

## Часть 2. Роль знания в развитии человечества

### Глава 5. Рост знаний человечества

#### 5.1. Цикл оборота знания

Для понимания роли некоторого фактора необходимо рассмотреть, частью какой системы он является и какие функции в ней выполняет. На рис. 2.2 была дана системная схема развития человечества на базе знания. Для того чтобы сконцентрировать внимание непосредственно на цикле оборота знания, преобразуем эту схему в вид, представленный на рис. 5.1. Безусловно, здесь обозначены далеко не все связи. Так, очень важной является связь НИОКР с производством или производства и обучения, но на этом рисунке обозначены только основные потоки знания и инвестиций (пунктиром).

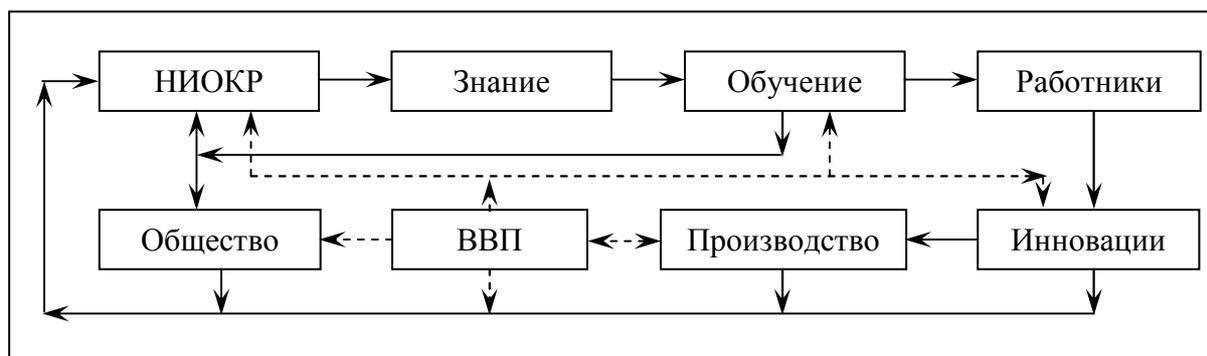


Рис. 5.1. Цикл оборота знаний

В главе 3 мы рассмотрели, как ведет себя численность человечества во взаимосвязи с ВВП на душу населения. Теперь важно выявить, существует ли взаимосвязь между ростом человечества и знанием или другим, связанным со знанием показателем, например уровнем технологий, как предложено рядом исследователей.

Сложность использования такого показателя, как уровень технологий связана с тем, что он не является реально измеримым параметром и его можно определить только по некоторому эффекту, например снижению смертности или величине ВВП на душу населения ( $G/N$ ). Способ введения таких показателей далеко не однозначен. Использование же  $G/N$  связано с тем, что этот показатель уже задействован в качестве параметра, характеризующего экономическое развитие человечества. Кроме того, он существенно зависит от рыночной специфики, т.е. уровня спроса, международной конкуренции и цен.

Как мы видели выше (см. рис. 4.4), инновационная активность существенно меняется в зависимости от фаз технологических революций, а численность человечества и ВВП мира изменяются достаточно монотонно (на среднесрочном периоде порядка десятилетий). Поэтому желательно найти более монотонный индикатор уровня деятельности цикла, приведенного на рис. 5.1. При этом нам важно выделить ту информацию, которая существенна для развития человечества как единой системы и является питательной средой для инноваций, производства, науки и благоустройства жизни людей. Важно также, чтобы это было то знание, которое может легко передаваться по всему миру и генерировать рост производства в глобальном масштабе. Поэтому целесообразно обратить внимание прежде всего на кодифицированную информацию.

## 5.2. Рост знания во времени

Поскольку до демографического перехода большая часть кодифицированной информации хранилась на бумажных носителях, естественно, что и объем знаний в этот период связан с объемом изданных книг. Будем учитывать в качестве знания только явную информацию, способствующую развитию производства мирового ВВП. В качестве трех опорных точек используем данные по объему книг, брошюр и газет в библиотеке конгресса США<sup>121, 122, 123</sup>, который в 1960 году составил порядка 14,5 млн книг и брошюр, в 2000 году – 30 млн, а в 2012 году – 35,8 (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Фонды библиотеки конгресса США

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

Понятно, что в библиотеке конгресса хранятся не все знания мира, но она является крупнейшим хранилищем знаний в настоящее время. Кроме того, в ней имеются дубликаты. Поэтому с некоторым приближением можно принять объем хранения в ней за все знание человечества. В качестве единицы измерения знания воспользуемся введенной в параграфе 2.2 единицей – условная книга (у.к.). В этих единицах суммарный объем хранения в библиотеке конгресса (см. табл. 5.1) составит: в 2000 году – 18 млн у.к., в 1960 году – в два раза меньше, или 9 млн у.к., а в 2012 году – 21,5 млн у.к.

В качестве четвертой опорной точки выберем Александрийскую библиотеку, которая была создана примерно в 300 году до н.э. и имела в своих хранилищах от 100 000 до 700 000 свитков<sup>124</sup>. Исходя из представления об объеме свитка, можно принять, что количество размещенных на нем знаний составляет порядка 1/5 у.к. Хотя Александрийская библиотека и не содержала все знание человечества, но она была близка к нему, поэтому примем объем знаний, хранящихся в этой библиотеке, за все знания мира на то время ~ 80 тыс. у.к.

