aviation Publications, Inc., September 2, 1963. — Vol.13 — No. 10 — P. 39.
12. Cornish E. Futuring: The Exploration of the Future. 2005.
13. Daniel Smihula. Long Waves of Technological Innovations. Štúdie a analýzy URL: https://www.sav.sk/journals/uploads/04201200SPS_2_2011_D%20%20Smihula.pdf
14. Davenport, T.H. and Prusak, L. Working Knowledge. Boston, 1997.
15. Denning P. J., Lewis T. G. Exponential Laws of Computing Growth. Communications of the ACM, January 2017, Vol. 60 No. 1, P. 54–65.
16. Dodson, M., Gann, D. and Salter, A. (2008) The Management of Technological Innovation, Oxford, Oxford University Press.
17. Drucker, P.F. Post-Capitalist Society. Oxford, 1993.
18. Education at a Glance 2020: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2020_69096873-en
19. Electricity. Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Electricity>

20. Facchini F. Le origini l'uomo. Introduzione alla paleoantropologia/ Pref. di Y. Coppens. Milano: JACA Book, 1993.
21. Fenton-O'Creevy, M. (1998) 'Employee involvement and the middle manager: evidence from a survey of organisations', *Journal of Organisational Behaviour*, 19(1), pp. 67–84.
22. FLOPS. Wikipedia URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/FLOPS> Accessed: 06/16/2021.
23. Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132:1291–5. 1960.
24. Forrester J. (2003). *Мировая динамика*. / Пер. с англ. — М: АСТ; СПб.: Terra Fantastica.
25. Freeman, C. (1987). *Technology, Policy, and Economic Performance: Lessons from Japan* (pp. 44–45). London: Pinter Publishers.
26. GartnerHypeCycle(2019). URL: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>
27. General Information — About the Library (Library of Congress). 2012. <http://www.loc.gov/about/general-information>
28. Glaziev S.Yu., Lvov D.S. Theoretical and applied aspects of STP management // *Economics and Mathematical Methods*. — М., 1986. — No. 5. — S. 793–804.
29. Global Energy Statistical Yearbook 2016, URL: <https://yearbook.enerdata.ru>
30. Gordon T.J., Helmer O. Report on Long-Range Forecasting Study. — The RAND Corporation, Santa Monica, Calif., Sept., 1964.
31. Gordon, W.J.J. *Sinectics: The Development of Creative Capacity*. New York, 1961.
32. Grinin A.L., Grinin L.E. Leading technologies of the sixth technological order. 2017. URL: <https://www.researchgate.net/publication/323996170>
33. Grinin L., Grinin A., Korotayev A. A. (2020). Quantitative analysis of worldwide long-term technology growth: From 40,000 BCE to the early 22nd century. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume: 155. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.119955
34. Hawksworth J. The World in 2050. How big will the major emerging market economies get and how can the OECD compete? PricewaterhouseCoopers — March 2006.
35. Hawksworth J., Audino H., Clarry R. (2017). The World in 2050. The Long View How will the global economic order change by 2050? PwC. URL: <http://www.pwc.com/world2050>
36. Hidge M. Оценка управленческой эффективности команды. HR по-русски, 2017. <http://hr-elearning.ru/ocenka-upravlencheskoy-yeffektivnosti-komandy/>
37. Huebner, J. A. Possible Declining Trend for Worldwide Innovation, *Technological Forecasting & Social Change*, 72(8):988–995 Elsevier Inc., 2005. P. 982.
38. Inflation, GDP deflator (annual %) — United States. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.DEFL.KD.ZG?locations=US&view=chart>
39. International Standard Classification of Education ISCED 2011. UIS UNESCO. 2013. Montreal, Canada. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-ru.pdf>. Accessed: 11.04.2021.

