

Глава 4. Цикличность развития человечества

Кроме таких феноменов развития человечества, как гиперболический рост и демографический переход, очень важным является циклическое развитие. Как отмечалось в главе 1, разные авторы находят различные причины цикличности развития и доминирующую теорию выделить сложно. В данной работе предпринята попытка найти причины как цикличности вообще, так и современного экономического кризиса в рамках рассмотрения развития человечества как системы.

4.1. Технологические революции

Для выявления закономерности следования технологических сдвигов рассмотрим отмеченные различными авторами кризисные, поворотные или революционные даты долговременного характера в пределах нашей эры, которые приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Датировка технологических революций разными авторами

Автор	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кондратьев Н.Д. ⁹²					1789	1845	1898	1949	1985	2018	
Шумпетер Й.А. ⁹³					1785	1845	1900	1950	1990	2020	
Глазьев С.Ю. ⁹⁴					1770	1830	1880	1930	1970	2010	
Яковец Ю.В. ⁹⁵	450	1350			1731				1973		2130
Татеиси К. ⁹⁶	700	1302			1765	1876		1945	1974	2005	2025
Дьяконов И.М. ⁹⁷	540		1540			1845		1945			
Капица С.П. ⁹⁸	500		1500			1840		1955		2000	2050
Молчанов А.В. ⁹⁹	630	1325		1674		1848		1934	1978		
Орехов В.Д. ¹⁰⁰	630	1325		1674		1848		1935	1978	2010	2040
Bunch, B <i>et al.</i> ¹⁰¹	530		1453	1660	1735	1820	1895	1945	1972	2003	
Подлазов А.В. ¹⁰²	250	1350			1770			1930	1990		
Среднее (округл.)	530	1330	1500	1670	1770	1845	1890	1940	1980	2010	2038

⁹² Цит. по: Экономическая теория: Учеб. / Под ред. В.И. Видяпина и др. М., 2007. – С. 472.

⁹³ 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>

⁹⁴ Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Эконом. и мат. методы. – 1986. – № 5. – С. 793-804.

⁹⁵ Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. – М., 1999. – Табл. 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>

⁹⁶ Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. – М., 1990. – С. 192.

⁹⁷ Цит. по: Панов А.Д. Сингулярность Дьяконова. Русс. физ. мысль. – 2011. – С. 71.

⁹⁸ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 79.

⁹⁹ 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>

¹⁰⁰ 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>

¹⁰¹ Bunch, B., Hellems, 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

¹⁰² Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. – М., 2002.

Видно, что одни из этих дат считают важными для развития человечества большинство авторов, а другие – далеко не все. Отметим также, что в некоторых работах неявно отмечена неравнозначность разных технологических революций. Так, в приведенной на рис. 1.1 схеме современной периодизации длинных волн глубина первой и третьей волн Кондратьева показана явно меньшей, чем второй и четвертой. Аналогичную закономерность можно заметить на рис. 4.1, на котором приведены относительные темпы годового роста мирового ВВП в процентах¹⁰³. Видно, что глубина спада, соответствующего кризису в области 1880–1900 годов, относительно невелика по сравнению с 1931–1935 годами (здесь спады 1915–1920 и 1940–1945 годов соответствуют мировым войнам).