<sup>121</sup> Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. – 2007. – №7.

<sup>122</sup> Библиотека конгресса. – Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

<sup>123</sup> General Information – About the Library (Library of Congress). 2012. <http://www.loc.gov/about/general-information>

<sup>124</sup> Советский энциклопедический словарь. – М., 1987.

Наконец, в качестве последней точки выберем время возникновения человечества, которое относится к периоду примерно 1,6 млн лет назад, когда число людей составляло около 100 тыс. Поскольку в это время не существовало разделения людей по профессиям, за объем знаний человечества можно принять объем нейронной памяти одного индивидуума, степень развития которого превосходит шимпанзе, но меньше, чем современного человека, ~ 20 у.к.<sup>125</sup>. Полученные оценки объема знаний и их связь с ростом численности человечества даны в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Объем знаний человечества

Объект оценивания (библиотека)	Год от начала н.э.	Население Земли, млн	Объем знаний, тыс. у.к.	Объем знаний, у.к. на тыс. чел.
Библиотека конгресса	2012	7 000	21 500	3,07
Библиотека конгресса	2000	6 000	18 000	3,00
Библиотека конгресса	1960	3 077	9 000	2,92
Александрийская библиотека	-300	86	80	0,93
Зарождающееся человечество	-1 600 000	0,1	0,02	0,20

Как видно из табл. 5.2, объем знаний в расчете на одного человека меняется по времени относительно медленно. Таким образом, основным параметром, влияющим на объем знания человечества  $Z$ , является число людей  $Z \sim N$ . Соответственно для аппроксимации мирового объема знаний можно использовать формулу типа гиперболы<sup>126</sup>

$$Z \approx 1,5 \cdot 10^9 / (2025 - T)^{1,25}. \quad (5.1)$$

Формула (5.1) верна в период гиперболического роста человечества (до 1960 года и с некоторой погрешностью до 1975 года). Используя формулу (1.1), можно получить выражение для объема знаний, корректное и в период демографического перехода<sup>127</sup>,

$$Z \approx Z_0 \cdot (N/N_0)^{1,25} = 20 \cdot (N/N_0)^{1,25} \quad (5.2)$$

(здесь  $N_0 = 100\,000$  – условная начальная численность человечества<sup>128</sup>). Погрешность, с которой аппроксимирует формула (5.2) объем знаний из табл. 5.2, не превышает 10% в течение последнего столетия и не более 16% для 300 года до н.э. (табл. 5.3).

В графическом виде зависимость объема знаний человечества в у.к., согласно формулам (5.1), (5.2), от дат технологических революций, согласно формуле (4.1), представлена на рис. 5.2 в двойной логарифмической шкале.

<sup>125</sup> Анисимов В.А. О законе возрастания сложности эволюционирующих систем, или Что день грядущий нам готовит. [www.yugzone.ru/articles/438](http://www.yugzone.ru/articles/438), 2006.

<sup>126</sup> Орехов В. Д. Знания в системе развития общества // Бизнес-образование, РАБО. – 2010. – №28. – С. 77.

<sup>127</sup> Орехов В. Д. Прогнозирование в сложном окружении // XIV-й всеросс. симпоз.: «Стратегическое планирование и развитие предприятий». – М., 2013. – №5. – С. 108.

<sup>128</sup> Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 42.

Таблица 5.3. Аппроксимация объема знаний человечества

Объект оценивания (библиотека)	Год	Z, тыс. у.к.	Z, тыс. у.к. по ф-ле (5.1)	Погрешн. ф-лы (5.1)	Насел., млн	Z, тыс. у.к. по ф-ле (5.2)	Погрешн. ф-лы (5.2)
Конгресса	2012	21 500			7 000	22 772	6%
Конгресса	2000	18 000	26833	49%	6 073	19067	6%
Конгресса	1960	9 000	8127	-10%	3 039	8025	-11%
Александрийская	-300	80	93	16%	86	93	16%
Зарождающееся человечество	-1600000	0,02	0,026	32%	0,1	0,020	0%



Рис. 5.2. Объем знаний человечества в различные технологические эпохи

Квадратами на рис. 5.2 обозначены опорные точки, использованные для оценки объема знаний (см. табл. 5.2). При этом точка, соответствующая 2012 году, поставлена условно, поскольку даты технологических революций после 1978 года пока определены нами с большими погрешностями.

Гипербола (5.1) в двойной логарифмической шкале является прямой линией и определяется минимум двумя точками, через которые она проходит. Поскольку у нас в гиперболической зоне развития есть три опорные точки и они хорошо согласуются с данной прямой, это свидетельствует о том, что данные об объемах знаний в разные периоды взаимно согласованы. Погрешность определения объема знаний в прошлые эпохи является довольно большой, но в связи с тем, что данная закономерность представлена прямой линией в двойной логарифмической шкале, погрешности порядка 100% мало влияют на уравнение прямой, а коэффициент при гиперболе определяется значениями всех использованных опорных точек, что приводит к снижению погрешности.

Выведенные формулы для объема знаний человечества (5.1), (5.2) являются оценками по порядку величины, однако из них видно, что объем знаний зависит в основном от числа людей и соответственно от времени в период гиперболического роста.