40. James J. Heckman. Policies to foster human capital // *Research in Economics*. 2000. Vol. 54. P. 3–56.
41. Kahn H. *The Next Two Hundred Years: A Scenario for America and the World*. 1976.
42. Kapitsa S.P. Paradoxes of growth: the laws of global development of mankind. — М., 2012. — С. 79.
43. Kondratiev N.D. Big cycles of conjuncture // *Questions of conjuncture*. — 1925. — Т. I. — Issue. one.
44. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // *International Journal of Man-Machine Studies*, 1986. Vol. 1. P. 65–75.
45. Kuhn T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions* / Chicago: University of Chicago Press, 1962. (русский перевод «Структура научных революций» М., Прогресс, 1977).
46. Kulinich A. A. Computer systems of cognitive maps modeling: approaches and methods. *Problems of Management*, № 3, 2010.
47. Kurzweil R. *The Singularity Is Near. When Humans Transcend Biology*. Y.: Viking, 2005.
48. Lewin K. A. *Dynamic Theory of Personality*. New York; London: McGraw Hill Book Company, 1935.
49. Lewin, K. (1951) *Field Theory in Social Science*, Harper & Row
50. Library of Congress. About the library. General information. Year 2019 at a Glance. <https://www.loc.gov/about/general-information/#year-at-a-glance> Accessed: 04/11/2021.
51. Maddison, A. (2008) *Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD*. GGDC.
52. Margaret Cheney. *Tesla: Man Out of Time*. — Simon and Schuster, 2001. — P. 33. — 422 p.
53. Mensch, Gerhard: *Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression*. Frankfurt a.M. 1975.
54. Mincer J. (1974), *Schooling, Experience and Earnings*, New York: Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.
55. Mincer J. (1994) *The Production of Human Capital and The Lifccyclc of Earnings: Variations on a Theme*. — Working Paper of the NBER, No 4838.
56. Molchanov A.V. The development of the theory of S.P. Kapitsa. Hypothesis of the network of consciousness // *Eye of the planet*. — 2009 // *Natural sciences*. — 2009 // *Science and technology*. — 2009. <http://oko-planet.su/science/scienceclassic/page,1,3371-a.v.-molchanov-razvitie-teorii-s.p.-kapicy.html>
57. Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Electronics*, pp. 114–117, April 19, 1965.
58. Moore's Law Transistor Count 1970-2020.png. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moore%27s_Law_Transistor_Count_1970-2020.png Accessed: 06/16/2021.
59. Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, *Wired Magazine*, March 8, 2011. <http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>

60. Nicholas Crafts. Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective. *The Economic Journal*. Vol. 114, No. 495 (Apr., 2004), pp. 338–351
61. Orekhov V.D., Blinnikova A.V., Karanashev A.Kh. Study of the genesis of innovative products and professions of the future in the context of technological revolutions. *Bulletin of the North Ossetian State University. K.L. Khetagurov*. 2021; 3. DOI: 10.29025/1994-7720-2021-3-143-156
62. Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V., Panfilova E.A., Shchennikova E.S. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. *Opción, Año 35, VE, Especial No.20* (2019): 2337-2365.
63. Orekhov V.D., Prichina O.S., Gorshenin V.P. New regularities in the dynamics of technological revolutions and exponential evolution. *Problems of economics and legal practice*. 2017. No. 6. P. 43–48. M., Yur-VAK.
64. Panov A.D. The unity of socio-biological evolution and the limit of its acceleration. *Historical psychology and sociology of history*. No. 2, 2008. — P. 35.
65. Perez C. (2002) *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
66. Podlazov A.V. Theoretical demography as the basis of mathematical history. — M., 2002.
67. Prichina O. S., Orekhov V D., Evdokimova Y V., Kukharenko O G., Kovshova M. V. (2019). Evolution of key factors and growth potential of human capital. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* 8(7), 2019, pp. 2226–2234. URL: <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i7/G5777058719.pdf>
68. Prichina O.S., Orekhov V.D., Blinnikova A.V. et al. (2020) Developing and Testing the Forecasting Algorithm for the Technological Revolution Theme through the Analysis of the SCImago JR Scientific Journal Database” *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, Volume 12, 04-Special Issue, p. 712–724.
69. Prichina O.S., Orekhov V.D., Egorova E.N, Kukharenko O.G, Blinnikova A.V. .Developing and Testing the Forecasting Algorithm for the Technological Revolution Theme through the Analysis of the SCImago JR Scientific Journal Database” *J. of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2020.Vol. 12, Special Issue.
70. Prichina, O. S., Orekhov, V. D., Shchennikova E.S. World number of scientists in dynamic simulation for the past and the future. *Economic and Social Development Book of Proceedings*. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. P. 69–81.
71. Quinn, J. B., Anderson, P. Finkelstein, S. Managing professional Intellect. *Harvard Business Review*. 1966. March–April, pp. 71–83.
72. Quinn, J.V. (1986) *Innovation and corporate strategy: managed chaos. Technology and the Modern Corporation: a Strategic Perspective*. Horwich, M. (ed). Oxford, Pergamon Press.
73. Rifkin, J. *The Third Industrial Revolution How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*, — New York: Palgrave Macmillan, 2011. — 291 pp.

