

Глава 3. Прогнозирование динамики технологических революций

3.1. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции²⁰¹

Последний мировой экономический кризис сделал крайне актуальным вопрос о причинах возникновения таких кризисов и об их связи с промышленными революциями. Характерно, что разные авторитетные авторы выделяют различное количество крупнейших промышленных революций и видят различные причины их возникновения^{202, 203, 204, 205, 206, 207}. В результате возникает терминологическая неоднозначность в понимании этих важных для экономики явлений.

Данная ситуация осложняется тем, что после того, как промышленная революция свершилась, может происходить экспоненциальный рост показателей, характеризующих эту революцию и, в результате, каждое следующее эволюционное достижение может выглядеть как новая революция.

Точная идентификация направленности промышленных революций важна для экономики, поскольку дает ориентиры изобретателям, инноваторам, инвесторам и законодателям в их деятельности по промышленному развитию. Отсутствие таких ориентиров приводит к задержке темпов роста соответствующей технологии, стагнации общественного развития и потерям, исчисляющимся многими триллионами долларов. Представляется, что такая ситуация наблюдается в течение последнего десятилетия после кризиса 2008 года, что и делает особенно актуальным понимание истоков соответствующей технологической революции.

Система знания человечества не развивается с одинаковой скоростью во всех дисциплинарных областях, а делает рывки именно в тех направлениях, для развития которых созрели условия, и которые дают наибольшую пользу человечеству именно в это время. Так, сейчас мы получаем максимальный рост благ от информационных технологий, ранее пользовались успехами научно-технической революции, еще раньше – промышленной и так далее.

²⁰¹ Основные результаты опубликованы в работах: Причина О.С., Орехов В.Д., Горшенин В.П. Проблемы экономики и юридической практики. М., Юр-БАК. 2017, № 6. С. 43–48.

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

²⁰² Alvin Toffler. The Third Wave. Londo: Pan Books Ltd, 1981.

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

²⁰⁵ Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. 1925. Т. I, вып. 1.

²⁰⁶ Tateisi K. The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989. (Рус. пер. Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. М.: Московский бизнес, 1990).

²⁰⁷ Schumpeter J. A. A Theorist's Comment on the Current Business Cycle // Journal of the American Statistical Association. 1935. Vol. 30 (189).

Именно в области технологической революции развитие науки и производства идет наиболее быстрыми темпами, что характеризуется и наивысшей производительностью труда. Данный раздел посвящен исследованию системы и динамики технологических революций как важнейших факторов, влияющих на экономику труда страны.

3.1.1. Обзор прогнозов технологических революций

В работе американского социолога Элвина Тоффлера²⁰⁸, (1981), провозглашен переход к третьей технологической революции. На смену первой волне (аграрной цивилизации, возникшей 10 000 лет назад) и второй (индустриальная цивилизация, появившаяся в результате промышленных революций) приходит третья – сверхиндустрия, производительными силами которой будут знания и информация. Датой начала третьей волны Тоффлер считает 1956 год, когда в США «белые воротнички» и служащие численно превзошли заводских рабочих с «голубыми воротничками». По мнению Тоффлера, экономическим костяком третьей волны будут электроника и ЭВМ, космическое производство, использование глубин океана и биоиндустрия.

Влиятельный американский экономист и эколог Джереми Рифкин также говорит о третьей промышленной революции. Приоритетной задачей ЕС, по его словам, «должно стать лидерство в третьей промышленной революции»²⁰⁹, поскольку «в июле 2008 г. глобальная экономика остановилась. Это экономическое потрясение возвестило о начале конца эры ископаемого топлива». Вторая промышленная революция, считает Рифкин, – это сочетание электроснабжения, энергетики на базе нефти и автомобилизации. Новую экономическую эру может сформировать создание коммуникационно-энергетической инфраструктуры. Европарламент одобрил декларацию о третьей промышленной революции 14 мая 2007 года. План третьей промышленной революции Рифкин представил в мае 2011 г. в обращении к 50-й конференции OECD в Париже, где присутствовали главы государств и министры 34 стран-участниц.

Однако экономический форум в Давосе в 2015 году прошел под лозунгом «Четвертая промышленная революция»²¹⁰. По мнению швейцарского экономиста Клауса Мартина Шваба, в центре третьей революции находилась электроника и информационные технологии, автоматизировавшие производство. Началась она в середине прошлого века. По его мнению, первая промышленная революция продолжалась в развитых странах почти до конца XIX века, вторая произошла в начале XX века. Теперь заявлено о новой «революционной ситуации» – немецкой концепции «Индустрия 4». Четвертая промышленная революция как бы выходит из третьей. Она характеризуется слиянием технологий и стиранием граней между физическими, цифровыми и биологическими сферами. Драйвером

²⁰⁸ См. [202].

²⁰⁹ См. [203].

²¹⁰ См. [204].

очередной технологической революции, как это видят немецкие промышленники, будет «интеграция киберфизических систем» (рис. 3.1)²¹¹.

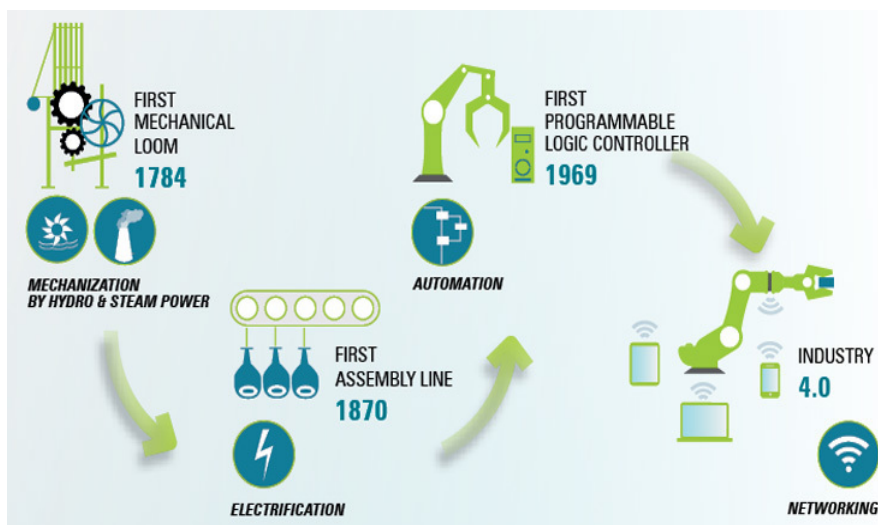


Рис. 3.1. Место Индустрии 4.0 в череде технологических революций

В своей работе Шваб отмечает три технологических мегатренда, выделенных экспертным сообществом: физический, цифровой и биологический. К первому относится беспилотный транспорт, 3D-печать, робототехника и новые материалы. Во втором блоке выделяются сетевые платформы, упрощающие контакты и сделки между людьми, а также интернетизация вещей. Именно эти два мегатренда и составляют основу «киберфизических» систем. В то же время биологический мегатренд рассматривается Швабом относительно ограниченно.

На закономерность циклического развития экономики одним из первых указал Н.Д. Кондратьев²¹², который выявил длинноволновые циклы экономической деятельности продолжительностью примерно в 50 лет. Считается, что в основе эндогенного механизма волн Кондратьева находится циклическая замена основных капитальных благ, в частности, периодичность длинных волн определяется средним сроком жизни производственных инфраструктурных сооружений.

Йозеф Шумпетер^{213, 214} развил учение Н.Д. Кондратьева и разработал *инновационную* теорию длинных волн. Он считал, что главной движущей силой экономического развития являются научно-технические инновации. Й.А. Шумпетер писал, что «когда какая-либо инновация внедряется в промышленность, происходит "вихрь созидательного разрушения", подрывающий равновесие прежней экономической системы. Он вызывает уход старых технологий и орга-

²¹¹ Велленсик М. Индустрия 4.0. Доклад на международной научно-практической конференции «Технологические вызовы и управленческие решения». гор. Ульяновск, 20-21 октября 2016.

²¹² См. [205].

²¹³ См. [207].

²¹⁴ Schumpeter J. A. Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. McGraw-Hill Book Company, , Inc. 1939, 461 pp.

низационных структур и возникновение новых отраслей и институциональных возможностей. В результате этого происходит очень быстрое экономическое развитие»²¹⁵.

В отличие от Н.Д. Кондратьева и Шумпетера²¹⁶, такие авторы, как Р. Курцвел²¹⁷, В. Виндж²¹⁸, С.П. Капица²¹⁹, К. Татеиси²²⁰ и другие, считают, что революционные изменения в истории человечества происходят, ускоряясь со временем по мере приближения к точке условной технологической сингулярности, которая соответствует примерно 2025 году.

Согласно хронологии, приведенной в курсе археологии Фачинни^{221, 222}, весь путь развития человека от раннего антропогенеза до предвидимого будущего имеет вид, представленный в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Эпохи человечества в логарифмической шкале времени

№	Дата	Культурный период	История, технология, культура
13	2050	Стабилизация населения	Изменение возрастного распределения
12	2005	Демографический переход	Урбанизация, глобализация
11	1960		Настоящее время, компьютеры
10	1840	Новейшая история	Электричество, мировые войны
9	1500	Новая история	Промышленная революция, книгопечатание
8	500 н.э.	Средние века	Географические открытия, падение Рима
7	2000 д.н.э.	Древний мир	Греческая цивилизация
6	9000	Неолит	Письменность, города, сельское хозяйство
5	29000	Мезолит	Бронза, керамика, микролиты
4	80000	Мустье	Заселение Америки, шаманы
3	220 000	Ашель	Хомо сапиенс, язык, огонь
2	0,6 млн.	Шелль	Заселение Европы и Азии, рубила, речь
1	1.6 млн.	Олдувай	Галечная культура, Homo Habilis
0	4.5 млн.	Антропогенез	Отделение Гоминидов от Гоминоидов

Весьма интересным выглядит прогноз Кадзума Татеиси, главы корпорации «Омрон». Около 1970 года он разработал теорию SINIC (Seed-Innovation to Need-Impetus Cyclic Evolution), согласно которой с древних времен до наших дней

²¹⁵ Цит. по кн.: Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. – М.: ИСПИ РАН, 2012. С. 38.
http://socmodel.com/sites/socmodel.com/files/books/WorldDynamics_part1.pdf

²¹⁶ См. [207].

²¹⁷ Kurzweil R. The Singularity Is Near. N. Y.: Viking, 2005.

²¹⁸ Vinge V. The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era". Whole Earth Review, 1993.

²¹⁹ См. [12].

²²⁰ См. [206].

²²¹ Facchini F. Le origini l'uomo. Introduzione alla paleoantropologia/ Pref. di Y. Coppens. Milano: JACA Book, 1993.

²²² Капица С. П. Математическая модель роста населения мира // Мат. модел. 1992. Т. 4, №6.

в истории человечества произошло десять главных инновационных сдвигов. Согласно Татеиси, революции следуют в ускоряющемся темпе по времени (табл. 3.2)²²³.

Таблица 3.2. Стадии развития общества по К. Татеиси

Время, лет	Революция	Общество
100 000 до н.э.		Первобытное
12 000 до н.э.		Коллективное
700 н.э.		Аграрное
1302		Ремесленническое
1765	1-я промышленная	Промышленное
1876	2-я промышленная	Механизации
1945	Научно-техническая	Автоматизации
1974	Кибернетическая	Кибернетики
2005	Биотехнологическая	Оптимизации
2025	Психокинетики	Автономное

Предсказанная Татеиси 45 лет назад революция, которую он предполагал биотехнологической, состоялась с точностью в 2-3 года, если считать датой революции точку явного проявления кризиса. Для долговременных прогнозов такая точность (~5%) может считаться очень высокой.

Важно также, что в отличие от представленных выше авторов Татеиси делает свои прогнозы на основе анализа жизненного цикла различных технологий, которые в период зарождения растут *экспоненциально*²²⁴.

Татеиси возглавлял одну из ведущих корпораций в сфере автоматики (кибернетики), объем продаж которой с 1955 по 1970 год увеличивался на 30–55% ежегодно. По его мнению, такой рост возможен только, если «оседлать мегатенденцию». Несмотря на то, что в своей таблице он устанавливает датой Кибернетической революции 1974 год, он пишет, что первый период быстрого роста корпорации «Омрон» продолжался с 1955 по 1970 год, а с 1983 года начался второй период быстрого развития, который по темпам роста и продолжительности может превзойти первый. Эти 15 лет он называет «золотой эрой кибернетики и информатики», а с 2005 года ведущим мегатрендом, согласно его теории SINIC, должна стать биотехнология.

J. Attali также отмечает десять инновационных сдвигов в течение новой эры, которые происходили по мере развития рыночных отношений, ускоряясь по времени. Однако каким будет содержание очередной революции, как видно по разнообразию прогнозов, до сих пор не ясно. Ситуация «зависла» более чем на 10 лет и научно обоснованных выводов по данному поводу явно не хватает. Вместе с тем страны, которые точно определяют вектор будущих технологических изменений, получают огромное конкурентное преимущество и возможность вы-

²²³ См. [206].

²²⁴ См. [206].

рваться вперед в своем развитии. Размер приза будет составлять десятки триллионов долларов.

Подводя результаты проведенного обзора представлений различных авторов о системе технологических революций, суммируем следующие итоги:

1. Различные авторы предсказывают наступление: третьей, четвертой, десятой и т.д. научной революции.
2. В качестве мегатренда последней революции выделяют: знание-информационный, коммуникационно-энергетический, киберфизический, биоиндустриальный и др. При этом одни утверждают, что революция характеризуется единым мегатрендом, а другие считают, что их может быть несколько одновременно.
3. Одни авторы считают, что революции следуют через равные промежутки времени, а другие – учащаясь во времени.
4. Одни считают, что ускорение следования революций ведет к технологической сингулярности, а другие – к последующему снижению темпов роста по типу S-образной (логистической) зависимости.
5. Ряд авторов соединяют революции в пары, близкие по содержанию.
6. Отмечается закономерное следование революций на протяжении тысяч лет.
7. В качестве причин закономерного следования революций отмечаются необходимость замены основных капитальных благ, технологические инновации и рост объема явных знаний человечества.

3.1.2. Содержание прошедших технологических революций

Предложенное выше деление технологических революций на два вида (основные и предвестники) требует проверки правомерности данного утверждения. С этой целью в табл. 3.3 приведены основные технические, технологические и организационные достижения, характеризующие рассматриваемые революции и последующие эпохи^{225, 226, 227}. Аналогичный перечень часто называют технологическим укладом, 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. Для характеристики технологических достижений эпох по мере наличия соответствующих инноваций будем использовать следующие факторы: название революции, способ производства,

²²⁵ Bunch, B., Helleman, 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

²²⁶ Ошарин А.В., Ткачев А.В., Чепагина Н.И. История науки и техники: Учеб.-метод. пособие. – СПб., 2006. 143 с. http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_humanitarian_15.html

²²⁷ Черный А.А. История техники: Учеб. пособие. Пенза, 2005. 189 с. http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_humanitarian_15.html

ключевой фактор, двигатель, энергоноситель, транспортное средство, инструмент, материал, оружие, инноватор, метод лечения, технология передачи информации, метод обучения и др.