Кроме того, существует показатель, связывающий рост объема знаний с совершенствованием человеческого мозга. Из формулы (5.2) видно, что объем знаний растет не пропорционально числу людей, а быстрее – в степени 1,25. Увеличение показателя степени на **0,25** характеризует темп прироста возможностей человеческого мозга и используемых им инструментов со временем. Если число людей со времени появления человека увеличилось, согласно формуле (1.1), в 70 000 раз, то рост возможностей мозга человека создавать знания увеличился примерно в корень четвертой степени из данного числа, или в 16 раз. Объем мозга человека за это время увеличился примерно в два раза, но та часть мозга, которая ответственна за высшие функции разума и мышления, увеличилась значительно больше. Кроме того, повысилась эффективность его работы, а также инструментальные возможности, такие как речь и письменность. Конечно, использование информационных технологий может дополнительно повысить эффективность работы человека как создателя знаний, однако многие авторы относятся к этому весьма скептически.

Отметим, что данный результат существенно отличается от предположений, принятых в работах М. Кремера и ряда других авторов, которые считали, что производительность умственного труда людей, создающих технологии, пропорциональна уровню существующих технологий, т.е. сильно меняется по времени.

### **5.3. О причинах пропорциональности объема знания числу людей**

Полученная закономерность (5.2) отражает тесную взаимосвязь объема знаний человечества с числом людей, что далеко не очевидно, и важно понять, что является причиной такой взаимосвязи. Рассмотрим несколько гипотез.

1. *Владельцы знаний.* Согласно данным ЮНЕСКО<sup>129</sup>, число ученых (специалистов, участвующих в R&D) в мире составило в 2007 году 7,1 млн человек. Объем знаний человечества на эту дату, согласно формуле (5.2), составляет ~ 21 млн у.к. Таким образом, на каждого ученого приходится примерно три условные книги знания. Если для оценок по порядку величины принять, что объем знания, которым ученый хорошо владеет и использует в творческий период жизни, составляет порядка 50 у.к., из которых половину занимает популярное, универсальное знание, а 25 – уникальное, то получим, что каждой книгой уникального знания пользуется в среднем около восьми ученых. Поскольку все эти ученые говорят на разных языках, введем коэффициент языкового барьера, равный ~ 4 (условно: английский, китайский, испанский и один из европейских). Следовательно, каждой книгой знания владеет всего лишь порядка двух ученых и разработчиков, не разделенных значительными языковыми барьерами. Понятно, что это предельно мало.

Однако существующее соотношение количества специалистов в области R&D к общему числу людей, которое в 2007 году составляет около 0,11%, является объективным показателем системы создания и эксплуатации знания человечества. Соответственно увеличение объема используемого знания возможно только при увеличении числа людей. Конечно, в прошлые эпохи не было такого явного выделения специали-

---

<sup>129</sup> Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009-139. – Стат. ин-т ЮНЕСКО (ISU), 2009.

стов в области R&D, но и в то время число людей, занимающихся сопровождением существующих знаний, было предельно малым.

2. *Финансирование R&D.* Ограниченной является возможность финансирования исследований и разработок. В 2002–2007 годах на R&D в мире тратилось в среднем 1,71–1,74% мирового ВВП<sup>130</sup>. Таким образом, для обеспечения финансирования работы одного ученого работают около 16 человек, и, видимо, изменить данный показатель в глобальном масштабе достаточно сложно. Соответственно рост финансирования R&D происходит только пропорционально числу людей.

3. *Создание знаний (число ученых).* Возможность создавать новые знания также связана с числом ученых, а соответственно и людей. Так, в 2007 году объем публикаций, зарегистрированных в базе данных Scopus<sup>131</sup>, составил 1,07 млн, или 0,15 публикации на одного специалиста, участвующего в R&D. Если принять, что в среднем каждая публикация имела объем около 15 страниц (~15% у.к.), то публикационная производительность среднего ученого составит  $\Delta P_{S1} \approx 2,26\%$  у.к. в год, а за всю творческую жизнь (около 40 лет)  $\Delta P_S \approx 90\%$  у.к. Общее количество произведенных знаний на одного ученого составит  $\Delta Z_{S1} \approx 6,8\%$  в год или  $\Delta Z_S \approx 2,7$  у.к. за все время работы. Весь современный корпус ученых произведет за свою жизнь примерно  $\Delta P \approx 6,4$  млн у.к., которые будут зарегистрированы в базе Scopus, и около  $\Delta Z \approx 19$  млн у.к. суммарного объема знаний. Это близко к имеющемуся в настоящее время объему знаний  $Z \approx 23$  млн у.к. Таким образом, производительность научного знания корпусом ученых по величине близка к имеющемуся объему знаний (при этом мы не рассматривали фактор устаревания знания и вывода его из использования, что допустимо при расчете по порядку величины и быстрых темпах роста знания, но в принципе его необходимо учитывать). Тем не менее видно, что фактор производительности системы создания знания может существенно влиять на пропорциональность знания числу людей.