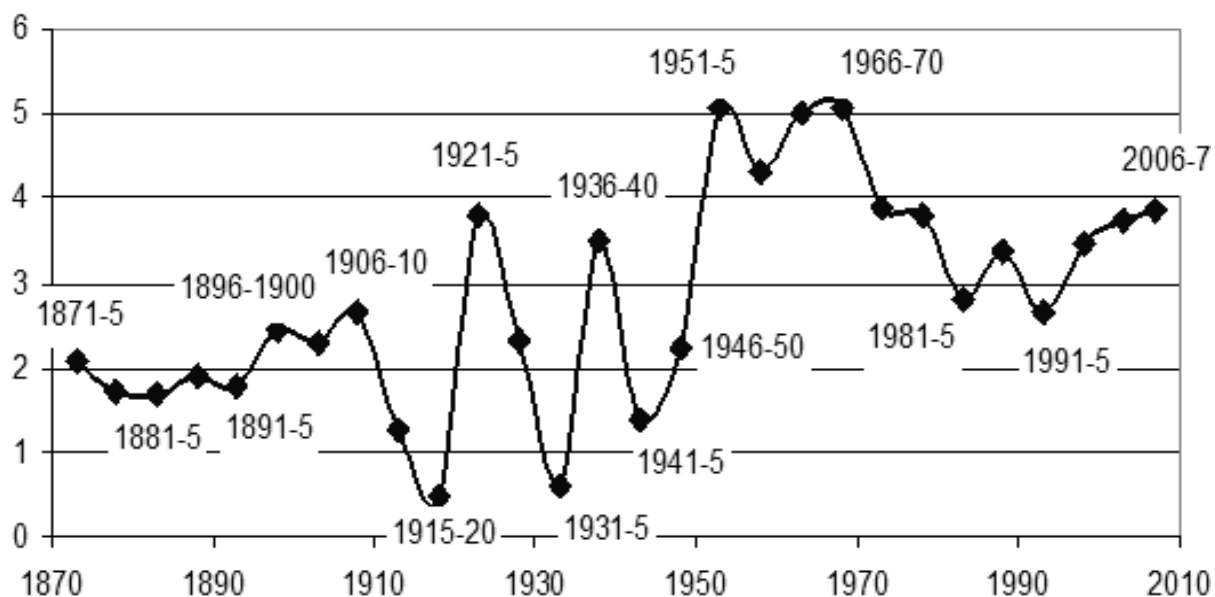


Рис. 4.1. Темпы роста мирового ВВП, %

Второй интересный факт заключается в том, что если исключить столбцы № 3, 5, 7, которые, как видно из табл. 4.1, относительно реже других отмечаются авторами, то оставшиеся образуют последовательность дат – T_n , промежутки между которыми – $\Delta T_{n+1} = T_{n+1} - T_n$ – представляют собой геометрическую прогрессию со знаменателем $1/2$. В этой последовательности продолжительность $n+1$ эпохи – $\Delta T_{n+1} = \Delta T_1 / 2^n$. Если за начальную революцию выбрать условную дату феодальной революции – $T_0 = 630$ год, то, просуммировав данную последовательность при $\Delta T_1 = 696$ лет, получим, что даты последующих революций будут выражаться формулой

$$T_n = T_0 + 2 \cdot \Delta T_1 \cdot (1 - 2^{-n}). \quad (4.1)$$

Такая закономерность связана с гиперболическим законом роста численности человечества до 1960 года, что более детально будет рассмотрено ниже. Отметим также, что эту последовательность T_n можно продолжить и дальше в прошлое, вплоть до зарождения человечества¹⁰⁴.

¹⁰³ Системный мониторинг. Глобальное и региональное развитие / Отв. ред.: Д. А. Халтурина, А. В. Коротаев. – М., 2010. – С. 211. http://cliodynamics.ru/download/M02Korotayev_Tsirel_kondratyevskie_volny.pdf

¹⁰⁴ Панов А.Д. Сингулярность Дьяконова // Русс. физ. мысль. – 2011. – № 1–12. – С. 76. <http://www.rusphysics.ru/files/Panov.Singulyarnost-%20.pdf>

4.2. Волны-«предвестники»

Вернемся к рассмотрению тех волн (революций, сдвигов), которые не входят в последовательность (4.1). Они также достаточно мощные, и некоторые из них широко известны в истории человечества, в частности «первая промышленная революция», произошедшая около 1770 года. Ориентировочно они происходят между более мощными волнами, как показано в табл. 4.2. Кроме того, эти дополнительные волны служат своего рода «предвестниками», по появлению которых можно судить о следующей более мощной технологической революции. Для обозначения дополнительных волн (революций) мы далее будем использовать для сокращения вместо слова «предвестник» приставку «пред» или соотнося с предыдущей революцией – «пост».

Таблица 4.2. Даты технологических революций, включая предвестников

n	T_n	Революция (эра)	Кондратьев Н.Д.	Глазьев С.Ю.	Татеиси К.	Дьяконов И.М.	Капица С.П.	Молчанов А.В.	Bunch В.
0	52	Предфеодалная							
1	630	Феодалная			700	540	500	630	530
2	1038	Предремесленная							
3	1326	Ремесленная			1302			1325	1453
4	1530	Возрождение				1540	1500		
5	1674	Классическая наука						1674	1660
6	1776	Первая промышленная	1789	1770	1765				1735
7	1848	Вторая промышленная	1845	1830		1845	1840	1848	1820
8	1899	Предвестник НТР	1898	1880	1876				1895
9	1935	Научно-техническая	1949	1930	1945	1945		1934	1945
10	1961	Предкибернетическая					1955		
11	1979	Кибернетическая	1985	1970	1974			1978	1972
12	2005	Предбиотехнологическая	2018	2010	2005		2000		2003
13	20XX	Биотехнологическая			2025		2050		