Из табл. 3.3 достаточно хорошо видно, что соответствующие указанным датам инновационные сдвиги по своему содержанию попарно связаны. Так, эпоха Возрождения 1530 – 1680 годов и последующий сдвиг 1680–1780 годов, связанный с возникновением классической науки, в значительной мере перекликаются содержательно, и оба они связаны со становлением науки.

Таблица 3.3. Инновации, характеризующие технологические эпохи

п	Годы	Технические, технологические и другие достижения
3	1330–1530	Ремесленная революция (проторенессанс): ремесленное производство, ручной труд, цеховая система, банк, ветряная мельница, полностью парусные суда, навигация, астролябия, медицинские инструменты, листовое стекло, арбалет, порох, артиллерия, изобретения Леонардо да Винчи, техника живописи, принципы перспективы, университет, открытие Америки
4	1530–1680	Возрождение: товарное производство, авторское и патентное право, географические открытия, гуманитарные науки, конный плуг, токарный станок, зеркало, огнестрельное ружье, аналитическая геометрия, таблица логарифмов, труды Н. Коперника, Г. Галилея, Й. Кеплера, Е. Торричелли, Ф. Парацельса, книгопечатание, возникновение мир-системы по Валлерстайну
5	1680–1780	Классическая наука: научный подход, телескоп, микроскоп, маятниковые часы, термометр, арифмометр, фрезерный станок, паровой двигатель, оружие с кремниевым затвором, дифференциальное исчисление, законы И. Ньютона, академия наук, научный журнал, педагогика
6	1780–1850	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	1850–1900	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	1900–1935	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	1935–1960	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 революция (постиндустриальная): 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, микрочип, 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, системы распознавания, секвенирование, анализ генома человека, ГМО, клонирование, дистанционное обучение, компьютерная грамотность
12	2010–2038	Предбиотехнологическая революция (К6): глобализация, генная инженерия, нанoeлектроника, нанотехнология, новая фармацевтика, биомедицина, имплантация, клеточные технологии, возобновляемая энергетика, сланцевый газ, наноматериалы, мультимедиа, 3D-печать, управление знаниями, элементы экономики знания, электронное обучение
13	2038 ...	Биотехнологическая 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, искусственный интеллект, квантовый компьютер, термоядерный реактор, биоэнергетика

Первая и вторая промышленные революции связаны со становлением промышленного производства, которое развивается на базе достижений предыдущих научных сдвигов и принципов механики. Хотя конкретные технологические достижения этих эпох и различаются, в них есть много общего.

Следующие два инновационных сдвига 1900–1935 и 1935–1960 годов связаны с научно-технической революцией. Их основная черта – автоматизация производства, широкое использование электроэнергии, массовое применение достижений науки в технике.

Далее следует пара инновационных сдвигов 1960–1980 и 1980–2010 годов, которые базируются на достижениях кибернетики, информационных технологий, микроэлектроники, компьютерной техники и т.д. По мнению Татеиси, сердцевиной этих революций являются технологии «трех К»²²⁸: компьютеры, коммуникации и контроль (управление). Вместе с тем реализуются и ряд радикальных инноваций НТР, особенно в первый из указанных периодов. Среди них следует отметить ядерную и ракетно-космическую технику.

²²⁸ См. [206].

Выделение этих двух эпох можно заметить в трудах авторов, которые отмечают, что на смену индустриальному обществу приходит постиндустриальное^{229, 230}. Оно в свою очередь заменяется информационным (кибернетическим) и далее – обществом знания²³¹. Однако термин "постиндустриальная" не характеризует движущие силы технологической революции, и в этом смысле содержательнее слово «предкибернетическая».

Следует отметить, что в литературе в качестве названия революции конца XX века значительно чаще употребляется термин «информационная», чем «кибернетическая». Однако ключевым действующим агентом этой революции является именно кибернетика, а информация существовала всегда, причем иногда отмечают, что данная революция является четвертой из числа информационных.

По поводу содержания последних технологических сдвигов 2010 – 2038 годов у разных авторов существуют различные мнения, однако в настоящее время наибольший объем публикаций в мире сосредоточен в областях, связанных с медициной и биотехнологиями^{232, 233}: медицина ~35%; биохимия, генетика, молекулярная биология ~13%; биология и сельское хозяйство ~5%; фармакология и токсикология ~4%; иммунология и микробиология ~3%. 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 технологического сдвига, результаты которого можно лишь прогнозировать.

В то же время продолжается поток новых технических решений, являющихся результатом кибернетической революции. Значительных результатов, которые можно было бы отнести к НТР, относительно мало. Следует отметить, что все выявленные сдвиги-предвестники несут значительный объем инноваций, мало уступающий по количеству основному сдвигу. Однако результаты второго из пары сдвигов, как правило, более значимы для человечества, поскольку позволяют полностью реализовать потенциал революции.

3.1.3. Анализ дат технологических революций

Для определения математической зависимости, которой подчиняются даты начала технологических революций²³⁴, представим в виде таблицы даты всех важнейших инновационных сдвигов в течение последних 2000 лет, по данным различных авторов (см. табл. 3.4).

В предпоследней строке табл. 3.4^{235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245} приведено среднее значение даты **T(n)** по каждому столбцу с номером **n**, а в последней – период между революциями **ΔT(n)**.

²²⁹ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

²³⁰ Белл Д. Социальные рамки информационного общества. Новая технократическая волна на Западе. М.: Прогресс, 1986. С. 330–342.

²³¹ Миндели Л.Э., Пипия Л. К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. // Проблемы прогнозирования. – 2007. – № 3.

²³² Главачева Ю.Н. SciVerse Scopus – продукт компании. Elsevier. 2013.
http://library.kpi.kharkov.ua/Prezent/2_scopus.pdf

²³³ Реферативная база данных Scopus. <http://www.elsevier.com/online-tools/scopus/content-overview#content-overview>

²³⁴ См. [1].

²³⁵ См. [204].

Таблица 3.4. Даты технологических революций

Автор	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Кондратьев Н.Д. ²⁴⁶					1789	1845	1898	1949		1985	2018	
Шумпетер Й.А. ²⁴⁷					1785	1845	1900	1950		1990	2020	
Глазьев С.Ю. ²⁴⁸					1770	1830	1880	1930	1970		2010	
Яковец Ю.В. ²⁴⁹	450	1350			1731					1973		
Татеиси К. ²⁵⁰	700	1302			1765		1876	1945	1955	1974	2005	2025
Панов А.Д. ²⁵¹	500		1500			1835		1950		1991		
Facchini F. ²⁵²	500		1500			1840			1960		2005	2050
Капица С.П. ²⁵³	500		1500			1840		1955		2000		2050
Schwab, К.М. ²⁵⁴					1784		1870		1956			2025
Молчанов А.В. ²⁵⁵	630	1325		1674		1848		1934		1978		
Орехов В.Д. ²⁵⁶	630	1325		1674		1848		1935		1978	2010	2040
Bunch, В., <i>et al.</i> ²⁵⁷	530		1453	1660	1735	1820	1895	1945		1972	2003	
Подлазов А.В. ²⁵⁸	250	1350			1770			1930		1990		
Bell D. ²⁵⁹									1961			
Среднее T(n)	521	1330	1488	1669	1766	1839	1887	1942	1960	1983	2010	2038
$\Delta T(n)$, лет		809	158	181	97	73	48	55	18	23	27	28

²³⁶ См. [205].²³⁷ См. [207].²³⁸ См. [12].²³⁹ См. [206].²⁴⁰ Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Эконом. и мат. методы. 1986, № 5. С. 793-804.²⁴¹ Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. М., 1999. Таблица 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>²⁴² Молчанов А.В. Развитие теории С. П. Капицы. Гипотеза сети сознания // Наука и техника. 2009.²⁴³ Орехов В.Д. Инновационный процесс и его роль в развитии человечества // Матер. 2-й междунар. научн.-практ. конф.: Шумпетеровские чтения. Пермь, 2012. С. 85.²⁴⁴ См. [225].²⁴⁵ Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. М.: препр. ИПИМ им. Келдыша, 2000. http://www.keldysh.ru/papers/2000/prep73/prep2000_73.html²⁴⁶ Цит. по: Экономическая теория: Учеб. / Под ред. В.И. Видяпина и др. М., 2007. – С. 472.²⁴⁷ Цит. по: Агарков С.А., Кузнецова Е.С., Грязнова М.О. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика. – М., 2011. – Рис. 3.1. <http://www.monographies.ru/112-3768>²⁴⁸ Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Эконом. и мат. методы. – 1986. – № 5. – С. 793-804.²⁴⁹ Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. – М., 1999. – Табл. 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>²⁵⁰ Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. – М., 1990. – С. 192.²⁵¹ Панов А.Д. Единство социально-биологической эволюции и предел ее ускорения. Историческая психология и социология истории. №2, 2008. – С. 35.²⁵² Facchini F. Le origini l'uomo. Introduzione alla paleoantropologia/ Pref. di Y. Coppens. Milano: JACA Book, 1993.²⁵³ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 79.²⁵⁴ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.²⁵⁵ Молчанов А.В. Развитие теории С. П. Капицы. Гипотеза сети сознания // Око планеты. – 2009 // Естествознание. – 2009 // Наука и техника. – 2009. <http://oko-planet.su/science/scienceclassic/page,1,3371-a.v.-molchanov-razvitie-teorii-s.p.-kapicy.html>²⁵⁶ Орехов В.Д. Инновационный процесс и его роль в развитии человечества // Матер. 2-й междунар. научн.-практ. конф.: Шумпетеровские чтения. – Пермь, 2012. – С. 85. <http://www.sr.pstu.ru/files/SchumpeterianReadings2012.pdf>²⁵⁷ Bunch, В., Helleman, 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.html²⁵⁸ Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. – М., 2002.²⁵⁹ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

Видно, что в начале нашей эры промежутки между революциями достаточно большие, а затем они уменьшаются (рис. 3.2). После 1960 года промежутки между революциями $\Delta T(n)$ начинают медленно увеличиваться. Такая закономерность, скорее всего, связана с гиперболическим законом роста численности человечества (1.1) до 1960 года и гиперболическим темпом роста знания (1.16). С приближением к дате сингулярности T_s (примерно с 1960 года) происходит так называемый демографический переход, и рост числа людей становится более медленным, чем по гиперболе (1.1). При этом технологические революции также начинают происходить через большие периоды $\Delta T(n)$, чем в соответствии с геометрической прогрессией, члены которой, как видно на рис. 3.2, выражаются формулой

$$\Delta T(n) = \Delta T(n-1)/2^{0.5}. \quad (3.1)$$

Характерно, что знаменатель этой прогрессии равен $1/2^{0.5} \approx 0,707$, а за две революции период между революциями уменьшается вдвое. Для суммы членов прогрессии (3.1) имеем:

$$T(n) = A + B \cdot (1 - 2^{-n/2}). \quad (3.2)$$

Для определения коэффициентов **A** и **B** используем средние значения $T(n)$ из табл. 3.4 при $n = (3 \dots 11)$, а также метод среднеквадратичной аппроксимации. Величина $T(n = 4)$ является выпадающей, поэтому эта точка не используется. Для определения значений **A** и **B** используем метод градиентного спуска. В результате получим, что (с точностью до целых значений) **A** = 50, **B** = 1970, среднеквадратичное отклонение равно 7.4 (все величины в годах).

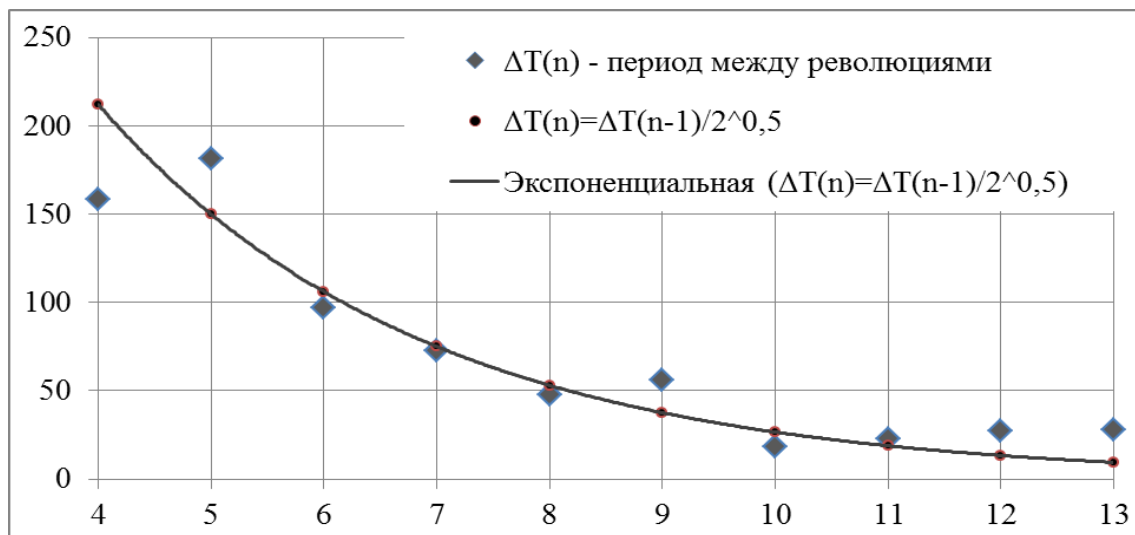


Рис. 3.2. Периоды между технологическими революциями

Если не отбрасывать точку $n = 4$, то **A** = 45, **B** = 1970, среднеквадратичное отклонение 14.7. Таким образом, формула (3.2) может быть представлена в виде

$$T_n = 50 + 1970(1 - 2^{-n/2}). \quad (3.3)$$

Средние значения дат технологических революций $T(n)$ из табл. 3.4, а также значения $T(n)$, рассчитанные по формуле (3.3), приведены в табл. 3.5 (нумерация революций в левой части таблицы несколько изменена).