4. *Число профессий.* Для глобальной реализации полученных новых знаний необходимо по каждому направлению знаний создать профессиональное сообщество. В работе<sup>132</sup> высказана гипотеза о том, что число таких профессий ( $N_P$ ) в мире равно числу людей, деленному на условную начальную численность человечества  $N_0 = 100\,000$ .

$$N_P = N/N_0. \quad (5.3)$$

В соответствии с этой гипотезой в настоящее время в мире около 70 тыс. профессий и объем знаний на каждую профессию составляет 325 у.к. Примерно такое количество знаний может держать в поле своего профессионального внимания человек, но не знать досконально.

Достаточно близко к реальному и указанное выше количество профессий. Так, в общероссийском классификаторе профессий<sup>133</sup> в 1994 году содержалось около 10 тыс. профессий, однако в нем минимально были отражены наиболее наукоемкие профессии в области информационных и биотехнологий. Сказывается также то, что профессии вносятся в справочники с запаздыванием и далеко не все направления науки развиваются в России.

<sup>130</sup> Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009-139. – Стат. ин-т ЮНЕСКО (ISU), 2009.

<sup>131</sup> Реферативная база данных Scopus.

<sup>132</sup> Анисимов В.А. О законе возрастания сложности. [www.yugzone.ru/articles/438](http://www.yugzone.ru/articles/438). – 2006.

<sup>133</sup> Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов // Госстандарт России. – 1994. – №367.

При таком определении профессии на каждую из них приходится примерно 100 специалистов в области R&D, в том числе по 25 на каждую из указанных выше языковых групп. Вполне вероятно, что именно требование к числу специалистов R&D в творческой группе и является реальным фактором, определяющим численность профессиональной группы в 100 000 человек.

5. *Число изобретателей и инноваторов.* По мнению ряда авторов (Й.А. Шумпетер, А.В. Подлазов, М. Кремер), рост технологий (Р) происходит вследствие того, что их создают удачные и сообразительные люди, которых тем больше, чем больше численность населения (1.6). Поскольку существенным и поддерживаемым обществом является то знание, которое используется в реальных инновациях и производстве общественных благ, отсюда следует взаимосвязь объема знаний с количеством людей.

Таким образом, имеется несколько факторов, которые связывают объем знаний с числом людей (табл. 5.4). В настоящее время можно относиться к ним как к гипотезам, однако это не уменьшает достоверности полученного выше эмпирического результата о пропорциональности объема знаний человечества числу людей.

Таблица 5.4. Гипотезы о причинах взаимосвязи объема знаний с числом людей

	<b>Причина</b>	<b>Исходные позиции</b>	<b>Важный параметр</b>
1	Пропорциональность числа «владельцев знаний» числу людей	В 2007 году на 21 млн у.к. приходится 7,1 млн человек, участвующих в R&D	Каждой книгой знания владеет около двух человек, участвующих в R&D, не разделенных языковыми барьерами
2	Финансирование R&D пропорционально числу людей	В 2002–2007 годах на R&D в мире тратилось в среднем 1,71 – 1,74% мирового ВВП	Для обеспечения финансирования работы одного ученого работают около 16 человек
3	Число ученых пропорционально числу людей в мире	В 2007 году R&D занимались 7,1 млн чел., на каждого пришлось 0,15 публикации в базе Scopus, или ~ 2,2% у.к.	Доля специалистов, участвующих в R&D, составляет ~ 0,11% от численности людей
4	Число профессий, требующихся для глобальной реализации знаний, пропорционально числу людей	В мире существует ~ 70 000 профессий; объем знаний на каждую составляет 325 у.к.	Число специалистов области R&D на профессию составляет ~ 25 чел., не разделенных языковыми барьерами
5	Количество инноваций пропорционально числу людей	По мнению ряда авторов (Й.А. Шумпетер, А.В. Подлазов, М. Кремер), рост технологий (Р) происходит вследствие того, что их создают удачные и сообразительные люди, которых тем больше, чем больше численность населения: $dP/dT = PN/C$ (1.6)	

Представляется, что наиболее существенными являются причины 1, 3 и 4 (число владельцев знаний, его производителей и число профессий), однако и остальные факторы достаточно значимы, о чем свидетельствует наличие у них активных сторонников.

#### 5.4. Связь объема знания и публикационной активности

Использованный выше подход к учету знаний человечества (см. табл. 5.1) хотя и не очень точен, но позволил рассмотреть всю картину роста знания на протяжении всей истории человечества, а также избежать влияния использования ИТ на определение объема знаний. Впрочем, объем знаний в библиотеке конгресса в 2012 году удовлетворительно укладывается в общую зависимость, несмотря на то что это уже время широкого использования ИТ. Не исключено, однако, что в 2012 году не учтен значительный объем знаний. Естественно, в последнее время появились и более точные данные по приросту нового знания, которые можно использовать для уточнения полученной картины.

Годовой прирост знания  $\Delta Z$  можно оценить как по формулам (5.1), (5.2), так и по годовому объему публикаций и патентов в мире  $\Delta P$ . Хотя они и не исчерпывают всех источников знаний, но являются основными тщательно фиксируемыми и недублированными источниками знания. На рис. 1.11 приведена зависимость числа публикаций в мире от времени, а на рис. 5.3 – число выдаваемых ежегодно патентов<sup>134</sup> (в миллионах). Здесь с целью исключения двойного учета учтены только патенты, выдаваемые резидентам.