Логично предположить, что эти предвестники разбивают технологические эпохи так, что полученные временные интервалы ΔT_n образуют единую последовательность, представляющую собой геометрическую прогрессию со знаменателем, равным корню квадратному из 0,5, т.е. $0,5^{0,5} \approx 0,707$. При этом продолжительность эпох между революциями будет выражаться формулой $\Delta T_{n+1} = \Delta T_n / 2^{1/2} = \Delta T_1 / 2^{n/2}$. Соответственно, даты революций будут выражаться аналогично с (4.1) последовательностью (4.2):

$$T_n = 52,5 + 1970 \cdot (1 - 2^{-n/2}). \quad (4.2)$$

Даты технологических сдвигов, произошедших с начала нашей эры, включая и волны-предвестники, приведены в табл. 4.2. Там же для сравнения даны даты, представленные в работах классиков данного направления (см. табл. 4.1). Характерно, что при $n \rightarrow \infty$ согласно формулам (4.1) и (4.2) $T_n \rightarrow 2022$ году, то есть к условной дате сингулярности.

Здесь даты революций указаны с точностью до одного года, поскольку формулы (4.1), (4.2) при округлении будут давать значительные погрешности на больших промежутках времени. Однако ясно, что реальные технологические сдвиги происходят не точно в указанное время и более корректно округлять их примерно до десятилетий, что мы далее будем делать по мере необходимости.

Видно, что определенные таким образом даты революций № 6 и 8 (см. табл. 4.2: нумерация волн изменена) достаточно хорошо соответствуют двум из волн Н.Д. Кондратьева, а дата революции № 4 – началу эпохи Возрождения.

Однако появляются еще три даты, не отмеченные ранее: начало нашей эры (~52 год), 1038 и 1961 годы, которые можно трактовать как предвестники феодальной, ремесленной и кибернетической революций. Само по себе то, что современное летоисчисление производится от начала нашей эры, свидетельствует о важности первой из этих дат для всего человечества.

Революция 1961 года не отмечена значительными кризисами, однако это время наиболее быстрых темпов роста населения Земли и ее экономики, что, видимо, смягчило негативные кризисные моменты. Кроме того, это дата начала демографического перехода и перехода человечества как системы в новое состояние. Соответствующий технологический сдвиг многие авторы называют «постиндустриальным»¹⁰⁵ и он характеризуется тем, что производство услуг превосходит производство товаров и важным элементом экономического развития становятся инновации.

Даты революций после 1979 года уже нельзя определять по формуле (4.2), поскольку существенным становится замедление роста населения и знания в результате демографического перехода. Поэтому здесь указаны условные даты, близкие к указанным в табл. 4.1, а более детально этот вопрос будет рассмотрен ниже.

4.3. Содержание технологических революций

Предложенное выше деление технологических революций на два вида (основные и предвестники) требует проверки правомерности данного утверждения. С этой целью в табл. 4.3 приведены основные технические, технологические и организационные достижения, характеризующие рассматриваемые революции и последующие эпохи^{106, 107, 108}. Аналогичный перечень часто называют технологическим укладом, однако в данном случае рассматриваются не только технические достижения, но и те, что связаны с жизнеспасающими 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, ключевой фактор, двигатель, энергоноситель, транспортное средство, инструмент, материал, оружие, инноватор, метод лечения, технология передачи информации, метод обучения и др.

¹⁰⁵ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

¹⁰⁶ Bunch, V., Hellemans, A. The history of science and technology. 2004.

¹⁰⁷ Ошарин А.В., Ткачев А.В., Чапагина Н.И. История науки и техники: Учеб.-метод. пособие. – СПб., 2006. – 143 с. http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_humanitarian_15.html

¹⁰⁸ Черный А.А. История техники: Учеб. пособие. – Пенза, 2005. – 189 с. http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_humanitarian_15.html

Таблица 4.3. 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, И. Кеплера, Е. Торричелли, Ф. Парацельса, книгопечатание, возникновение мир-системы по И.М. 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

п	Годы	Технические, технологические и другие достижения
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, геновая инженерия, наноэлектроника, 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, генномодифицированные люди, первые бессмертные, возрождение вымерших животных, рождение детей в искусственной среде, мыслящие животные, телепатия, управление демографией, искусственный интеллект, квантовый компьютер, термоядерный реактор, биоэнергетика

Из табл. 4.3 достаточно хорошо заметно, 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.