Таблица 3.5. Даты технологических революций в новой эре

№ революции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Среднее $T(n)$		521		1330	1488	1669	1766	1839	1887	1942	1960	1983
$T(n)$ по ф-ле (3.3)	50	627	1035	1323	1527	1671	1773	1845	1896	1932	1957	1975
Погрешность		106		-7	39	2	7	6	9	-10	-3	-8

Видно, что по сравнению с табл. 3.4, появились две дополнительные даты: 50-й и 1035-й годы, которые не были учтены в предыдущих работах. Остальные же даты революций достаточно хорошо аппроксимируются формулой (3.2) примерно до 1980 года. Характерно, что согласно формуле (3.2), при $n \rightarrow \infty$: $T_n \rightarrow 2020$ году, то есть стремится к дате, близкой к точке сингулярности. Здесь даты революций указаны с точностью до одного года. Однако ясно, что реальные технологические сдвиги происходят не точно в указанное время, и более корректно округлять их примерно до десятилетий.

3.1.4. Сочетание революций и экспоненциальной эволюции

Являются ли происходящие в современном обществе изменения технологической революцией или эволюцией? Изучение книги Шваба «Четвертая промышленная революция» вряд ли делает этот вопрос яснее. С одной стороны, предъявляется потенциал для относительно серьезных техно-социальных изменений, а с другой, в основе этих изменений лежит эволюционный процесс совершенствования кибернетической техники.

Закон Мура²⁶⁰, согласно которому удвоение числа транзисторов на микросхеме происходит примерно раз в полтора года, привел к увеличению производительности компьютерных устройств в миллиарды раз. Это произошло не только за счет экспоненциального роста количества элементов микросхем, но и в результате столь же быстрого увеличения скорости их работы.

²⁶⁰ Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Electronics. 1965. April 19. Pp. 114–117.

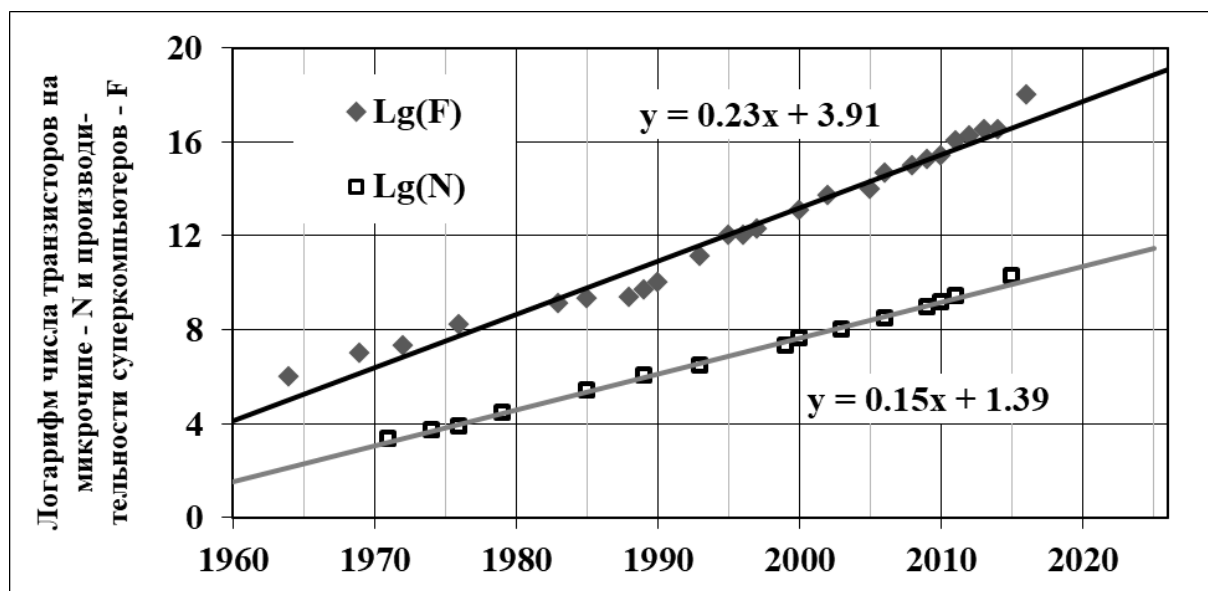


Рис. 3.3. Закон Мура и производительность суперкомпьютеров (в флопсах)

На рис. 3.3 в логарифмическом масштабе представлена динамика роста параметров микросхем и суперкомпьютеров до настоящего времени²⁶¹. Здесь N – число транзисторов на микросхеме, F – производительность суперкомпьютеров в флопсах.

На оси ординат приведен десятичный логарифм величин F , N ; $x = T - 1960$. Видно, что обе зависимости экспоненциальные (в логарифмической системе координат – линейные) и аппроксимируются формулами:

$$\text{Lg}(N) = 1.39 + 0.15(T - 1960) \quad (3.4)$$

$$\text{Lg}(F) = 3.91 + 0.23(T - 1960). \quad (3.5)$$

Принято считать революцией радикальное, резкое изменение в развитии. Но закон Мура характеризует эволюционное, непрерывное изменение производительности компьютерных систем в соответствии с одной закономерностью – экспонентой. С другой стороны, масштаб этих изменений (до 10 порядков и больше) приводит к качественным – революционным и быстротечным изменениям в других технологических и социальных сферах.

Если соотнести сроки действия закона Мура (рис. 3.3) с датами технологических революций из табл. 3.4, 3.5, то мы увидим, что он действовал на протяжении двух технологических эпох с 1960 по 2010 год и продолжает действовать далее. Тем самым, он выразил собой действие двух технологических революций кибернетического типа и продолжает работать.

Если бросить ретроспективный взгляд на изменения в промышленном производстве со времени первой промышленной революции, то во многих сферах тоже можно увидеть гигантский рост. Так, мощность первой трехфазной электростанции, созданной Т. Эдисоном в 1882 году, составляла 500 кВт, а сейчас мировые генерирующие мощности составляют около 4 млрд кВт, т.е. примерно на семь порядков больше. И конечно, рост энергопотребления привел к ради-

²⁶¹ Закон Мура. – Википедия, 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

кальному изменению образа жизни людей и работы промышленности, создал условия для возникновения электроники.

Характерно, что дата создания первой трехфазной электростанции близка к дате соответствующей технологической революции (около 1890 года), и далее, на протяжении двух эпох научно-технических революций (НТР) (примерно с 1900 по 1970 год) рост производства электроэнергии²⁶² (рис. 3.4) происходил в соответствии с экспонентой, растущей в 2.35 раза за 10 лет, что указывает на генетическую связь НТР с электроэнергетикой и электротехникой. При этом производство электроэнергии на одного человека также росло экспоненциально, но за 10 лет ее количество возрастало в 2.1 раза.

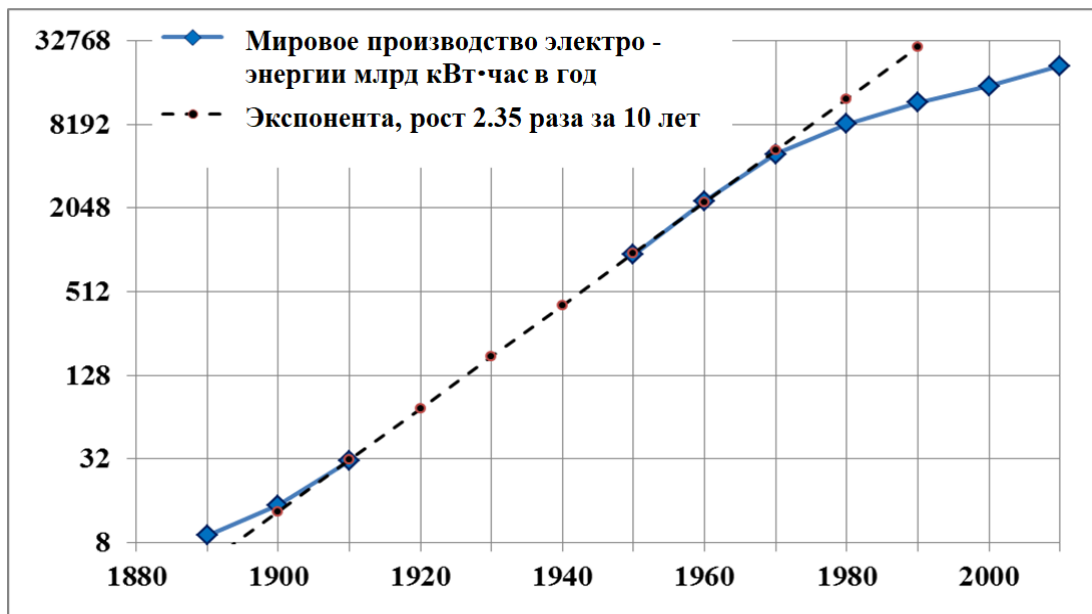


Рис. 3.4. Мировое производство электроэнергии (млрд кВт·ч в год)

После 1980 года увеличение производства электроэнергии стало более медленным, но также экспоненциальным с темпом роста 3.2% в год, что примерно соответствует темпу роста мирового ВВП (рис. 3.5). В 1980 году производство электроэнергии на душу населения превысило 5 кВт·ч/чел в день или всего 210 Вт средней энерговооруженности человека. К 2015 году эта величина достигла 390 Вт. Следует отметить, что это лишь в несколько раз больше мощности, развиваемой человеком (около 100 Вт).

На рассмотренных выше примерах НТР и кибернетических революций мы видим попарное объединение соответствующих длинных волн²⁶³ на единой технологической основе, что можно наблюдать по некоторым важнейшим для данной технологии параметрам.

²⁶² Мировая энергетическая статистика. Ежегодник 2016, <https://yearbook.enerdata.ru>

²⁶³ См. [205].

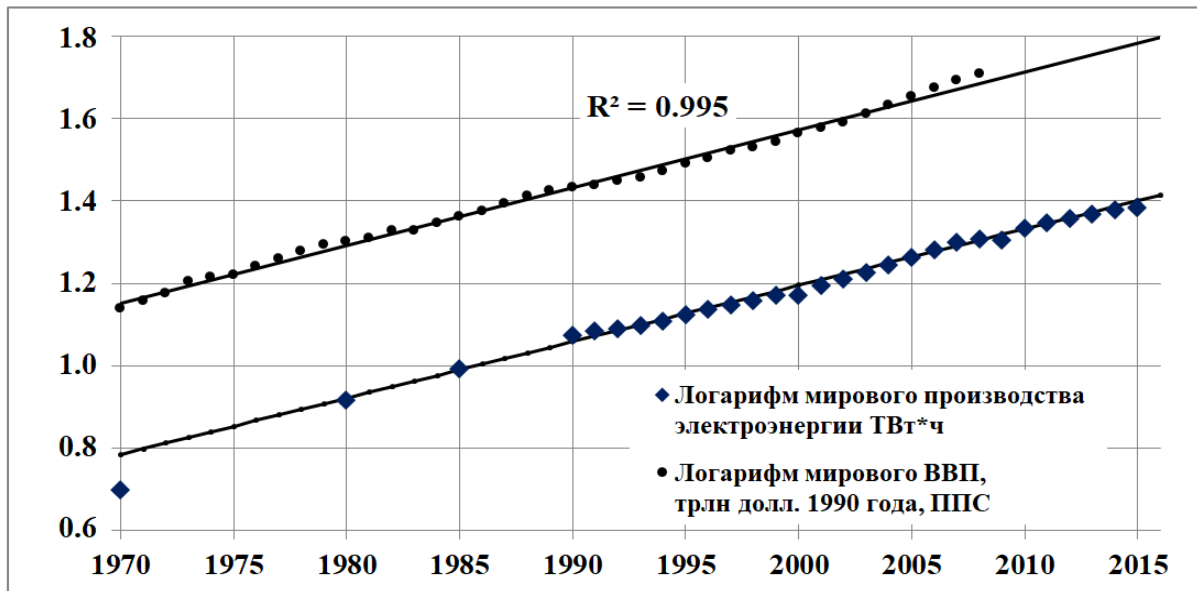


Рис. 3.5. Мировой ВВП и производство электроэнергии после 1970 года

Можно также утверждать, что в качестве времени их начала следует принимать дату, с которой в результате некоторого фундаментального изобретения начинается экспоненциальный рост соответствующего важного для данной технореволюции параметра. Именно период экспоненциального роста определяет данную технологическую эпоху, хотя экспоненциальный рост может окончиться несколько позже завершения соответствующей эпохи.

3.1.5. Завершение кибернетической эпохи

В настоящее время зависимости (3.4), (3.5), характеризующие развитие кибернетических технологий, находятся на стадии экспоненциального роста ($dN/dT \approx N/C$). Однако в дальнейшем они должны следовать дифференциальному уравнению для S-образной или «логистической» кривой, поскольку бесконечный рост физически невозможен.

Закон Мура является феноменологическим. Он констатирует существующую зависимость, но не объясняет, какие закономерности определяют то, что относительная скорость роста числа транзисторов на микропроцессоре

$$(1/N)dN/dT \quad (3.6)$$

является постоянной. Поскольку в локальный период действия закона Мура мировой ВВП рос примерно согласно экспоненте²⁶⁴, то можно было бы предположить, что именно это стало причиной данной закономерности. Однако за 50 лет ВВП вырос примерно на порядок, а количество транзисторов на микрочипе – на восемь порядков, что делает данную взаимосвязь маловероятной. Однако прирост ВВП по различным отраслям происходил неравномерно и поскольку эти годы соответствуют периоду кибернетических революций, то повышенный спрос на инновационные разработки существовал именно в этой отрасли, что

²⁶⁴ См. [31].

инициировало активную работу по созданию более мощных микропроцессоров. Можно предположить, что валовый продукт этой отрасли рос именно с экспоненциальной скоростью и намного порядков.

Пока не ясно, какова величина максимального числа транзисторов на микропроцессоре. Можно предположить минимум два варианта. Либо это исчезновение внешних условий, поддерживающих постоянную относительную скорость роста (3.6), либо возникновение принципиальных пределов роста. В рамках второго варианта можно исходить из того, что человеческий мозг близок к такому пределу. Мозг человека содержит примерно пятьдесят миллиардов нейронов, каждый из которых имеет порядка 10 000 входов (синапсов). Исходя из этого, максимальное число транзисторов можно оценить величиной на уровне $N_{\max} = 10^{16}$, или на несколько порядков больше. Достигнуть такого уровня, согласно закону Мура (3.5), можно после 2060 года, но при логистической зависимости – несколько позднее.