74. Roxburgh C. Adjusted for the brain. *The McKinsey Quarterly*. 2003, № 2.
75. Runciman, W.G. (1998) *The Social Animal*, London, Harper Collins.
76. Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, *American Sociological Review*. 2006.
77. Schultz T.W. *The Economic Value of Education*. New York: Columbia University Press. 1963.
78. Schumpeter J. A. A Theorist's Comment on the Current Business Cycle. *Journal of the American Statistical Association* V.30 (189), 1935.
79. Schumpeter J.A. *Business Cycles*. New York: McGraw-Hill, 1939.
80. Schumpeter, J.A. *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Harvard University Press, 1951.
81. Schwab, K. *The Fourth Industrial Revolution*, Crown Business, New York, 2017, 192 p. (Перевод на русский язык Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб — «Эксмо», 2016).
82. Schweinhart L., Barnes H., Weikart D. (1993) Significant benefits: The High-Score Perry pre-school study through age 27. Ypsilanti, Michigan: High Scope Press.
83. Scimago Journal & Country Rank. 2019. URL: <https://www.scimagojr.com/journalrank.php?year=2019&area=2400>
84. Scopus. Content Coverage Guide, 2013.
85. Shinkareva O.V., Orekhov V.D., Solodukha P.V., Prichina O.S., Gizyatova A.Sh. Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managing the Performance of Scientific Labor. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018. T. 9. # 13. C. 303–317.
86. Silbergliitt R., Anton P.S., et al. *Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses*. (2006). RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR303.html
87. SINIC Theory: A Compass for Corporate Management. Omron Integrated Report 2018. URL: www.omron.com
88. Six ways to ensure higher education leaves no one behind. UNESCO Policy Paper 30, 2017. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247862>
89. Skyrme D. J. and Amidone D. M. *Creating the Knowledge-Based Business Wimbledon: Business Intellegence Ltd*. 1997.
90. Spence M. *The Next Convergence: The Future of Economic Growth in a Multispeed World*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. (Пер. с англ. А. Калинина, М., 2013. <http://rabkor.ru/culture/books/2013/06/06/spence/>)
91. Sukiasyan E.R. US Library of Congress, 1996 // *Nauch. and tech. b-ki*. — 1997. — No. 6. — P. 33–45. URL: http://www.gpntb.ru/win/ntb/ntb97/6/f6_05.html Accessed: 05/03/2021.
92. Tateisi K. *The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989.
93. Teece D. (1987) *The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renaval*. Cambrodge, Ballinger. P. 186–188.