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 и массовое использование 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 К. Татеиси, сердцевиной этих революций являются технологии «трех К»¹⁰⁹: 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.

¹⁰⁹ Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. – М., 1990. – С. 179.

Выделение этих двух эпох можно заметить в трудах авторов, которые отмечают, что на смену индустриальному обществу приходит постиндустриальное^{110,111}. Оно в свою очередь заменяется информационным (кибернетическим) и далее – обществом знания¹¹². 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^{113,114}: 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. Кроме того, важным фактором развития является использование нанотехнологий. 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.

4.4. Профиль технологических волн

Интересно исследовать изменение частоты появления изобретений в зависимости от предложенных дат технологических революций. Для этого воспользуемся статистическими данными Всемирной организации интеллектуальной собственности¹¹⁵ о числе запатентованных за год изобретений в мире – N по отношению к численности человечества – N в период с 1883 по 2008 год. Для того чтобы продлить эту закономерность в прошлое до 1450 года, Э.Ф. Немцовым¹¹⁶ была использована статистика крупных изобретений, приведенная в работе Д. Хюбнера¹¹⁷ (см. рис. 1.4) и основанная на данных

¹¹⁰ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

¹¹¹ Белл Д. Социальные рамки информационного общества // Новая технократическая волна на Западе. – М., 1986. – С. 330–342.

¹¹² Миндели Л.Э., Пипия Л. К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. – 2007.

¹¹³ Главачева Ю.Н. SciVerse Scopus – продукт компании Elsevier. – 2013.

http://library.kpi.kharkov.ua/Prezent/2_scopus.pdf

¹¹⁴ Реферативная база данных Scopus. <http://www.elsevier.com/online-tools/scopus/content-overview#content-overview>

¹¹⁵ Мировые показатели интеллектуальной собственности за 2012 год: Докл. Всемир. орг. интел. собст. – Женева. PR/2012/726, 2012. (World Intellectual Property Indicators – 2012/ Edition.

<http://www.wipo.int/ipstats/en/wipi/index.html>

¹¹⁶ Цит. по: Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. – 2011.

<http://nemtsov.ners.ru/articles/chelovechestvo-stanovitsya-vs-izobretatelnee.html>

¹¹⁷ Huebner, J. A. Possible Declining Trend for Worldwide Innovation. 2005.

В. Банча и А. Хелеманса¹¹⁸. Однако две указанные зависимости после 1900 года показывают противоречивые тенденции: согласно статистике крупных изобретений Д. Хьюбера (см. рис. 1.4), изобретательность людей снижается, а согласно патентной статистике (рис. 4.2) – растет.