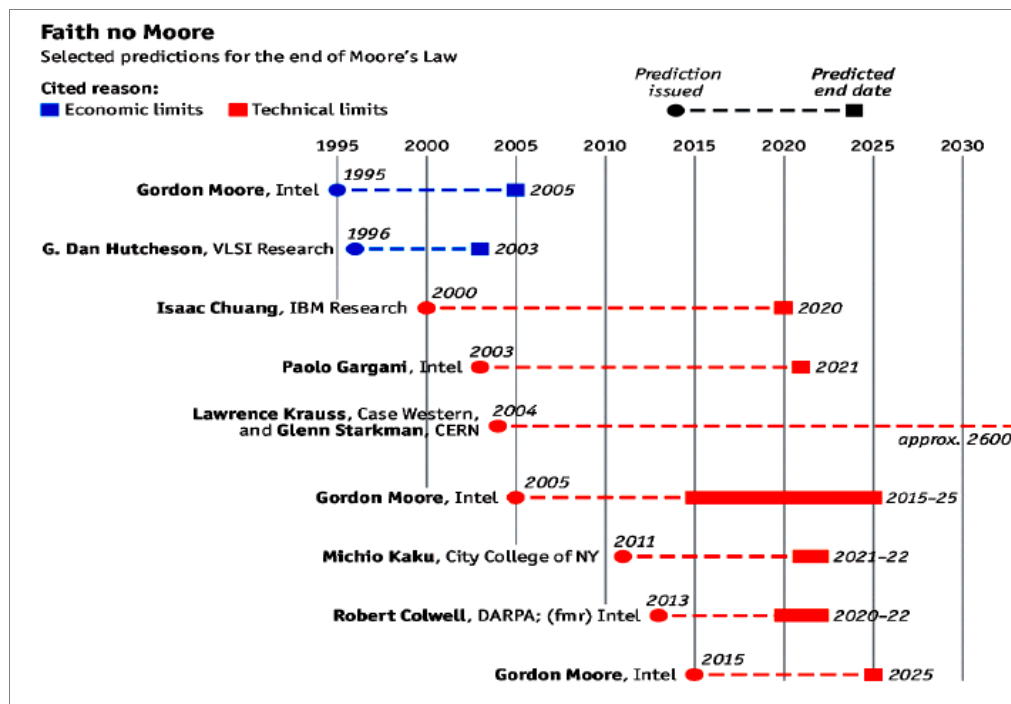


Рис. 3.6. Прогнозы времени действия закона Мура

В работе²⁶⁵ приведены данные по прогнозам окончания действия закона Мура, сделанным в разное время (рис. 3.6). Большинство предсказаний ограничивается 2025 годом. На рис. 3.7 показаны два варианта продления закона Мура (3.4) и производительности суперкомпьютеров (3.5) по логистической модели в виде

$$\text{LgN}(T) = \text{Lg}[N_0 \exp(t)/(1 + (N_0/N_{\max})(\exp(t) - 1))],$$

где $t = (T - 1960)/C$. (3.7)

²⁶⁵ С юбилеем, закон Мура. 2015. <https://geektimes.ru/company/intel/blog/251064/>

По оси ординат на рис. 3.7 отложен десятичный логарифм функций N и F со следующими параметрами:

$$\text{Lg } N_{\max} = 12 \text{ и } 16, N_0 = 27, C = 2.77. \quad (3.8)$$

$$\text{Lg } F_{\max} = 20 \text{ и } 26, N_0 = 35\,000, C = 1.95. \quad (3.9)$$

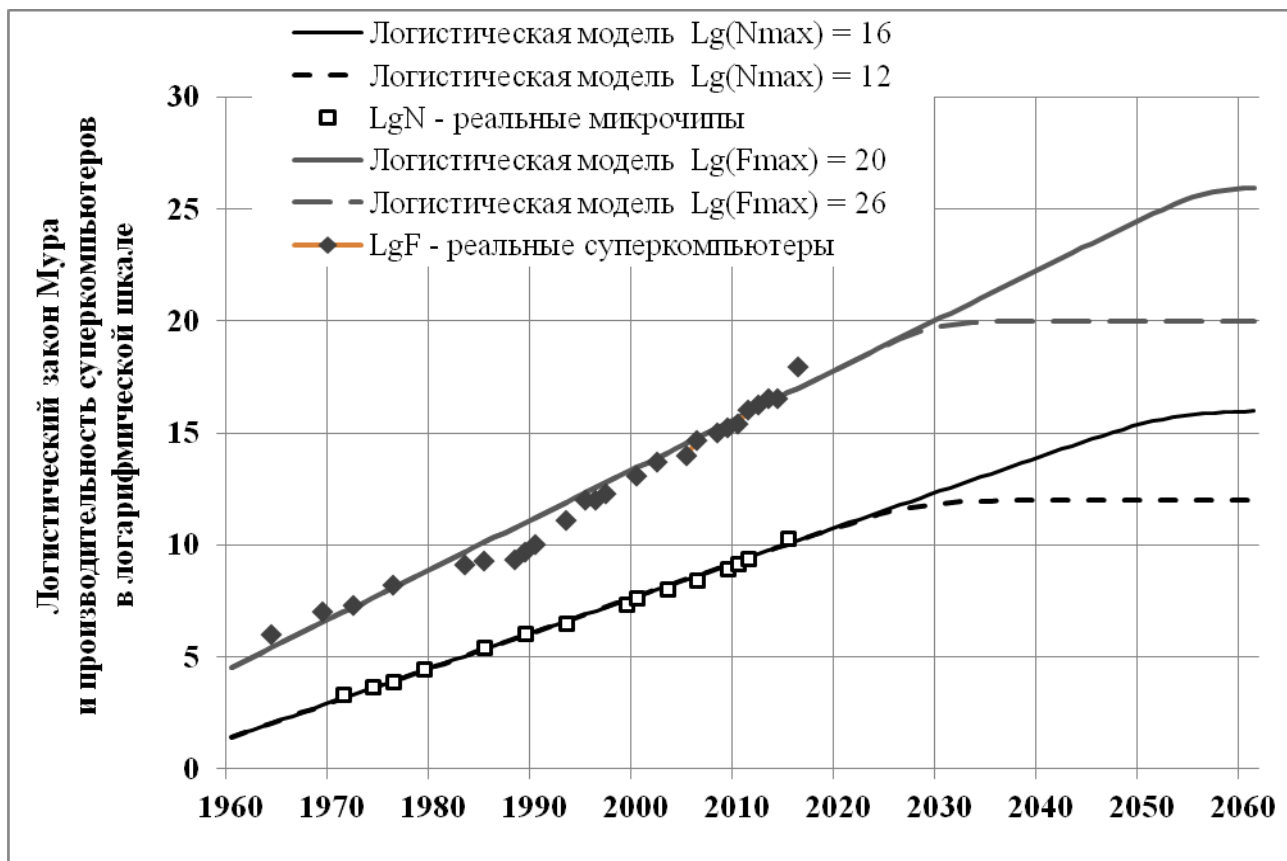


Рис. 3.7. Логистический закон Мура и производительность суперкомпьютеров

Видно, что логистические модели хорошо аппроксимируют реальные зависимости $N(T)$ и $F(T)$, но в период 2025÷2050 годов отклоняются от экспоненты и в течение примерно 10 лет выходят на уровень $N_{\max}$, $F_{\max}$.

Если к 2025 году экспоненциальный рост прекратится, то дальнейший рост числа транзисторов на микросхеме составит всего 2-3 порядка, и это вряд ли приведет к радикальным изменениям в кибернетических технологиях. Однако если кибермашины достигнут уровня человеческого интеллекта, то этот процесс завершится еще спустя 25 лет, и рост составит более 6 порядков, т.е. очень много, и соответственно, индуцированные этим ростом социальные последствия будут революционными, несмотря на эволюционно-экспоненциальный характер роста самих кибернетических технологий. Таким образом, имеется вызов для производителей микрочипов и суперкомпьютеров по достижению уровня максимальных значений этих кибернетических систем и, соответственно, по приближению к идее Индустрии 4.0.

Вместе с тем вероятно реальной технологической революцией будет не продление экспоненциального роста кибернетических технологий, а радикально

другая технология, которая, возможно, уже изобретена. Например, ею может стать главное научное открытие 2015 года по версии журнала Science – система редактирования ДНК под названием CRISPR/Cas9.

Если суперкомпьютеры со временем достигнут уровня человеческого интеллекта, то это, конечно, будет весьма радикальным технологическим событием. Но при этом, поскольку отдельные мобильные процессоры будут иметь мощность лишь уровня искусственного миниинтеллекта, то значимость такого прорыва будет ограниченной. Но если отдельный процессор достигнет уровня человеческого интеллекта, то это будет означать, что суперкомпьютеры поднимутся на уровень сверхинтеллекта, эквивалентного по мощности целой цивилизации или даже «Богу». И в этом случае экспоненциальная эволюция кибернетических устройств может привести к самому радикальному изменению в человеческом обществе.

Как видно из обзора работ предыдущих авторов и табл. 3.5, относительно часто предлагается объединить технореволюции в пары, близкие по содержанию, что особенно четко прозвучало в работе Клауса Шваба. Проведенный в предыдущем разделе анализ (рис. 3.3, 3.4) также показывает логичность такого объединения для революций 1896–1932 годов (научно-технический блок) и 1957–1975 годов (информационно-кибернетический блок).

Такое объединение в пары является результатом того²⁶⁶, что первая из пары революций задает вектор инновационных изменений в технологической сфере, но количественно она не способна радикально изменить жизнь людей. Вторая же революция за счет экспоненциального роста объема внедрения технологии достигает значимого влияния на жизнь людей и реализует значительную часть своего потенциала. Из этого следует гипотеза о том, что следующая технологическая революция не должна быть кибернетической, поскольку пара таких революций уже произошла.

В своей работе²⁶⁷ Шваб отмечает три технологических мегатренда: физический, цифровой и биологический. Два первых мегатренда составляют основу «кибер-физических» систем. В то же время третий мегатренд рассматривается относительно ограничено, хотя именно биотехнологии могут дать обществу наиболее радикальные выгоды: увеличение срока жизни, лечение болезней, биотопливо, продукты питания, утилизацию углекислого газа и других отходов, искусственные интеллектуальные системы и т.д.

Выбор между этими двумя направлениями является принципиально важным, поскольку в соответствии с ним следует определять направления опережающего развития. Неправильный выбор для всего мира будет стоить десятки триллионов долларов, а для отдельных стран – возможности занять достойное место в мировом разделении труда.

²⁶⁶ См. [1].

²⁶⁷ См. [204].

3.1.6. Связь дат технологических революций с ростом объема знаний

Приведенные в разделах 1.1, 1.2 формулы для определения численности человечества N и объема его знаний Z позволяют оценить значения данных величин в периоды различных технологических революций, указанных в табл. 3.5, и выявить закономерности их изменения. Соответствующие данные, полученные с использованием формул (1.1), (1.15), (1.16), приведены в табл. 3.6. Численность человечества после 1979 г. вычислялась с учетом демографического перехода (1.17). Дата 13-й революции соответствует среднему значению в таблице 3.4, а 12-й определена из условия примерного равенства промежутка между двумя предыдущими техно-революциями (округлено).

Таблица 3.6. Рост знания между технологическими эпохами

n	T_n	Революция (эра)	N , млрд.	Z , млн. СВ	Рост Z , раз	Рост N , раз
0	50	Начало христианской эры	0.10	0.11		
1	627	Феодальная	0.14	0.18	1.54	1.41
2	1035	Предвестник ремесленной	0.20	0.27	1.54	1.41
3	1323	Ремесленная (проторенессанс)	0.28	0.42	1.54	1.41
4	1527	Возрождение	0.40	0.64	1.54	1.41
5	1671	Классическая наука	0.56	0.98	1.53	1.41
6	1773	Первая промышленная	0.79	1.5	1.53	1.40
7	1845	Вторая промышленная	1.11	2.3	1.52	1.40
8	1896	Предвестник НТР	1.55	3.5	1.52	1.40
9	1932	Научно-техническая	2.15	5.2	1.51	1.39
10	1957	Предвестник кибернетической	2.94	7.7	1.48	1.37
11	1975	Кибернетическая	4.08	1.6	1.51	1.39
12	2000	Предвестник биотехнологич.	6.07	19.1	1.64	1.49
13	2038	Биотехнологическая	8.63	29.6	1.55	1.42
		Математическое ожидание			1.53	1.41
		Стандартное отклонение			0.04	0.03

Видно, что между технологическими революциями численность человечества увеличивалась примерно в 1.41 раза, а объем знаний – в 1.53 раза. Отклонение от этой закономерности до 1980 года не превышает 0.01, стандартное отклонение – 0.03–0.04.

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

Выше установлено, что даты технологических революций выражаются формулой (3.3). Далее, несложно показать, что даты основных технологических революций в период гиперболического роста человечества определяются формулой

$$T_n = 630 + 1392 \cdot (1 - 2^{-n}). \quad (3.10)$$

Для получения более точных дат технологических революций будущего воспользуемся гипотезой об увеличении объема знаний между революциями в постоянное число раз. Для расчета объема знаний в период демографического перехода воспользуемся более точными формулами (1.17), (1.18). В качестве ориентиров выберем средние даты технологических революций из табл. 1.1. Полученная последовательность дат революций приведена в табл. 3.7. Там же в предпоследнем столбце для сравнения даны осредненные прогнозы дат технологических революций различных авторов из табл. 3.4, а в последнем – отклонение Δ среднего значения от прогнозируемого.

Видно, что по сравнению с формулой (3.3), рост объема знаний между революциями уменьшается с 1.53 до 1.47, т.е. примерно на 4%. Даты революций в гиперболической зоне достаточно близки к средним, указанным в табл. 3.4, а также не сильно отличаются от приведенных в табл. 3.6. Дата кибернетической революции сдвигается с 1975 на 1990 год, что лучше соответствует реальности с учетом того, что существует два этапа кибернетической революции (предвестник и основная). Дата предвестника биотехнологической революции (условно) смещается на 2006 год, что с точностью до двух лет соответствует началу последнего мирового кризиса.

Таблица 3.7. Уточненные характеристики технологических эпох

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млрд	Z, млн у.к.	Рост Z, раз	Рост N, раз	Средн., табл. 4	Δ , лет
1342	Ремесленная	0.29	0.2	1.47	1.38	1330	12
1531	Возрождение	0.40	0.91	1.47	1.38	1488	43
1668	Классическая наука	0.56	1.33	1.47	1.38	1669	–1
1770	Первая промышленная	0.78	1.96	1.47	1.40	1766	4
1844	Вторая промышленная	1.10	2.88	1.47	1.41	1839	5
1899	Предвестник НТР	1.59	4.25	1.47	1.44	1887	12
1939	Научно-техническая	2.33	6.24	1.47	1.47	1942	–3
1968	Предкибернетическая	3.54	9.19	1.47	1.52	1960	8
1990	Кибернетическая	5.25	13.5	1.47	1.48	1983	7
2006	Предбиотехнологическая	6.53	19.8	1.47	1.24	2010	–4
2026	Биотехнологическая	7.97	29.2	1.47	1.22	2038	–12
2059	Следующая революция	9.80	42.9	1.47	1.23		

Наиболее значительным сдвигом по сравнению с датами, представленными в табл. 3.6, является приближение биотехнологической революции к нашему времени (а именно, к 2026 году). Это связано с тем, что зона наиболее быстрого роста численности человечества приходится примерно на 1980–2000 годы, и спустя 25–30 лет это поколение людей будет в трудоспособном, творческом возрасте и внесет важный вклад в быстрый рост объема знаний и создание будущего знания человечества.