94. The Eniac, an Electronic Computing Machine // *Nature* (12 October 1946) vol. 158. — P. 500–506.
95. Toffler A., *The Third Wave*, London, Pan Books Ltd, 1981.
96. Unctad. *Catching technological waves Innovation with equity. Technology and innovation report 2021*. United Nations conference on trade and development Unctad. Geneva.
97. Ushakov K. *Khranilishche vechnosti [Depository of eternity]*. // CIO No. 7 — М., 08/13/2007.
98. Vashakmadze T. The impact of ESG factors on the future capitalization of the company. Empirical testing on the American stock market // *Financial life*. 2013. №4. P. 63–70.
99. Vinge V. *The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era*. Whole Earth Review, 1993.
100. Wallerstein I. *The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century*. University of California Press, 2011. P. 14–65
101. Whetten D.A., Cameron K.S. *Developing Management skills*. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, -8th ed. 2011. <https://www.wnycollegeconnection.com/documents/Skills%20Gap/Developing%20Management%20Skills.pdf>
102. Woodcock, M. *Team Development Manual*. Farnborough: Gower Press, 1979.
103. *World Population Prospects 2019*. United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019).
104. Yakovets Yu.V. *cycles. Crises. Forecasts*. — М., 1999. — Table. 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>
105. Zwicky, F. *Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach*, McMillan, 1969.
106. Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества// *Вопросы психологии*. — 1956. — № 6. — С. 37–49.
107. Анисимов В.А. О законе возрастания сложности. URL: www.yugzone.ru/articles/438, 2006.
108. Аттали Ж. *Краткая история будущего*. СПб.: Питер, 2014. 288 с.
109. Белбин Р.М. *Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу* [пер. с англ.], 2-е изд. — Лондон и др.: Квитс, 2007. — 238 с.
110. Берндт Э.Р. (2005). *Практика эконометрики: классика и современность*. М. ЮНИТИ-ДАНА, 2005. — 863 с.
111. Бестужев-Лада И.В., Наместников Г.А. *Социальное прогнозирование. Курс лекций*. М.: Педагогическое общество России, 2002.
112. Библиотека конгресса. — Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
113. Блинникова А.В., Орехов В.Д., Андрющенко Г.И. Исследование генезиса, направлений реализации и дат технологических революций во взаимосвязи с развитием человеческого капитала. *Московский экономический журнал*. 2022. № 2. — С. 500–531. doi: 10.55186/2413046X_2022_7_2_86

114. Большая энциклопедия психологических тестов, М. Изд-во «Эксмо». 2006. 416 с.
115. Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. — 2000. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2000/01/p13-29.pdf>
116. Barro, R., J., Lee, J., W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53. No 3; World Development Indicators, Washington: World Bank, 2005.
117. Barro, R., J., Lee, J., W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53. No 3.
118. Власов М.В., Попов Е.В. Экстернальные эффекты производства новых знаний. Вестник УГТУ-УПИ, 2006. № 7(78). С. 5–11.
119. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М.: Радио и связь, 1992.
120. Гейзенберг В. Критерии правильности замкнутой теории в физике / Шаги за горизонт. М.: «Прогресс», 1987. С. 184–187. <http://vikent.ru/enc/1747>
121. Главная Информация. Библиотека Конгресса. URL: <https://www.loc.gov/about/general-information/> — 2022.
122. Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы. — М., 1986. — № 5. — С. 793–804.
123. Глазьев С.Ю., Воронов А.С., Леонтьева Л.С., Орлова Л.Н., Сухарева М.А. О формировании человеческого капитала на разных этапах социально-экономического развития. Государственное управление. Электронный вестник Выпуск № 82. Октябрь 2020 г. DOI: 10.24411/2070-1381-2020-10096
124. Гринин А.Л., Гринин Л.Е. Ведущие технологии шестого технологического уклада. 2017.
125. Дагаев А.А. Эволюция и перспективы совершенствования методологии долгосрочного экономического прогнозирования // Российское предпринимательство. 2006. Т. 7, № 4. С. 81–85. https://creativeconomy.ru/lib/1633#_ftnref7
126. Данилин И.В., Мамедьяров З.А., Кобринская И.Я. Прогнозирование технологических тенденций на основе социально-экономических факторов. Научно-аналитический доклад. М.: НИИ ИМЭМО РАН, 2016. 2016-Dynkin-Rep-RFFI-001.pdf
127. Де Боно Э. Шесть шляп мышления. — СПб., 1997.
128. Донецкая С.С., Цзи Цяньнань. Реформирование системы высшего образования в Китае: современные итоги // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 12. С. 79–92. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2018-27-12-79-92>
129. Есипова Э.Ю. Роль мотивации в инновационном развитии конструкторских бюро. — М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015.
130. Жураков А. Пути и методы развития дистанционного бизнес-образования. М., «Вузовские вести», № 2 1997 г. URL: <https://www.ou-link.ru/pub/1997vv02.html>
131. За последние 14 лет количество студентов в мире удвоилось — ЮНЕСКО. 2017. URL: <http://www.for.kg/news-421990-ru.html>