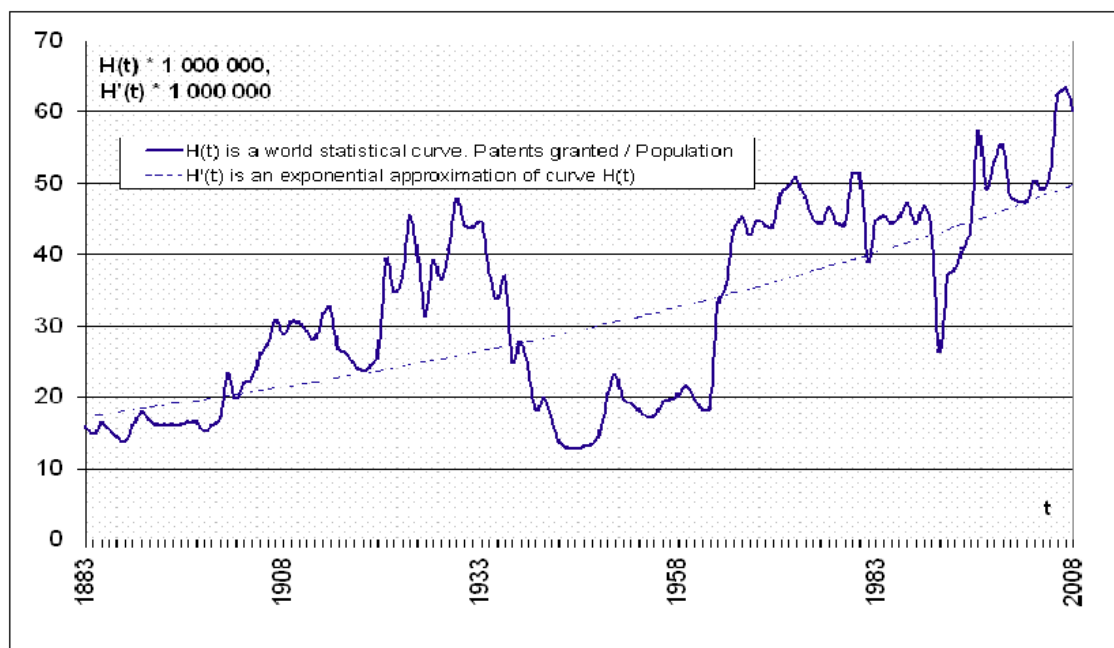


Рис. 4.2. Число выданных патентов на изобретения на миллион жителей Земли

Было принято, что более объективными за последние 100 лет являются данные патентной статистики. Для «сшивки» двух кривых были взяты данные за 1905 год, из которых следует, что одно крупное изобретение эквивалентно 1 700 запатентованным изобретениям. Скорректированная кривая крупных изобретений¹¹⁹ приведена на рис. 4.3.

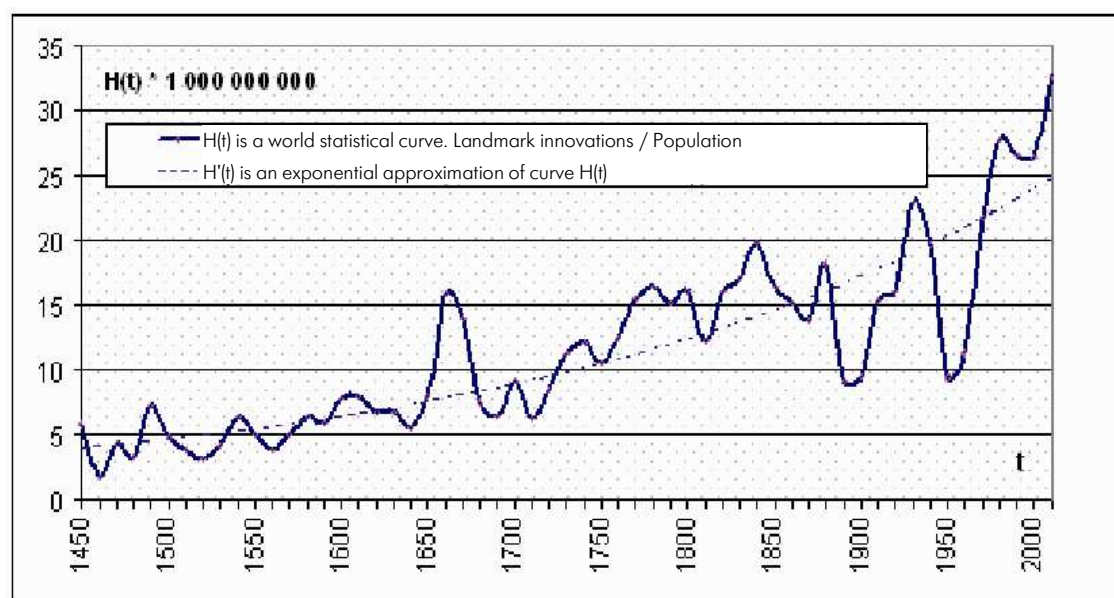


Рис. 4.3. Число крупных изобретений на миллиард жителей Земли

¹¹⁸ Bunch, V., Hellemans, A. The history of science and technology. 2004.

¹¹⁹ Цит. по: Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. – 2011.

Для определения профиля инновационной активности технологических эпох воспользуемся данными о крупных изобретениях, приведенными на рис. 4.3, а также датами технологических революций согласно табл. 4.2. При этом будем рассматривать соответствующие революции попарно – революция-предвестник и основная. Для того чтобы сравнить профили активности патентования, нормируем значения N к среднему по профилю за каждую пару волн и среднее значение N приравняем к уровню 50%. По оси абсцисс отложим точку от начала революции, причем точке 1 соответствует начало революции-предвестника, точке 11 – начало основной технологической революции, а точке 21 – конец цикла и начало следующей революции-предвестника (шкала равномерная). Соответствующие профили представлены на рис. 4.4.