Использованный выше подход к прогнозированию дает возможность предсказать еще одну дату революции, которая условно может быть названа «пред-

вестник революции знания» и должна произойти ориентировочно в 2059 году. Характерно, что для того, чтобы она произошла, численность человечества должна достигнуть примерно 10 млрд человек, т.е. предельной цифры, которой может достигнуть человечество по некоторым прогнозам.

Поскольку точность демографических прогнозов относительно невелика (см. рис. 1.4, 1.5), то указанная численность может и не быть достигнута при возникновении некоторых неожиданных факторов, таких как текущая эпидемия коронавируса COVID-19. В этом случае данная технологическая революция может стать последней в истории человечества.

Однако те новые технологии создания знания, которые могут стать следствием кибернетической и биотехнологической революций, а также предвестника революции знания, вселяют уверенность, что будут созданы условия для дальнейшего роста производства знания без роста численности человечества и, соответственно, наступят следующие технологические революции. Вместе с тем это указывает на высочайшую актуальность революции, связанной с производством знания.

3.1.7. Обсуждение результатов

В настоящее время непонятен механизм столь определенного влияния роста объема знания на время наступления технологических революций. Высокая точность выявленной взаимосвязи между ростом знания и технологическими революциями до демографического перехода (табл. 3.6) требует дальнейшего исследования ее причин, поскольку даты технологических революций и зависимость роста объема знаний от времени определены достаточно приблизительно.

Также не до конца ясно, почему технологические революции следуют парами, близкими по содержанию. Данный аспект необходимо исследовать с учетом содержания пар революций.

Желательно найти дополнительные данные об объемах крупнейших библиотек мира, в частности, в XVIII-XX веках нашей эры, чтобы повысить достоверность зависимости объема знаний человечества от времени. В дальнейшем необходимо будет соотнести даты прошедших технологических революций с тщательно регистрируемыми носителями знаний (публикациями).

Также следует провести работу по измерению и использованию объема скрытых знаний для прогнозирования дат технологических революций.

Выводы

1. Показано, что 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.
2. Определено, что технологические революции следуют парами, тесно связанными содержательно, например, Первая и Вторая промышленные революции. На протяжении двух таких революций происходит экспоненциальный рост характерных параметров – «экспоненциальная эволюция». Показано, что в период НТР с 1900 по 1970 годы происходил экспоненциальный рост выработки электроэнергии. Затем, в период кибернетических революций – экспоненциальное увеличение числа транзисторов на микрочипе (закон Мура) и производительность суперкомпьютеров.
3. Определено, что технологические революции, которые соответствуют началу длинных волн, до 1960 года следовали с ускоряющимся темпом по времени. Продолжительность эпох между основными технологическими революциями соответствует геометрической прогрессии по времени со знаменателем, равным $1/2$ для основных революций, а даты революций с номером n выражаются формулой (3.10).
4. Перед основными революциями происходят революции-предвестники. Суммарная последовательность революций описывается геометрической прогрессией со знаменателем $2^{-1/2}$ в соответствии с формулой (3.3).
5. Наименьшая длина волны соответствует началу демографического перехода (1960 год). После этого периоды между технологическими революциями увеличиваются.
6. Между технологическими революциями происходит рост объема знания примерно в 1.5 раза и рост численности населения Земли на 40%.
7. Кризис, начавшийся в 2008 году, соответствует дате предвестника очередной технологической революции. Согласно прогнозу, определены предположительные даты следующих технологических революций: 2026 и 2059 годы.

3.2. Алгоритм прогнозирования тематики технологической революции с использованием анализа базы научных журналов SCImago JR²⁶⁸

Современный мир находится на пороге новой технологической революции²⁶⁹, но по вопросу ее содержания идут активные дискуссии. Так, согласно прогнозу RAND Corporation «Глобальная технологическая революция 2020»²⁷⁰, опубликованному в 2006 году, ожидаемая революция будет междисциплинарной, и ее опорой станут биологические, информационные и нано технологии. В качестве основных трендов 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, на пороге 2020 года создается впечатление, что по этим направлениям произошло мало что революционного, если не считать глобальной революцией внедрение генно-модифицированных организмов и широкое распространение беспроводной связи.

Особенностью современной эпохи является то, что человеческий капитал составляет до 80% национального богатства развитых и крупнейших развивающихся стран мира²⁷¹. 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^{272, 273}.

²⁶⁸ Основные результаты опубликованы в работе: Prichina O.S., Orekhov V.D., Egorova E.N, Kukharensko 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.

²⁶⁹ См. [204].

²⁷⁰ 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

²⁷¹ См. [100].

²⁷² Becker P. Corporate Foresight in Europe: A First Overview. Luxembourg, 2003.

²⁷³ Ладыкова Т.И., Васильева И.А., Завиша Е.Н. Форсайт-технологии в прогнозировании инновационного развития региона. Управление экономическими системами. 2015, № 4.

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 провести 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, реализующимся через преодоление кризиса предыдущей технологической эпохи²⁷⁴. 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 инноваций²⁷⁵. 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»²⁷⁶.

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.

²⁷⁴ Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. – М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009. 702 с. <https://windjview.sourceforge.io/ru>

²⁷⁵ См. [1].

²⁷⁶ См. [260].

3.2.1. Обзор методов и технологий прогнозирования

С целью подготовки методики исследования проведем анализ существующих методов прогнозирования. Их предтечей были различные виды фантастических произведений и утопий²⁷⁷. 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^{278, 279, 280, 281}.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)²⁸² 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 долговременных закономерностей и факторов порядка величины (численность населения, рост ВВП, концентрация CO₂). Для эффективной работы таких методов необходимо иметь мощные и долговременные базы данных²⁸³.

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 мнений²⁸⁴. 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"²⁸⁵.

²⁷⁷ Бестужев-Лада И. В., Наместников Г. А. Социальное прогнозирование. Курс лекций. М.: Педагогическое общество России, 2002.

²⁷⁸ Gordon, W.J.J. Sinectics: The Development of Creative Capacity. New York, 1961.

²⁷⁹ Де Боно Э. Шесть шляп мышления. СПб., 1997.

²⁸⁰ Zwicky, F. Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach, McMillan, 1969.

²⁸¹ Щедровицкий Г. П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. М., 1983.

²⁸² Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б. О психологии изобретательского творчества // Вопросы психологии. 1956, № 6. С. 37–49.

²⁸³ Турчин А. В., Батин М. А. Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 263 с.

²⁸⁴ 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

²⁸⁵ 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 технологии²⁸⁶, 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 проекта²⁸⁷. 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 моделирования²⁸⁸, 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)²⁸⁹. Далее производится обработка FCM с помощью электронной системы принятия решений и определяется ее поведение под воздействием различных управляющих факторов^{290, 291}. 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 Каном²⁹², в соответствии с которым выявляется спектр прогнозных ситуаций, позволяющий повысить альтернативность прогноза и выявить возможные риски и смены трендов²⁹³.

Одной из основных проблем прогнозов, является возможность возникновения «пузыря» завышенных ожиданий – цикл хайпа (hype)²⁹⁴, разработанный

²⁸⁶ См. [260].

²⁸⁷ См. [269].

²⁸⁸ Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.

²⁸⁹ Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. Vol. 1. P. 65–75.

²⁹⁰ Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. 2010, №3.

²⁹¹ Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А. СППР "ИГЛА". (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007. URL: <http://ipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html> Дата обращения 2018.

²⁹² Kahn H. The Next Two Hundred Years: A Scenario for America and the World. 1976.

²⁹³ Cornish E. Futuring: The Exploration of the Future. 2005.

²⁹⁴ Gartner Hype Cycle (2019). URL: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>

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 следующие²⁹⁵: излишняя самоуверенность, двойной счет, сохранение Status Quo, фиксация на известном, стадный инстинкт, мнимый консенсус и другие.

3.2.2. Методика исследования

Основные параметры проекта

Первым этапом исследования по прогнозированию технологической революции является определение основных параметров проекта²⁹⁶, 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.
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.

²⁹⁵ Roxburgh C. Adjusted for the brain. The McKinsey Quarterly. 2003, № 2.

²⁹⁶ См. [263].

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 работе²⁹⁷.
14. *Исходные гипотезы*, обоснованные в книге²⁹⁸ 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.
 - 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, 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.

²⁹⁷ См. [1].

²⁹⁸ Там же.

15. *Претенденты* на роль потенциального лидера технологической революции: энергетика, киберфизическая сфера, 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 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 характеристики²⁹⁹. 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 нанотехнологии 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.

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 15³⁰⁰, в частности сгруппировав медицинские дисциплины: медицина, фармакология, токсикология, фармацевтика, иммунология, микробиология, лечение зубов, медицинские профессии, сестринское дело.

²⁹⁹ SCImago Journal & Country Rank. Scimago Institutions Rankings. URL: <https://www.scimagojr.com/>

³⁰⁰ См. [74].

Также, уместно сгруппировать следующие области: экономика, эконометрия, финансы, бизнес, менеджмент, маркетинг, бухгалтерия, стратегическое управление, инновационный менеджмент и принятие решений. Агрономию и био-науки 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 использовалось 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 N_I и доля журналов D_I , попадающих в данную зону влияния. Характеристики выборок и зон влияния для журналов 2018 года приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8. 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
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. 3.8.

Левые три точки (рис. 3.8) 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.

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.

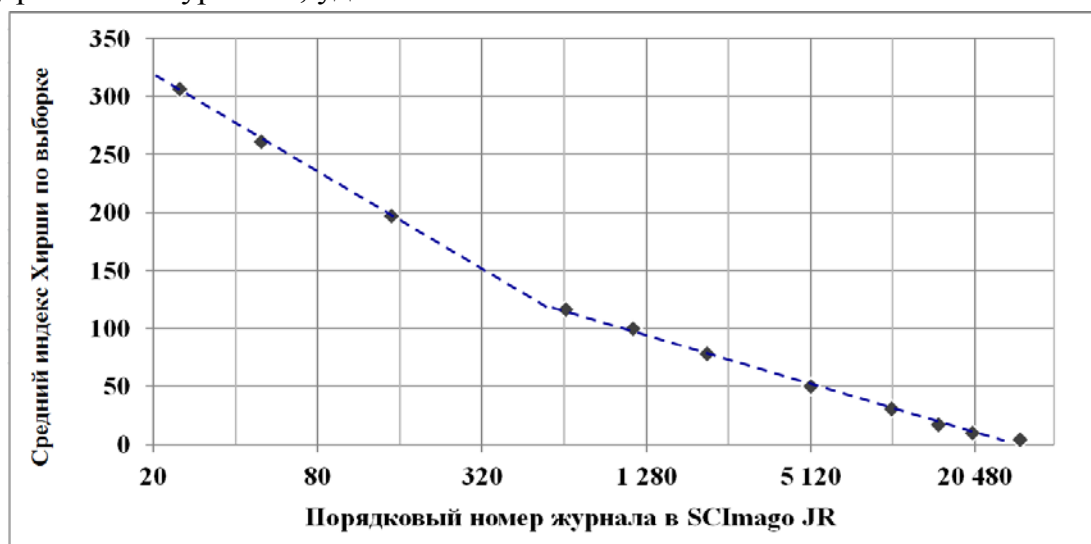


Рис. 3.8. Зависимость между номером журнала и средним индексом Хирша

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

$$P_I = H_I \cdot N_I / N_\Sigma. \quad (3.11)$$

График весов P_I различных выборок в зависимости от их номера в % приведен на рис. 3.9.

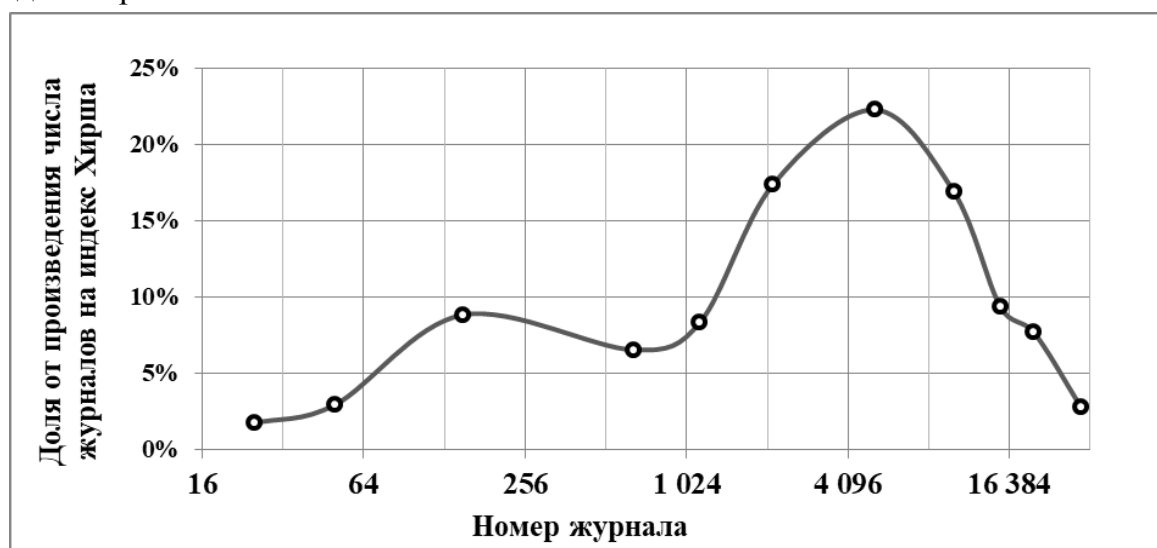


Рис. 3.9. Веса различных выборок в зависимости от номера SCImago JR

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%.

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. 3.10.