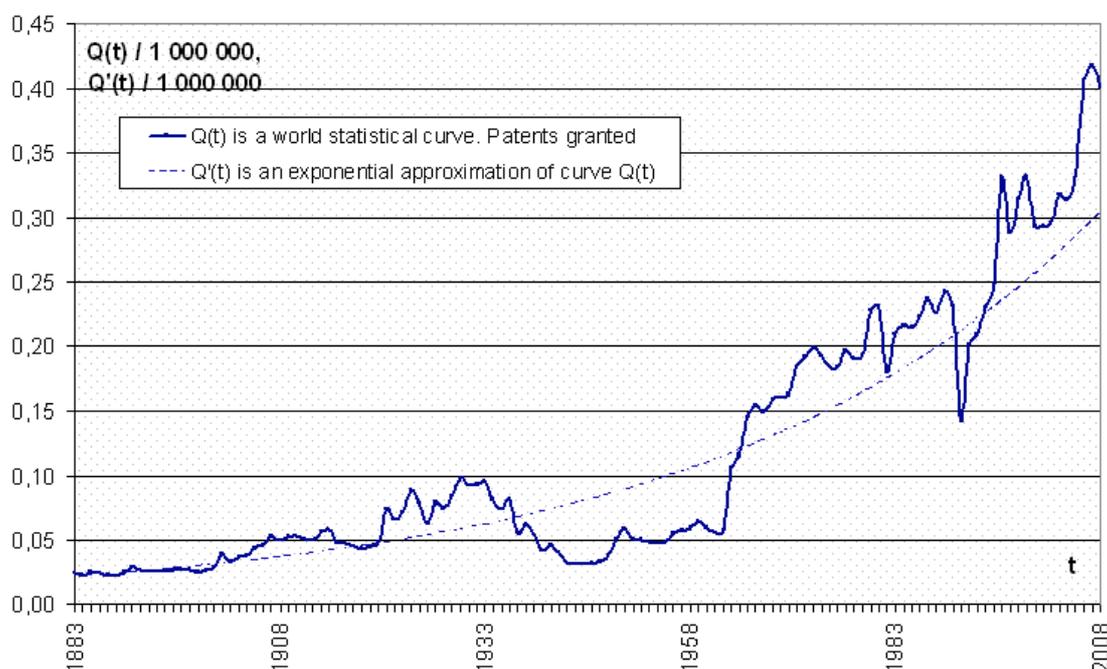


Рис. 5.3. Число выдаваемых в мире за год патентов (млн/год)

Сравнение динамики выдачи патентов и публикаций показывает (рис. 5.4), что их число по-разному изменяется во времени. До 1946 года число патентов превышает число публикаций, а позднее, наоборот, количество публикаций в два-три раза превосхо-

<sup>134</sup> Цит. по: Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. – 2011.

дит число патентов. Это, видимо, связано с тем, что патенты стали тщательно регистрировать раньше, чем другие виды публикаций.

В то же время в базе Scopus представлено примерно 25 млн патентов<sup>135</sup>. С 1949 года, когда в базе Scopus наблюдается резкий скачок публикаций, во всем мире было выдано примерно 28 млн патентов. Таким образом, можно полагать, что до этой даты включение патентов в Scopus было ограниченным, а после ее весьма полным. Поэтому при расчете суммарного прироста числа публикаций и патентов  $\Delta P(T)$  до 1949 года суммировались данные по количеству патентов по патентной статистике и публикаций из базы Scopus, а начиная с этой даты использовались только данные из Scopus.