132. Закон Мура. — Википедия, 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
133. Знание. Советский энциклопедический словарь. М. «Советская энциклопедия», 1987.
134. Каминский И.П., Огородова Л.М., Патрушев М.В., Чулок А.А. Медицина будущего: возможности для прорыва сквозь призму технологического прогноза. Форсайт. Т. 7. № 1, с. 14– 25, 2013.
135. Капелюшников Р. И. Эволюция человеческого капитала в России. Центр гуманитарных технологий. — 2015.
136. Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. — М., 2012.
137. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. — 1925. — Т. I. — Вып. 1.
138. Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие / А.В. Корицкий; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). — Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013. — 244 с.
139. Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005.
140. Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. 2010, № 3.
141. Ладыкова Т.И., Васильева И.А., Завиша Е.Н. Форсайт-технологии в прогнозировании инновационного развития региона. Управление экономическими системами. № 4, 2015.
142. Лапыгин Ю.Н. Управленческая команда. — М.: Эксмо, 2007. — 270 с. URL: <https://studfiles.net/preview/2396240/page:37/>
143. Лукша П., Лукша Е., Песков Д., Корицин Д. Атлас новых профессий. М.: Агентство стратегических инициатив, 2014. Skolkovo_SEDeC_Atlas.pdf
144. Лукьянова А. Л. Отдача от образования: что показывает метаанализ*: Препринт WP3/2010/03. — М.: Издательский дом Государственного университета — Высшей школы экономики. — 2010.
145. Любимов И. Двигатель прогресса. Как высшее образование сдерживает рост экономики России. Forbes. 2017. <https://news.mail.ru/society/32086064/?frommail=10>
146. Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знания. М.: Экономика, 2007.
147. Макконэлл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. Принципы, проблемы и политика / Пер. с 16-го англ. изд. — М. ИНФРА-М, 2006.
148. Малинецкий Г.Г. Теория информационного взаимодействия С.П. Капицы и программа цифровой экономики России. Сб. докладов междунар. науч. конф. «Человеческий капитал в формате цифровой экономики». М.: РосНОУ, 2018. С. 18. <http://www.rosnou.ru/pub/diec/assets/files/SbornikMaterialov.pdf>
149. Мальтус Т.Р. Опыт о законе народонаселения / Пер. с англ. — М.: И.О. Лашкевич и К, 1895.

150. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. Пределы роста. 30 лет спустя / Пер. с англ. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.
151. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста, — М.: МГУ, 1991.
152. Мелихов В.Ю. Формы экстерналий (внешних эффектов) образования. Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова, № 6, 2006. С. 226–230.
153. Микова Н., Соколова А. Мониторинг глобальных технологических трендов: теоретические основы и лучшие практики. Форсайт. Т. 8, № 4, pp. 64–83.
154. Миллер Дж. А. Магическое число семь плюс или минус два. В книге «Психология памяти» / Под ред. Ю.Б. Гиппенрайтер и В.Я. Романова. — М.: ЧеРо, 1988. (Серия: Хрестоматия по психологии). — С. 564.
155. Мировая энергетическая статистика. Ежегодник 2016. URL: <https://yearbook.enerdata.ru> Дата обращения 19.12.2017.
156. Мировые показатели интеллектуальной собственности за 2012 год: Докл. Всемир. орг. интел. собст. — Женева. PR/2012/726, 2012. (World Intellectual Property Indicators — 2012/ Edition. <http://www.wipo.int/ipstats/en/wipi/index.html>
157. Молчанов А.В. Развитие теории С.П. Капицы. Гипотеза сети сознания // Око планеты. — 2009 // Естествознание. — 2009 // Наука и техника. — 2009.
158. Национальный доклад. Управление исследованиями и разработками в российских компаниях. Москва. — М.: Ассоциация менеджеров. — С. 69. 2011.
159. Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. — 2011. <http://nemtsov.ners.ru/articles/chelovechestvo-stanovitsya-vs-izobretatelnee.html>
160. Нестеров Л., Аширова Г. Национальное богатство и человеческий капитал. // ВЭ. — 2003. — № 2.
161. Нонака И. и Такеучи Х. Компания — создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / [Пер. с англ.]. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2011. — 384 с.
162. Объем цифровой информации в 3 млн раз превышает объем книжной. — М., 2007.
163. О'Коннор Дж., Мак-Дермот И. Искусство системного мышления. — М., 2006.
164. Орехов В. Д. Прогнозирование в сложном окружении // XIV всеросс. симпоз.: «Стратегическое планирование и развитие предприятий». — М., ЦЭМИ РАН. 2013. — № 5. — С. 108.
165. Орехов В.Д., Лютова Т.В., Панфилова Е.А. Когнитивное моделирование процессов трудовой деятельности в области НИОКР. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2019. № 1, с. 88–94. <http://www.urvak.ru/journals/problems-ekonomiki-i-yuridiche/12842/>
166. Орехов В.Д., Блинникова А.В., Каранашев А.Х. Исследование генезиса инновационных продуктов и профессий будущего в условиях технологических революций. Вестник Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова. 2021; 3. DOI: 10.29025/1994-7720-2021-3-143-156.