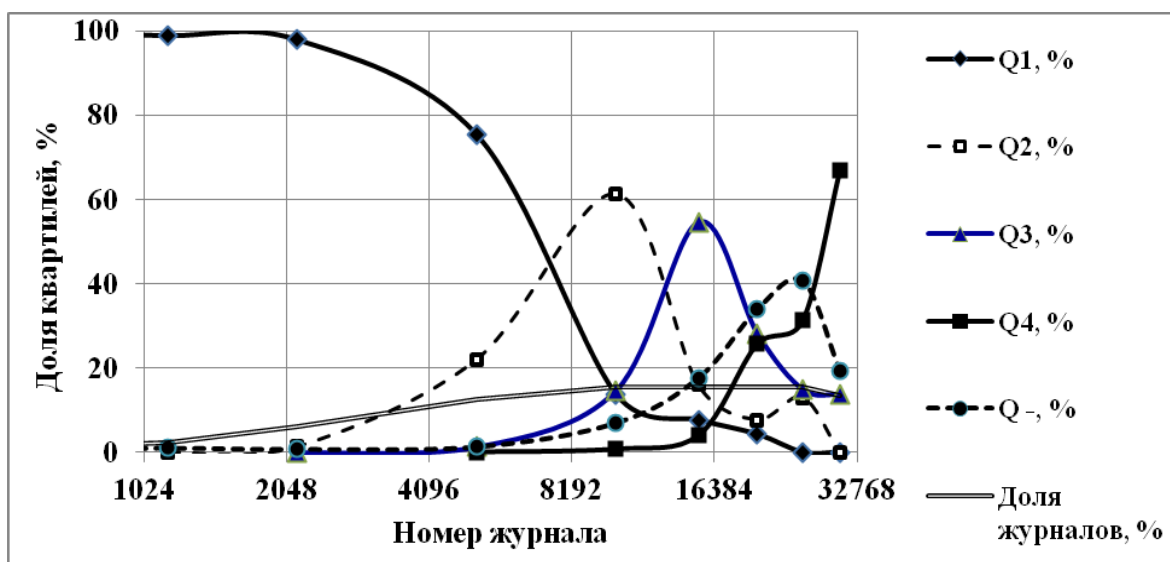


Рис. 3.10. Распределение журналов с различными квартилями

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-ному 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. 3.10 для ориентировки указана доля журналов в каждой выборке, причем для равномерности распределения добавлена выборка, начинающаяся с номера журнала 25 000.

3.2.3. Результаты анализа базы SCImago JR

Распределение журналов за 2018 год

На рис. 3.11 приведено распределение журналов по предметным областям, сжатым 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 био-генетическими науками, психологией, нейронауками, био-, агро-, зоо- науками 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.

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%.

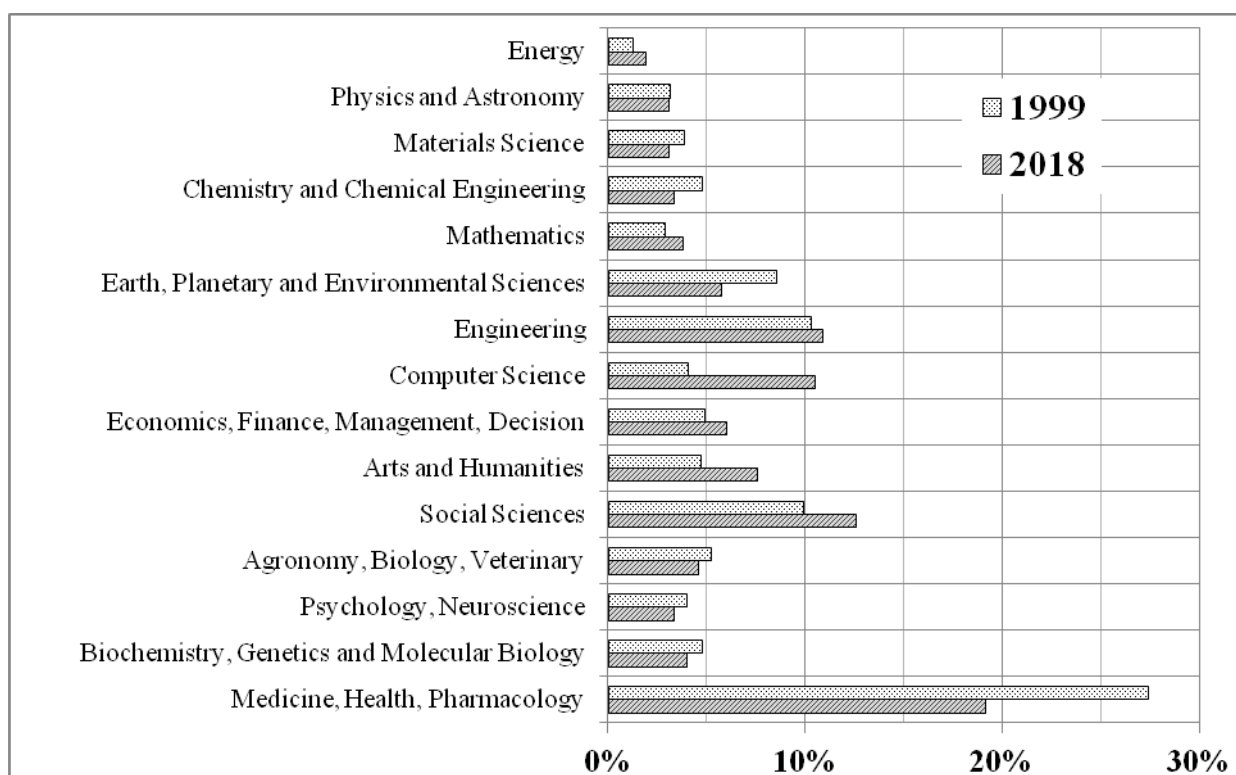


Рис. 3.11. Доля журналов различных предметных областей

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. 3.12. показано распределение доли журналов – D_i в выборках (в %) в зависимости от номера журнала в рейтинге SCImago JR для пяти тематик био-медицинской направленности, которая является наиболее массовой в рассматриваемой базе научных журналов.

Видно, что ведущее место занимают медицинские журналы, доля которых в числе первой 1000-и журналов составляет 25%, а к 5000-ному журналу достигает

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.

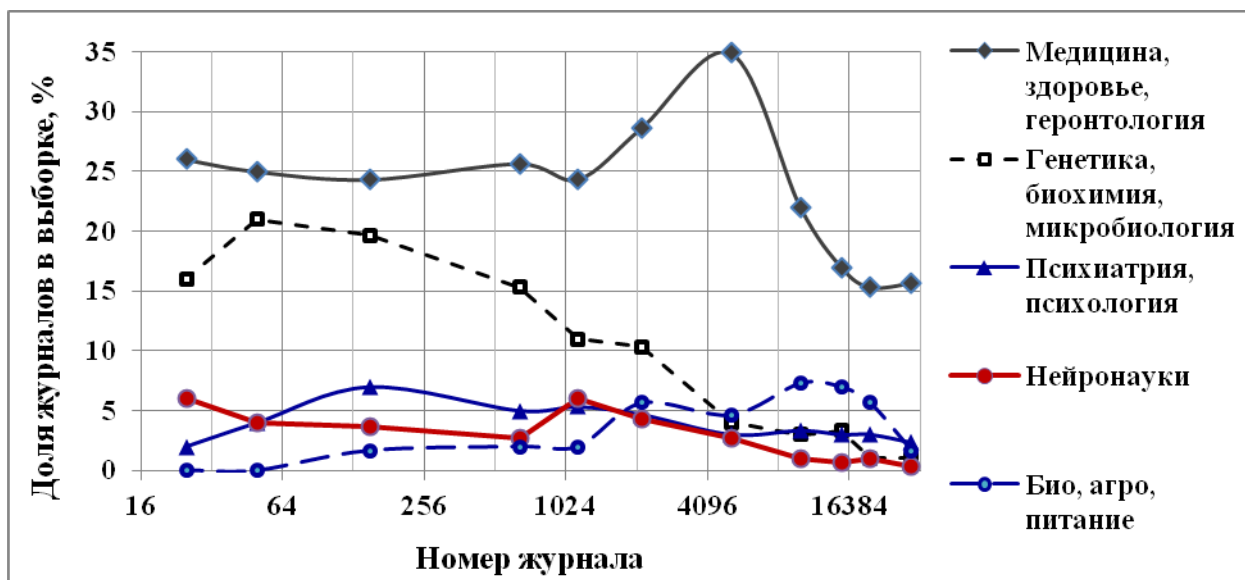


Рис. 3.12. Распределение долей журналов био-медицинской тематики

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 и снижается примерно вдвое к концу рейтинга, что отражает средний уровень практического применения знаний данной тематики.

Доля нейронаук составляет порядка 4% в первой 1000-е, 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.

На рис. 3.13 представлено распределение относительной доли журналов – X био-медицинской тематики с учетом их веса P_i , определенной по формуле (3.11). В отличие от рис. 3.12, 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. 3.13 проявляется доминирование журналов номерами в диапазоне 1–10 тыс. Видно также, что медицинская тематика значительно превосходит био-генетическую, особенно в составе журналов с большими номерами.

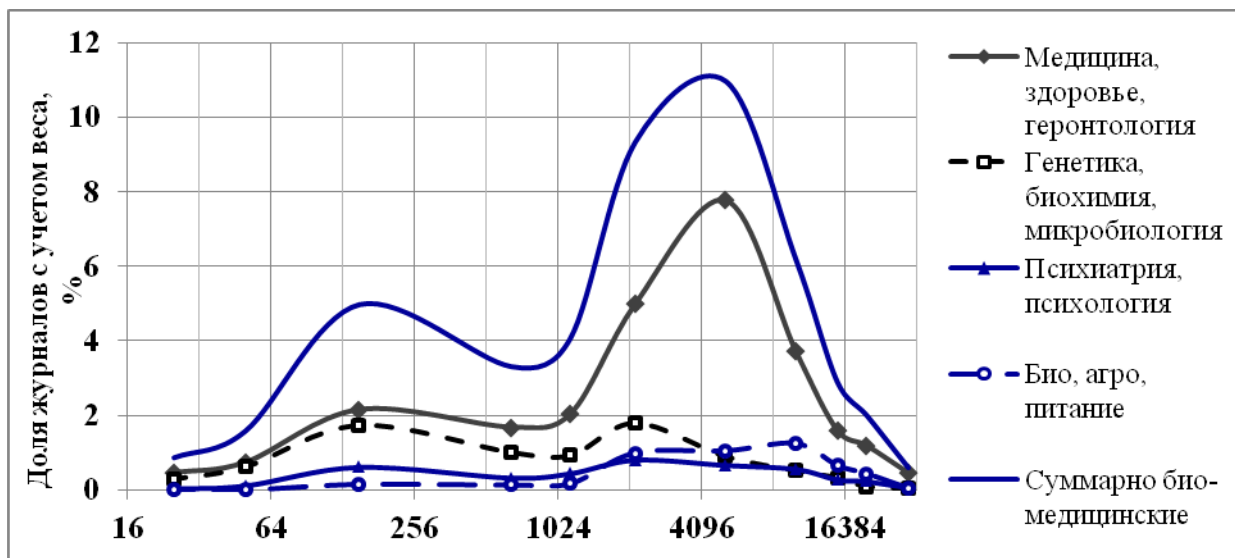


Рис. 3.13. Доля журналов био-медицинской тематики с учетом веса

Для определения общего веса тематики в составе всех журналов нужно просуммировать его веса по всем выборкам. В табл. 3.9 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. 3.11).

Таблица 3.9. Влияние «веса» на долю журналов (%)

	Медицина, здоровье, геронто- логия	Генетика, биохимия, микро- биология	Психи- атрия, психо- логия	Нейро науки	Био, агро, зоо, пи- тание	Суммарно био-меди- 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 (3.11) относительно слабо ска-
зывается на средних значениях различных тематик. Однако из сравнения
рис. 3.12 и рис. 3.13 видно, что значимость первых номеров журналов без учета
веса значительно преувеличена. Также заметно весьма значительное различие в
определении доли журналов по предметным областям. Относительно нейро наук
это может происходить по причине отнесения к данной области журналов, пуб-
ликующих исследования в области кибернетики. Также есть значительное число

журналов, связанных с психологией образования и других сфер 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. 3.14 показано распределение доли журналов в выборках, а на рис. 3.15 – доли журналов с весом.

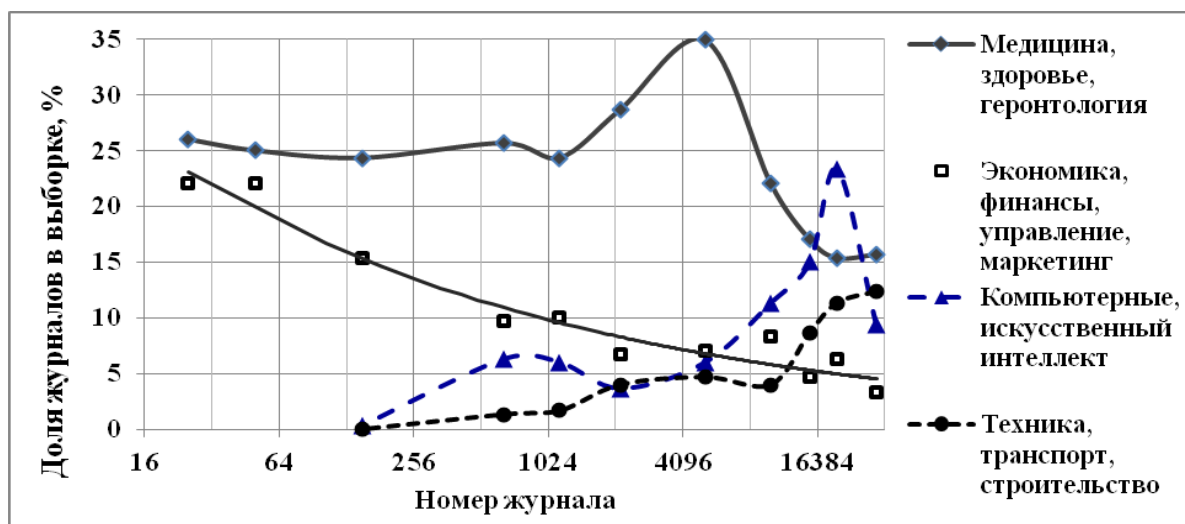


Рис. 3.14. Распределение доли журналов массовых тематик

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 снижается с 22 до 10%, а с учетом веса экономические науки составляют около 1% на выборку. Экономические науки широко представлены и в первых номерах, и в средней части списка журналов, что свидетельствует о достаточно широком их внедрении в практику.