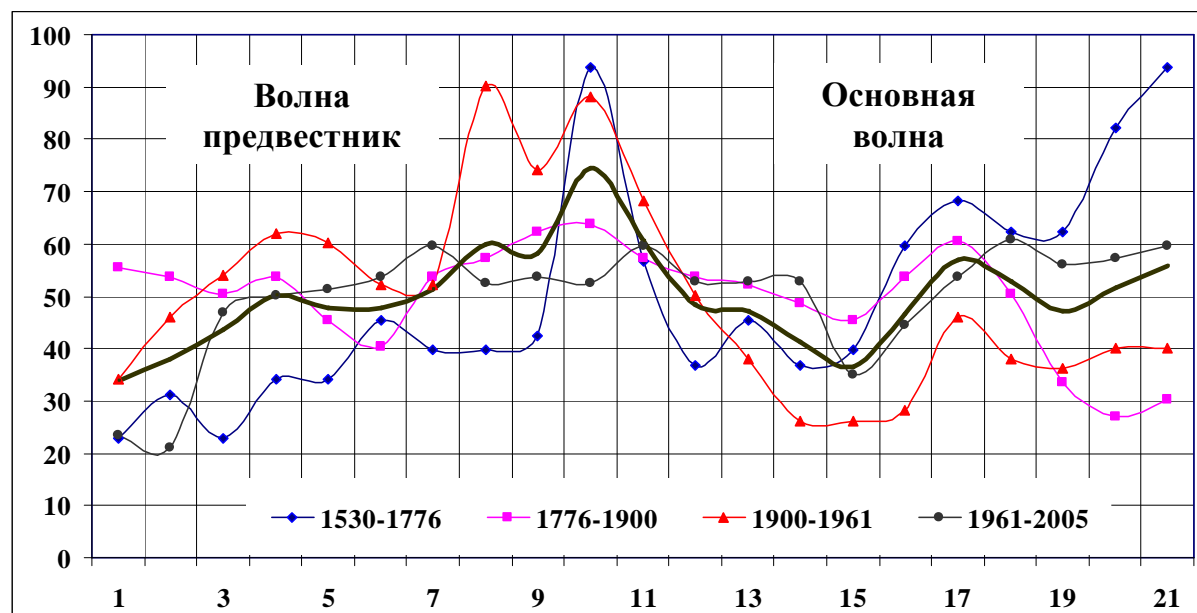


Рис. 4.4. Относительные профили изобретательской активности технологических эпох

Характерной особенностью этих профилей является то, что революция-предвестник, как правило, начинается с относительно малого числа изобретений и максимум инноваций достигается вблизи окончания данной эпохи. Основная же революция начинается со спада инновационной активности, а затем наблюдается рост числа изобретений в преддверии новой революции-предвестника¹²⁰.

Видно, что профили различных технологических эпох относительно сильно отличаются, что свидетельствует о значительной случайной компоненте и, возможно, влиянии более кратковременных экономических циклов. Вместе с тем профили эпох (волн) предвестников и основных достаточно значительно отличаются друг от друга и довольно близки внутри каждого из типов, чтобы утверждать, что это именно парные волны.

Можно также предполагать, что значительное число изобретений, появившихся в конце волны-предвестника, не успевают в полной мере реализоваться, вероятно из-за недостатка соответствующих ресурсов (инвестиций, спроса потребителей, понимания инвесторами направления технологической революции, квалифицированных специали-

¹²⁰ Орехов В.Д. О парной взаимосвязи длинных волн: Тр. XV междунар. научн.-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». – М., 2013. – С. 168.

стов соответствующих профессий). Тем не менее определенные решения принимаются предпринимателями и начинается внедрение пробных образцов продуктов новой технологической эпохи.

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

Основные результаты главы 4

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 не являются постоянными по продолжительности. В прошлом они образуют геометрическую прогрессию, что соответствует гиперболическому закону роста человечества. Наименьшая длина волны соответствует началу демографического перехода (1960 год).

Технологические революции следуют парами, тесно связанными содержательно, например Первая и Вторая промышленные революции.

Продолжительность эпох между основными технологическими революциями соответствует геометрической прогрессии по времени со знаменателем, равным 0,5 для основных революций, а даты этих революций выражаются формулой

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

Перед основными революциями происходят революции-предвестники, причем суммарная последовательность революций описывается геометрической прогрессией со знаменателем, равным корню квадратному из 0,5

$$T_n = 52 + 1970 \cdot (1 - 2^{-n/2}).$$

Изобретательская активность в течение волны-предвестника характеризуется постоянным повышением количества изобретений, а основная волна начинается со снижения активности, к концу же эпохи активность возрастает.