167. Орехов В.Д. Знания в системе развития общества//Бизнес-образование, РАБО. — 2010. — № 28 — С. 78.
168. Орехов В.Д. Измерение количества явных и неявных знаний. Вестник МИМ ЛИНК. 2016, № 3.
169. Орехов В.Д. Инновационное развитие в условиях глобализации: Матер. XXI межд. научн.-практ. конф. «Инновации в науке». — Новосибирск: СибАК, 2013. — С. 81. <http://sibac.info/2009-07-01-10-21-16/8286-2013-06-26-23-19-36>
170. Орехов В.Д. Маркетинг. Курс «Предприимчивый менеджер». R788. Кн. 3. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2005.
171. Орехов В.Д. О парной взаимосвязи длинных волн: Тр. XV межд. научно-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». — М., 2013. — С. 168.
172. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: монография. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.
173. Орехов В.Д. Современные подходы к трактовке понятия «знание». Вестник МИМ ЛИНК. 2016, № 2. С. 103–109.
174. Орехов В.Д., Блинникова А.В. Три подхода к прогнозированию стратегических направлений мирового технологического развития. Всероссийский симпозиум «Стратегическое планирование и развитие предприятий». — 2022. — С. 415–418 DOI: 10.34706/978-5-8211-0802-9-s4-36 <https://sympozium-cemi.ru/symp23-s4-36/>
175. Орехов В.Д., Причина О.С., Горшенин В.П. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции. Проблемы экономики и юридической практики. 2017. № 6. С. 43–48. М., Юр-ВАК.
176. Орехов В.Д., Причина О.С., Есипова Э.Ю. Исследование закономерностей трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда. Социальная политика и социология. 2017. Т. 16. № 6 (125). С. 25–35. URL: https://rgsu.net/netcat_files/multifile/5219/3/SP_6_2017_V_PECChAT_.pdf
177. Орехов В.Д. Управление на грани хаоса // Вест. МИМ ЛИНК. — 2011. — № 27. С. 281–292.
178. Орехов В.Д. Управление человеческим капиталом и инновациями на основе использования образовательных технологий. Раздел в монографии «Технологичное деловое образование взрослых. Методология и практика». Моногр./ Научн. Ред. С.А. Щенников, В.Н. Голубкин. — Жуковский: АНО ВО «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2017. — 408 с.
179. Панов А.Д. Единство социально-биологической эволюции и предел ее ускорения. Историческая психология и социология истории. № 2, 2008. — С. 35.
180. Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. — М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009. 702 с. <https://windjview.sourceforge.io/ru>
181. Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А. СППР «ИГЛА». (Свидетель-

ство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html> Дата обращения 2018.

182. Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. — М., 2002.

183. Поппер К. Р. Логика и рост научного знания. М.: Прогресс. 1983. <http://skepdic.ru/wp-content/uploads/2013/05/popper.pdf>

184. Причина О.С., Орехов В.Д., Горшенин В.П. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции. Проблемы экономики и юридической практики. № 6, 2017. М., Юр-БАК.