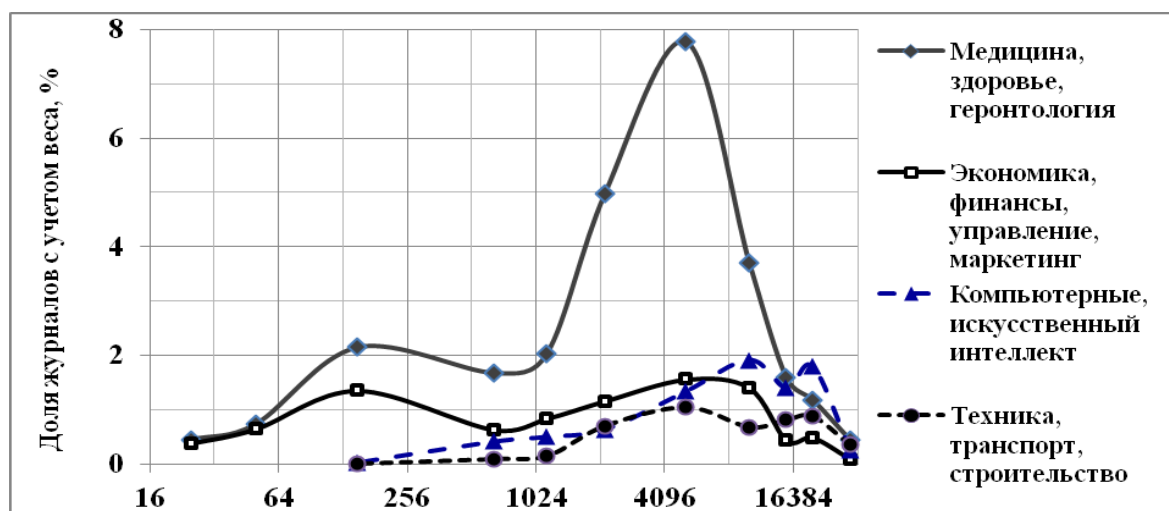


Рис. 3.15. Распределение доли журналов массовых тематик с весом

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 био-медицинских 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.

Суммарные доли этих массовых наук как средняя арифметическая, так и с весом приведены в табл. 3.10. 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 3.10. Суммарные показатели журналов по передовым наукам

	Био-медицинские, всего	Медицина, здоровье, геронтология	Экономика, финансы и др.	Компьютерные, ИИ	Техника, транспорт, строительство	Физика, астрономия
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 предметным 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 представлены в табл. 3.11. Суммарно они охватывают около 35% всех журналов – почти столько же, сколько био-медицинские (43%). 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 по журналам 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 эко-

логические 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^{301, 302}.

Например, Всероссийская 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.

Таблица 3.11. 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	–
Мульти-дисциплинарные	1.0	1.1	0.2	0–0.1; 10–30	2–15	–
Сумма	35.9	34.5	42.5			

Науки гуманитарно-социальной направленности представлены на рис. 3.16 и в табл. 3.12. В сумме они занимают около 14% журналов, причем наиболее массовым является блок «социология, политика, международные связи и право». 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

³⁰¹ 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.

³⁰² 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

правило, 3-4-й квартиль. В первых номерах журналов в большей мере представлены социологический блок, право и образование.

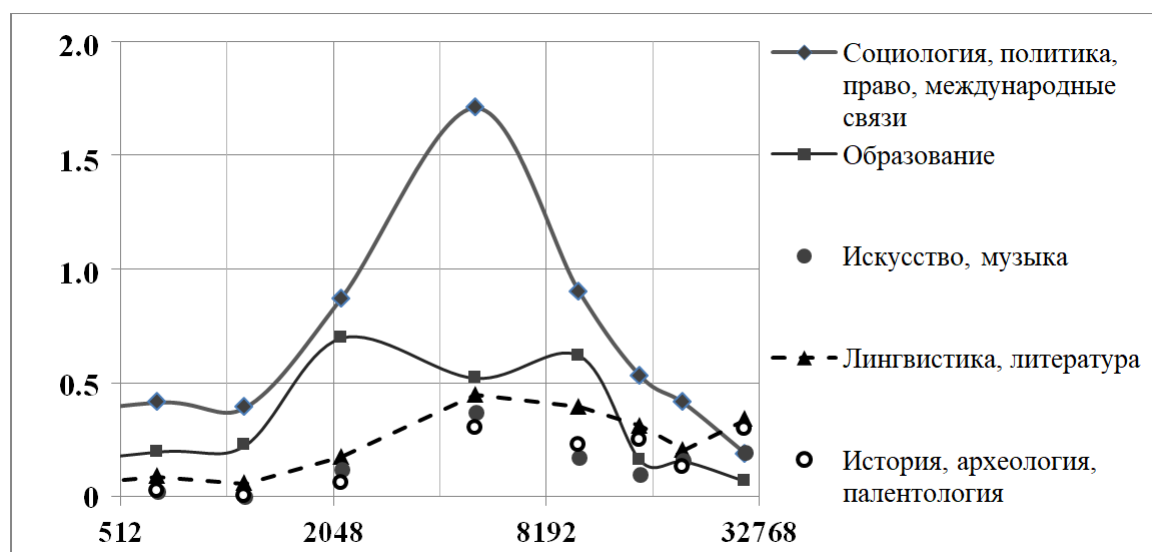


Рис. 3.16. Распределение доли журналов гуманитарной тематики с весом

Таблица 3.12. 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 био-медицинской тематики приведено на рис. 3.17, а с учетом веса (3.11) – на рис. 3.18.

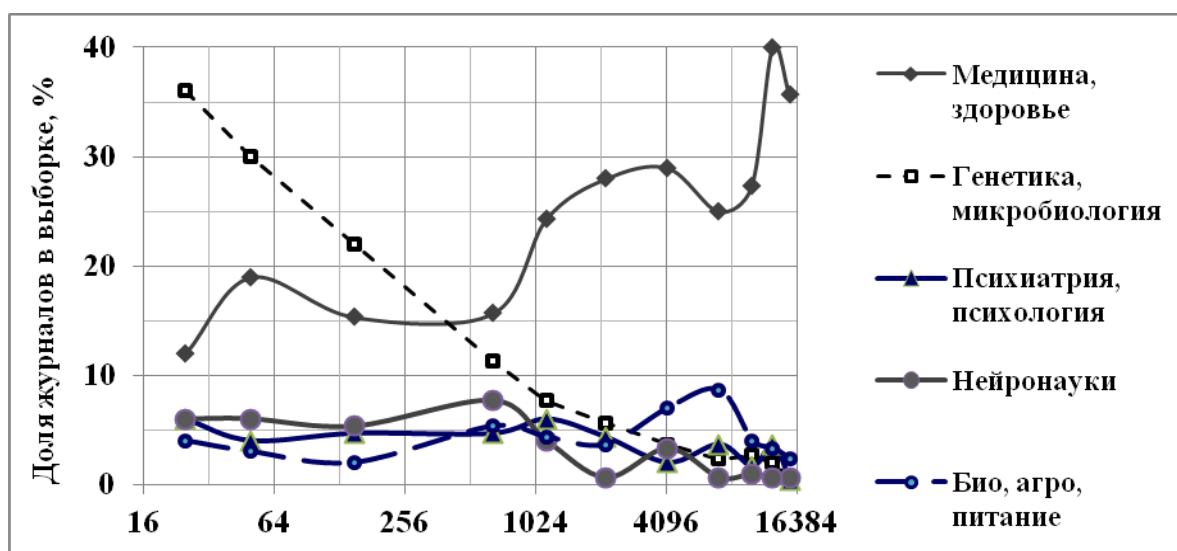


Рис. 3.17. Распределение долей био-медицинских журналов в 1999 г.

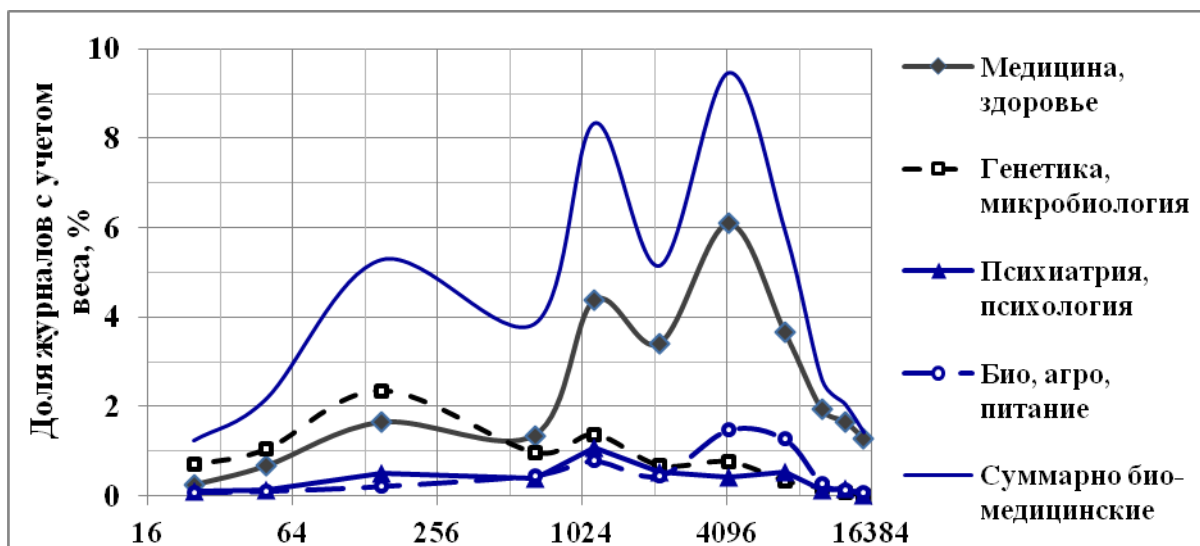


Рис. 3.18. Доля био-медицинских журналов с учетом веса в 1999 г.

Видно, что, в целом, по сравнению с 2018 годом картина изменилась достаточно мало. Однако максимумов био-медицинской тематики в 1999 году три, а не два, как в 2018 г. Максимум в области 1000-го журнала (рис. 3.18) к 2018 году сдвинулся в область больших номеров (рис. 3.10) 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. 3.10 и рис. 3.18) 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. 3.13 приведены доли журналов био-медицинской тематики в 1999 и 2018 годах. Видно, что и по отдельным наукам, и суммарно относительно всей совокупности журналов изменения небольшие.

Таблица 3.13. Доля журналов био-медицинской тематики с учетом веса, %

Год	Медицина, здоровье, геронтология	Генетика, биохимия, микробиология	Психиатрия, психология	Нейро науки	Био, агро, питание	Суммарно био-медицинские
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

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 журналах свидетельствует о значительном росте данного научного направления.

В табл. 3.14 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%.

Наиболее сильно выросла доля журналов компьютерной тематики и ИИ (на 54%). Энергетическая тематика выросла на 100%, но ее доля относительно мала (1.4%).

Таблица 3.14. 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%

Нанотехнологии в 1999 году вообще не идентифицировались (в 2018 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. 3.15 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% росту числа журналов.

Таблица 3.15. 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%
Лингвист, 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%

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, в основном в последней части списка журналов.

Для сравнения различных блоков наук в табл. 3.16 приведены их доли в составе журналов за 1999 и 2018 годы, а также данные об изменении долей этих блоков.

Таблица 3.16. Доля журналов различных блоков наук с весом, %

Блок наук	1999 г.	2018 г.	Изменение (от 1999 г.)
Проценты от числа журналов			
Био-медицинские	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%

Из табл. 3.16 видно, что сохраняется доминирование био-медицинских 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 гуманиза-

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

3.2.4. Перспективы лидерства в технологической революции

Возвращаясь к вопросу о потенциале новых технологических революций, рассмотрим табл. 3.17, в которой даны характеристики основных претендентов на роль технологического лидера.

Таблица 3.17. 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%

Био-медицинское 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 био-генетическое направление активно прогрессирует. Однако био-генетическое направление еще не созрело для лидерства в технологической революции, поскольку имеет ограниченную практическую готовность. В целом, био-медицинское 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. Как показано в разделе 3.1. (рис. 3.3), за 60 лет экспоненциальной эволюции технические параметры кибернетических систем выросли более, чем на 10 порядков, и кроме того, резко выросло быстродействие ком-

пьютеров. При этом доля научных журналов по данной науке относительно невелика. Значительного прогресса по данному направлению ожидать сложно.

Возникает вопрос о причинах возникновения идеи кибер-физической 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 ней³⁰³. Ясно, что отдавать свои позиции эта индустрия не станет и попытается найти новые возможности реализовать приобретенный потенциал.

Второй причиной для развития кибер-физического направления стало торможение темпов роста развитых стран на фоне опережающего роста развивающихся экономик в ходе догоняющего развития. На рис. 3.19 представлена динамика ВВП по паритету покупательной способности (ППС) для стран большой семерки G7 и семи развивающихся стран E7.

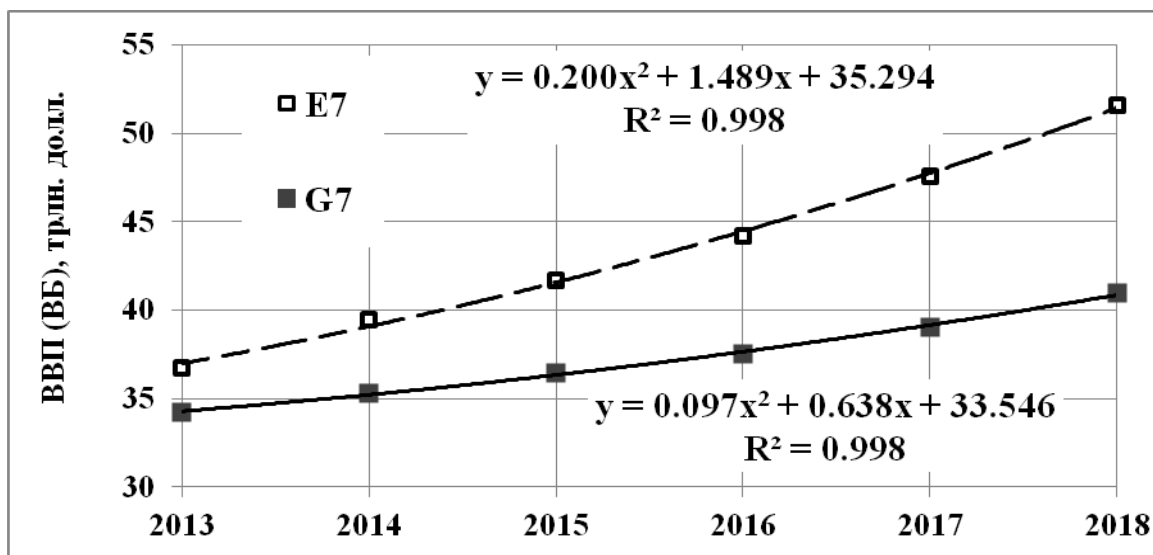


Рис. 3.19. Динамика ВВП для стран G7 и E7

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.

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 кибер-

³⁰³ 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.: Рособразование, 2018. С. 18.