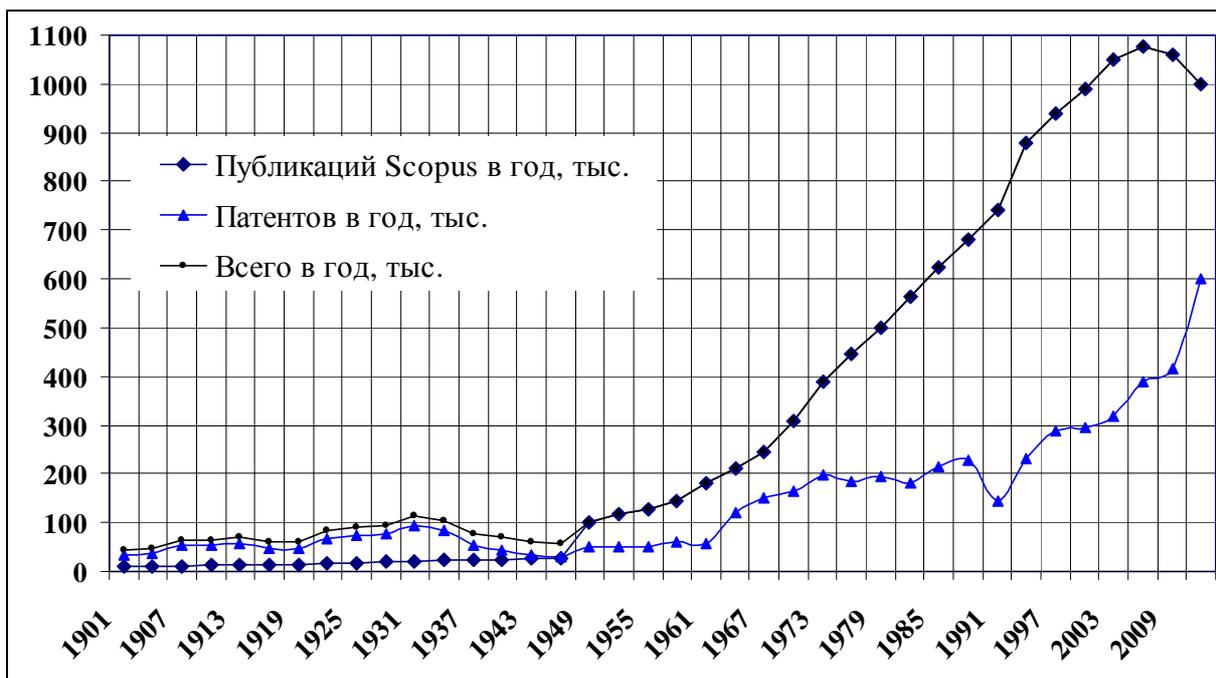


Рис. 5.4. Рост годового числа патентов и публикаций в мире

Для сравнения зависимостей  $\Delta Z(T)$  и  $\Delta P(T)$  было принято, что в среднем каждая публикация из базы Scopus (см. рис. 1.11) и каждый патент (см. рис. 5.3) имеют объем, равный 15% у.к. При расчете прироста знания  $\Delta Z$  до 1975 года использовалась гиперболическая формула (5.1), а после нее – формула (5.2), а также статистические данные по численности населения мира из работы С.П. Капицы<sup>136</sup> с линейной интерполяцией между приведенными значениями.

Результаты сравнения прироста объема знаний человечества  $\Delta Z(T)$ , вычисленного по формулам (5.1), (5.2), и прироста публикаций и патентов  $\Delta P(T)$  приведены на рис. 5.5. Видно, что число публикаций и патентов составляет менее половины от расчетного объема знаний. Обе кривые выходят «на полку», однако между расчетной кривой и зафиксированным в Scopus объемом публикаций существует сдвиг по времени примерно на 25-30 лет. Это свидетельствует о том, что в формулах (5.1), (5.2) нужно учесть задержку по времени роста объема знаний по сравнению с ростом числа людей.

<sup>135</sup> Реферативная база данных Scopus.

<sup>136</sup> Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 69.

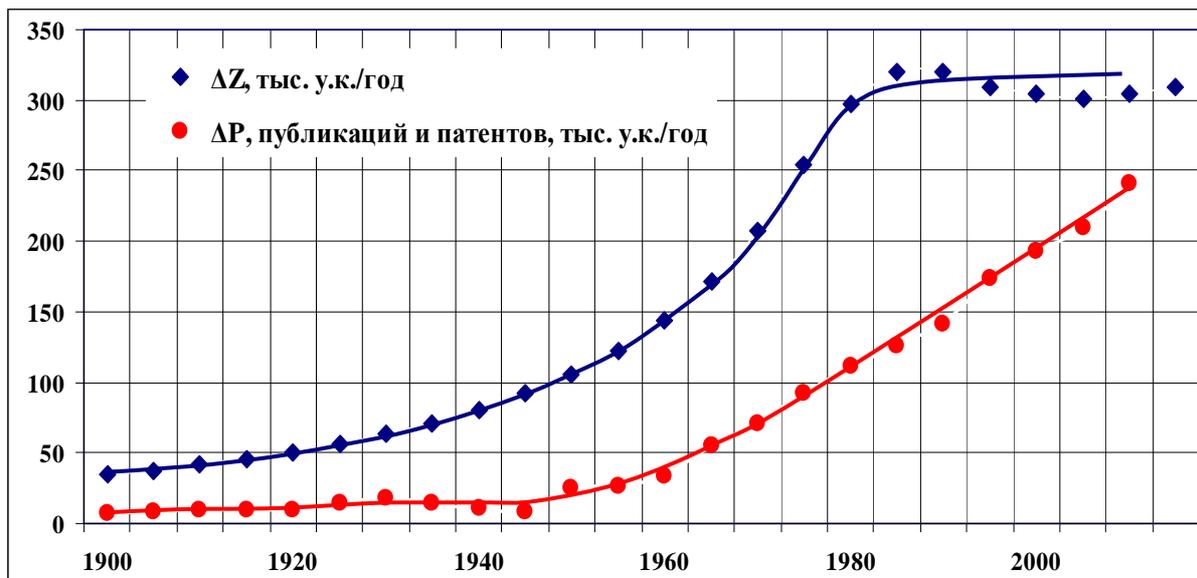


Рис. 5.5. Годовой прирост знаний, а также публикаций и патентов

В первом приближении это можно сделать, используя в формулах (5.1), (5.2) значение числа людей на 25 лет ранее  $N(T-25)$  и соответственно увеличив в 1,5 раза числовой коэффициент. При этом они приобретают следующий вид:

$$Z \approx 2,25 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{1,25}; \quad (5.4)$$

$$Z \approx 30 \cdot (N(T-25)/N_0)^{1,25}. \quad (5.5)$$

Сравнение аппроксимационных формул (5.1) и (5.4) для объема знаний, а также опорных точек из табл. 5.2 за последнее столетие дано на рис. 5.6.