185. Причина О.С., Орехов В.Д., Есипова Э.Ю. Закономерности трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда. Социальная политика и социология. 2017. Т. 16. № 6 (125). С. 25–35. URL: https://rgsu.net/netcat_files/multifile/5219/3/SP_6_2017_V_PeChAT_.pdf

186. Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-БАК. Проблемы экономики и юридической практики — № 2, 2017. — С.77–81.

187. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Министерство образования и науки России, М., ДМ-П8-5. 2013.

188. Производительность труда в России — итоги, планы, перспективы. Портал «Управление производством». 2016. URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/putin-chemezov.html

189. Рейтинг стран по ВВП (ППС). NoNews URL: <https://nonews.co/directory/lists/countries/gdp-ppp>. Дата обращения: 14.08.2019.

190. Реферативная база данных Scopus.

191. Россия должна увеличивать производительность труда на 5–6% ежегодно. Портал «Бизнес и власть», 2017. http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/itogi-plany-2017.html

192. Руденский О.В., Рыбак О.П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030. Информационно-аналитический бюллетень № 3. http://www.vixri.com/wp-content/uploads/2011/08/inf3_2010.pdf.

193. Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики / Науч. сов. по Прогр. фонд. исслед. Презид. Росс. акад. наук «Экономика и социология знания». — М., 2012. — С. 38. (Экономика и социология знания).

194. Самсонова О.В. Проблемы управления образованием. Инвестиции в образование. Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск № 16. Сентябрь 2008 г.

195. Системное управление инновациями. / Т 848 Системное управление инновациями: Учеб. пособие в 6 книгах / пер. с англ.; Гл. ред. Т.В. Лютова. Жуковский АНО ВО «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2017.

196. Советский энциклопедический словарь. — М., 1987.
197. СССР в цифрах в 1975 году. — М., 1976. — 238 с.
198. Тест Вудкока. Оценка эффективности команды. HR-Portal. 2017. <http://hr-portal.ru/tool/test-vudkoka-ocenka-effektivnosti-komandy>
199. Тест Р.М. Белбина «Командные роли». <http://psychok.net/testy/674-test-r-m-belbina-komandnye-rol-i-klassifikatsiya-rolej-v-gruppe>
200. Турчин А.В., Батин М.А. — Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 263 с.
201. Управление знаниями в организациях: Учеб.-метод. пособие / Подгот. Н.М. Жаворонковой. Под ред. В.Н. Голубкина. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2007.
202. Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. — 2007. — № 7.
203. Философия: Энциклопедический словарь. — М.: Гардарики. Под редакцией А.А. Ивина. 2004.
204. Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономика / Пер. 2-го англ. изд. — М.: Дело Лтд, 1995. — С. 236.
205. Флопс, суперкомпьютеры. — Википедия, 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki/FLOPS>
206. Хель И. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? Hi-News.ru. URL: <https://hi-news.ru/business-analitics/industriya-4-0-cto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revoluciya.html>
207. Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. — М., 2007. Раздел: «О понятии “экономика знаний”». http://www.issras.ru/papers/probpr03_2007_Mindeli.php
208. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. — М.: Прогресс, 1982.
209. Щедровицкий Г.П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. М., 1983.
210. Щенников С.А. Новые технологии образования: Опыт сотрудничества МЦДО «ЛИНК» и Британского Открытого Университета // Международное науч. сотрудничество. 1995. № 3. С. 22.
211. Электроэнергия. Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электроэнергия>
212. Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. — М., 1999. — Табл. 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>

Научное издание

**Орехов Виктор Дмитриевич,
Причина Ольга Сергеевна**

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИННОВАТИКИ

Монография

Технический редактор: Мовсесян Лина
Корректura: Кузьменко Марина
Компьютерная верстка: Семенова Елена

Издательство «Знание-М»

Подписано в печать 20.10.2022. Формат 60х84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура «Times». Печать цифровая.
Усл. печ. л. 25,34. Заказ № 8112. Тираж 500 экз.
Отпечатано с готового оригинал-макета в издательско-полиграфическом комплексе
Северо-Кавказского федерального университета
355038, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2

Издано в научных и учебных целях.