физических технологий, фигурирующая в проекте Индустрии 4³⁰⁴, 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 кибер-физической 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, 3-D 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 Rifkin³⁰⁵, 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. 3.4 приведены данные о мировом производстве электроэнергии³⁰⁶. 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. Примерно 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^{307, 308, 309}, 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 экономик³¹⁰. 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 обстоятельст-

³⁰⁴ 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>

³⁰⁵ См. [203].

³⁰⁶ Мировая энергетическая статистика. Ежегодник 2016. <https://yearbook.enerdata.ru> Дата обращения 19.12.2017.

³⁰⁷ См. [7].

³⁰⁸ См. [17]

³⁰⁹ См. [3].

³¹⁰ 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.

вах 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 перестать 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 рынка³¹¹.

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^{312, 313}, что стимулирует поиск новых

³¹¹ 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.

³¹² См. [104].

³¹³ См. [106].

возможностей для роста таких, как инклюзивное развитие³¹⁴. Однако экономические науки играют вспомогательную роль и не могут радиально 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. 3.20)^{315, 316}.

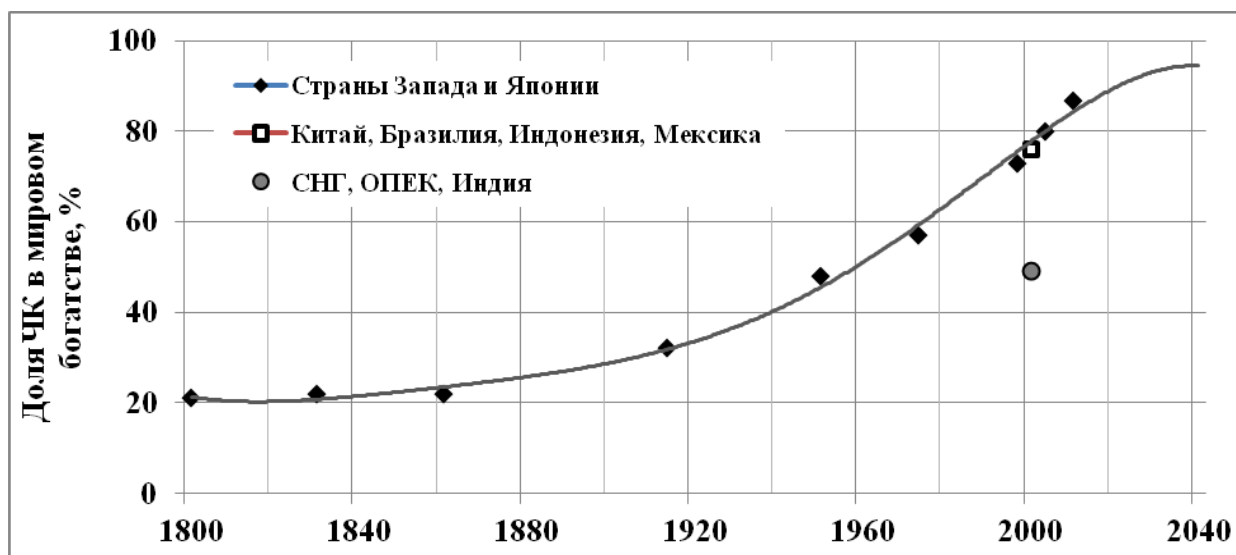


Рис. 3.20. Рост доли человеческого капитала в национальном богатстве

Ключевую роль в росте человеческого капитала играет образование^{317, 318}. Концептуальная модель его влияния на развитие экономики приведена на рис. 3.21³¹⁹. Таким образом, образование играет роль «усилителя» деятельности человеческого капитала и может существенно влиять на темпы экономического развития.

³¹⁴ 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/>)

³¹⁵ См. [100].

³¹⁶ См. [101].

³¹⁷ Schultz T.W. The Economic Value of Education. New York: Columbia University Press. 1963.

³¹⁸ Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М.: Инфра-М, 2006.

³¹⁹ 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. С. 303-317.

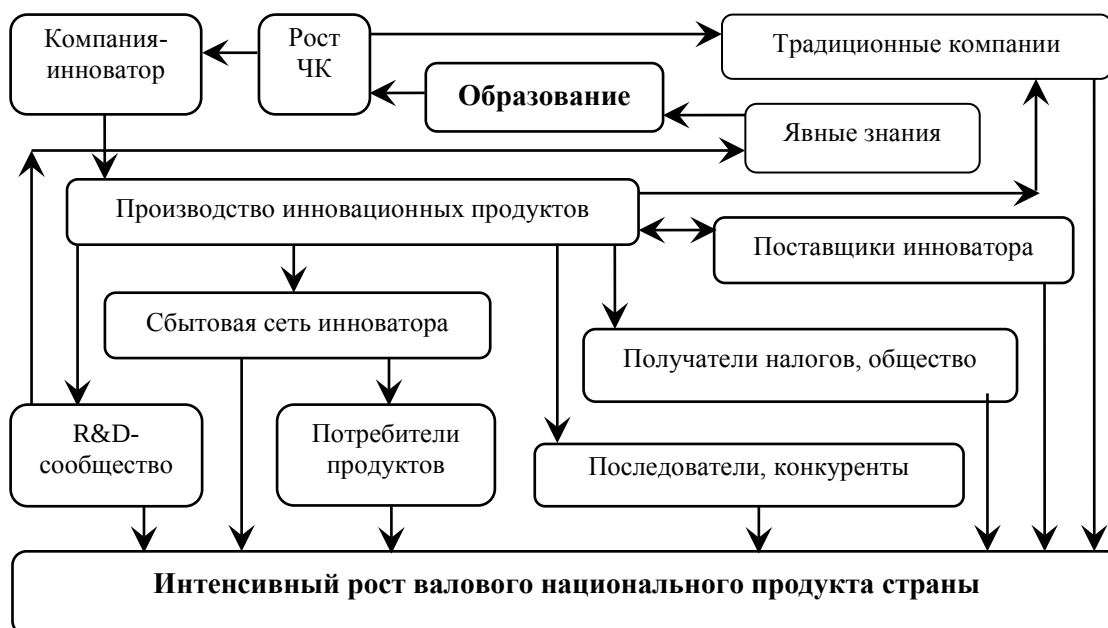


Рис. 3.21. Концептуальная модель влияния образования на экономическую динамику

С 1900 года количество студентов третичного образования в мире на 10 тыс. чел. выросло в 64 раза (рис. 3.22)^{320, 321}, что и обеспечило быстрый рост вклада человеческого капитала в мировое богатство.

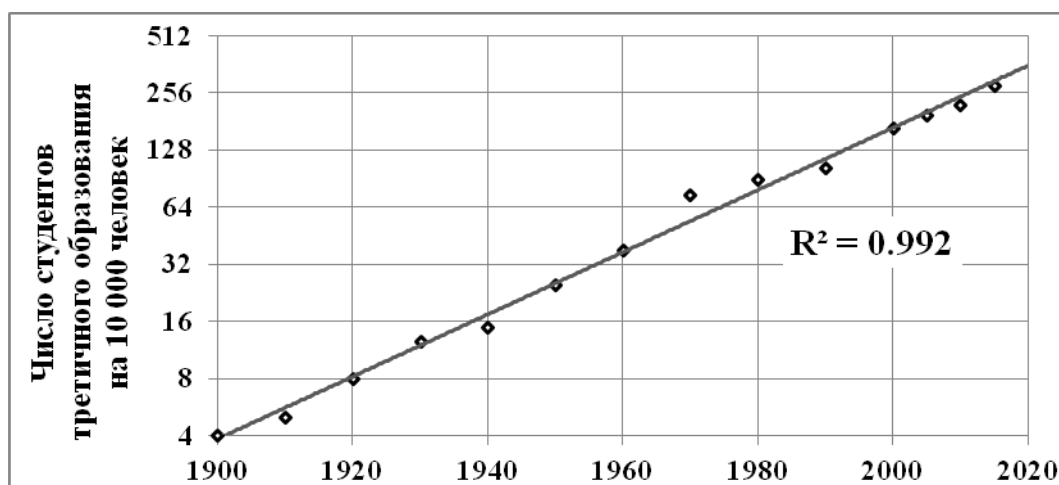


Рис. 3.22. Число студентов третичного образования в мире на 10 000 жителей

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^{322, 323}. Эта

³²⁰ См. [83].

³²¹ Six ways to ensure higher education leaves no one behind. UNESCO Policy Paper 30, 2017. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247862>

³²² См. [102].

³²³ См. [1].

зависимость (образовательная экспонента), как показывает рис. 3.23, имеет вид³²⁴

$$J_E = 20.5 \cdot 10^{0.246 E}. \quad (3.12)$$

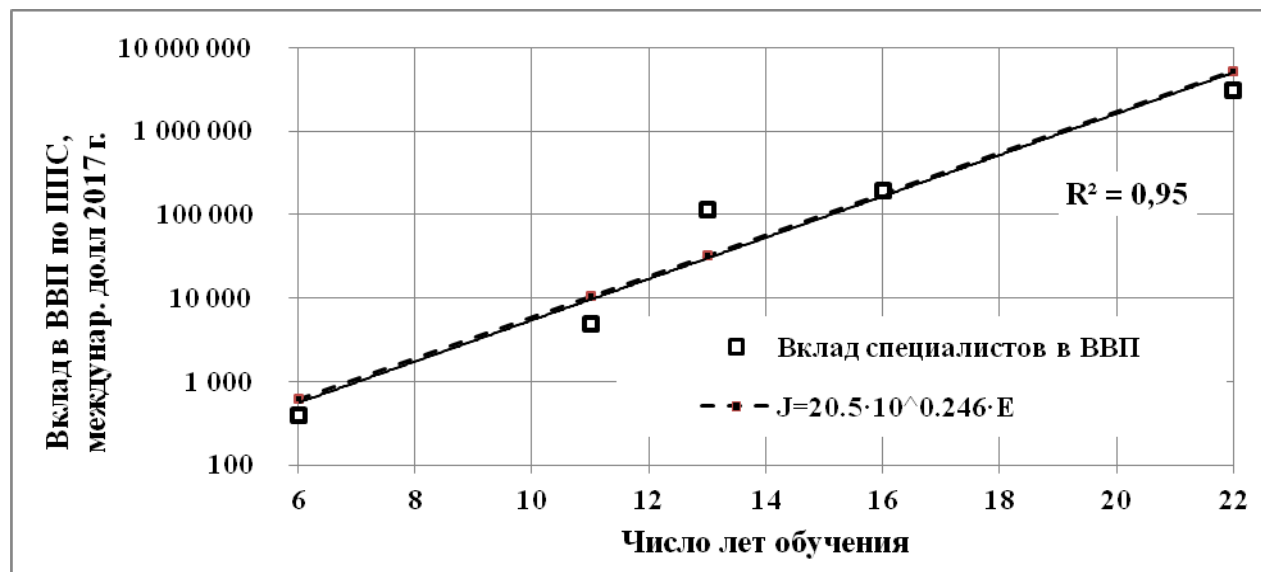


Рис. 3.23. Вклад в ВВП работников с различным образованием для 8 экономик

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 использованием метода Форсайт³²⁵. 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 команд³²⁶. Соответственно, научные исследования в этой сфере могут дать значительный экономический результат.

Отметим, что вторым важным фактором роста человеческого капитала является здравоохранение³²⁷. Таким образом, образование и медицина совместно

³²⁴ 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. T. 35. Special Issue 20. С. 2337-2357.

³²⁵ Лукша П., Лукша Е., Песков Д., Коричин Д. Атлас новых профессий. М.: Агентство стратегических инициатив, 2014. Skolkovo_SEDeC_Atlas.pdf

³²⁶ См. [180].

³²⁷ См. [100].

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»³²⁸.

«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, генной 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»³²⁹ (рис. 3.24).

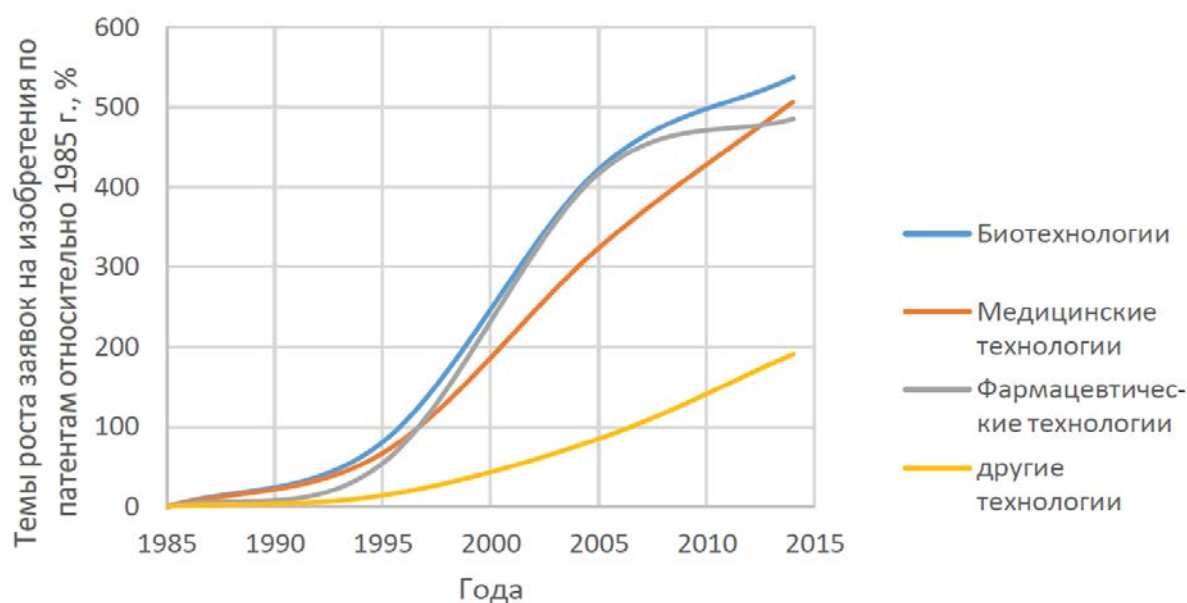


Рис. 3.24. Динамика темпов роста заявок на изобретения по типам технологий для Мира относительно 1985 г., 1985–2014 гг.

³²⁸ Гринин А.Л., Гринин Л.Е. Ведущие технологии шестого технологического уклада. 2017. URL: <https://www.researchgate.net/publication/323996170>

³²⁹ См.[314].

3.2.5. 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.

В данном исследовании не анализировалось количество статей в журналах, что, возможно, дает новые перспективы для уточнения весовых характеристик журналов. Но вряд ли это изменит принципиально позиции лидирующих направлений исследований.

Выводы

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 номер, хотя тематика первых 300 номеров важна для оценки новизны направления исследований.
3. Показано, что первое место по значимости занимает био-медицинская 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 био-медицинские) 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.