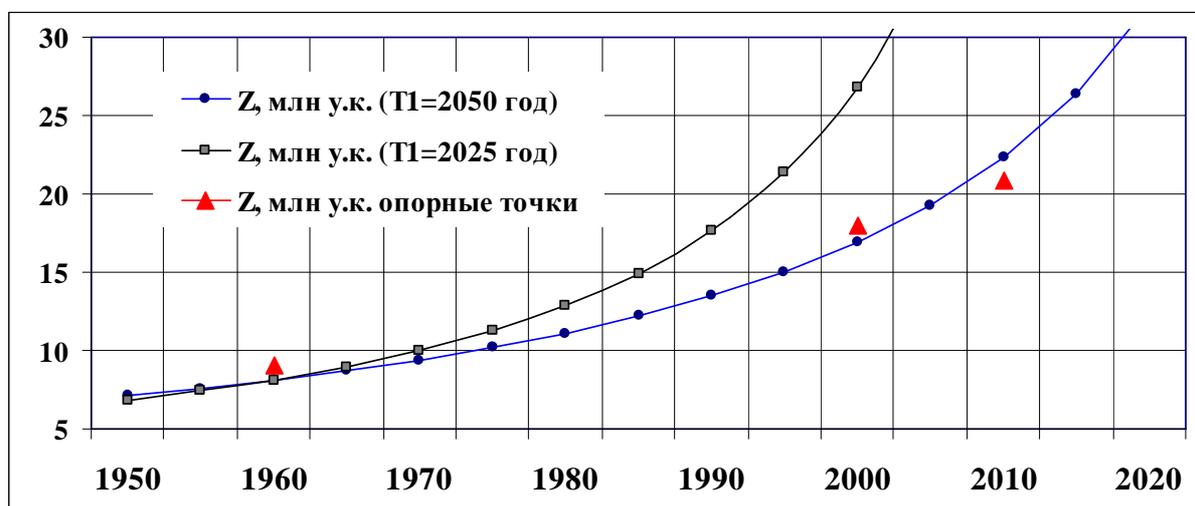


Рис 5.6. Сравнение аппроксимационных формул (5.1) и (5.4)

Видно, что формула (5.4) значительно лучше аппроксимирует опорные точки в области демографического перехода, чем формула (5.1). При этом за счет сдвига в 25 лет гиперболическая зона и соответственно область применимости формулы для объема знаний (5.4) распространяется до 2000 года и даже дальше.

В табл. 5.5 приведены значения погрешностей формул (5.4) и (5.5) в разное время. Видно, что формула (5.5) лучше аппроксимирует опорные точки после 1960 года, но хуже в более удаленное назад время (табл. 5.5).

Таблица 5.5. Погрешности формул для объема знаний человечества

Объект оценивания (библиотека)	Год	Z, тыс. у.к.	Z, тыс. у.к. по ф-ле (5.4)	Погрешн. ф-лы (5.4)	Насел. (Т-25), млн	Z, тыс. у.к. по ф-ле (5.5)	Погрешн. ф-лы (5.5)
Конгресса	2012	21 500	23 848	11%	5 020	22 542	5%
Конгресса	2000	18 000	16 923	-6%	4 086	17 428	-3%
Конгресса	1960	9 000	8 117	-10%	2 157	7 842	-13%
Александрийская	-300	80	138	72%	85	138	73%
Зарождающееся человечество	$-16 \cdot 10^5$	0,02	0,04	97%	0,1	0,03	50%

Если ограничить область применимости формулы (5.4), ее можно сделать еще более точной в диапазоне 1950 – 2005 годов, за счет увеличения постоянного коэффициента от 2,25 примерно до 2,4. Такой прием может быть использован при расчетах, поскольку данная формула более простая, чем формула (5.5), и не связана с определением численности населения.

Сравнение формул (5.2) и (5.5), приведенное на рис. 5.7, показывает, что в данной области они примерно одинаково точно аппроксимируют опорные точки по объему знания, причем вблизи 1960 года формула (5.2) даже несколько точнее.

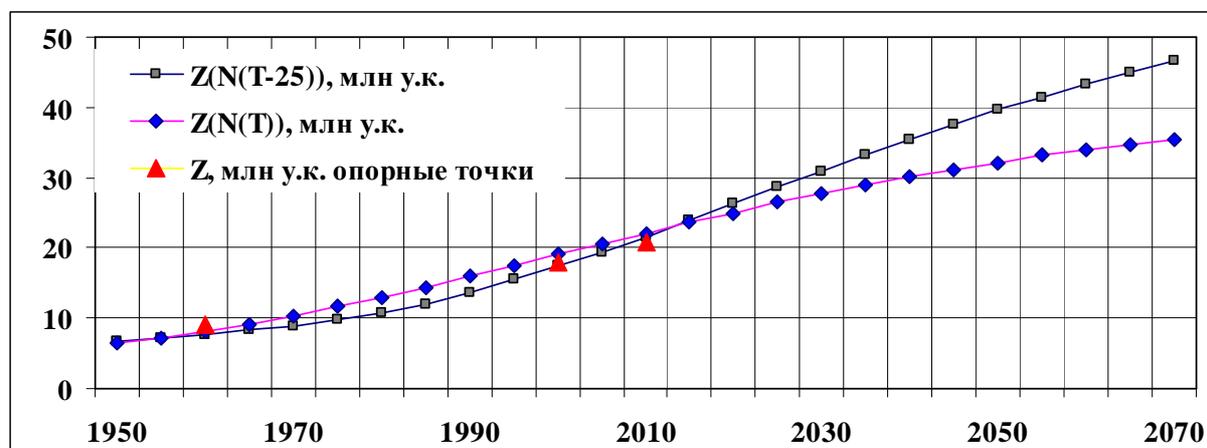


Рис 5.7. Сравнение аппроксимационных формул (5.2) и (5.5)

В области 1975 года объем знаний по формуле (5.5) растет более медленно, что отражает заниженную численность человечества после войны и соответственно более быстро растет после 1990 года, что отражает быстрый послевоенный рост численности населения. Важно, что прирост объема знаний после 2015 года, согласно формуле (5.4), значительно выше, чем по формуле (5.2).

Сравнение расчетных значений прироста знания  $\Delta Z(T)$  по формулам (5.4) и (5.5) с приростом числа публикаций, включая патенты,  $\Delta P(T)$  дано на рис. 5.8. Для удобства сравнения здесь приведено утроенное значение  $\Delta P(T)$ .

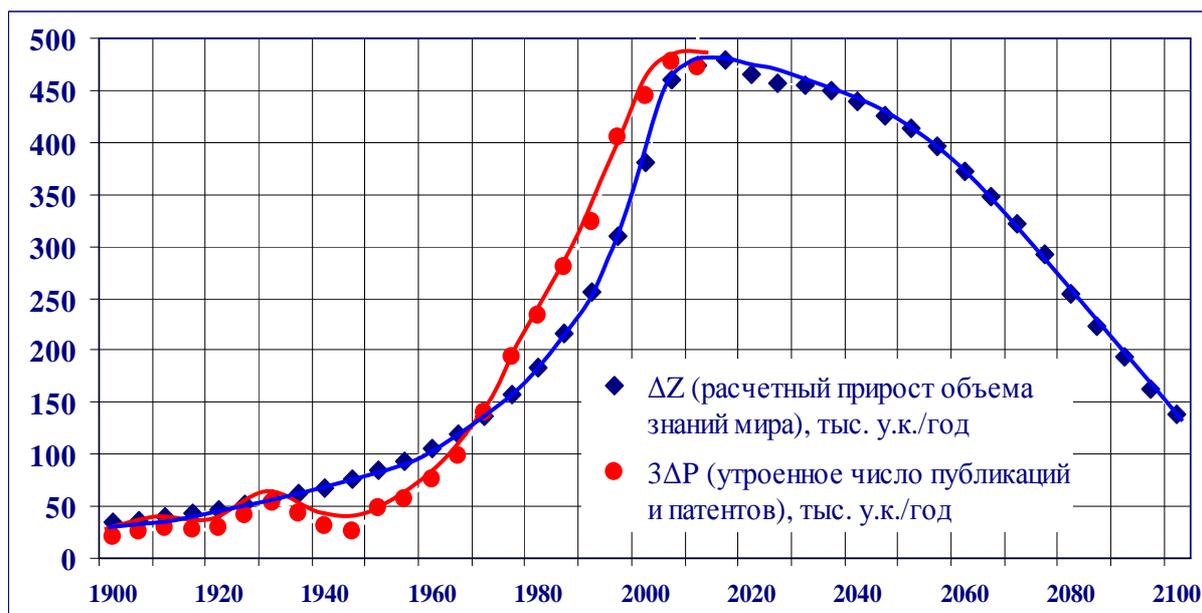


Рис. 5.8. Сравнение расчетного прироста знания с числом публикаций

Из рис. 5.8 видно, что кривые  $\Delta Z(T)$  и  $\Delta P(T)$  достаточно близки друг к другу, причем они примерно одновременно выходят на полку. Заметное отличие количества публикаций от расчетного прироста объема знаний наблюдается в период мировых войн, особенно в 1940–1945 годах. После 2020 года прирост объема знаний достаточно быстро уменьшается, что связано с демографическим переходом и падением темпов прироста населения мира.

Прирост объема знаний человечества в настоящее время характеризуется следующими цифрами. В 2010 году при численности населения, примерно равной 6,8 млрд чел., и темпах его прироста  $\Delta N \approx 74$  млн чел. в год согласно формуле (5.5) объем знаний  $Z \approx 21,6$  млн у.к., а годовой прирост знаний  $\Delta Z \approx 470$  тыс. у.к. Из общего объема знаний 17,5 млн у.к., или 81%, было опубликовано с начала XX века. Сейчас темп роста составляет 2,2% в год.

При этом в 2010 году было зафиксировано 1 050 тысяч публикаций Scopus (в том числе выдано резидентам 550 тыс. патентов<sup>137</sup>), что соответствует приросту публикаций  $\Delta P = 158$  тыс. у.к., или 1/3 от прироста знания  $\Delta Z$ . Такое расхождение этих данных достаточно приемлемо, поскольку есть еще значительное количество других типов знаний, которые не столь тщательно учитываются, как статьи и патенты. Так, в базе Scopus проиндексировано 376 млн научных веб-страниц<sup>138</sup>.

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

<sup>137</sup> Реферативная база данных Scopus.

<sup>138</sup> Scopus. Content Coverage Guide, 2013.

[http://cdn.elsevier.com/assets/pdf\\_file/0019/148402/contentcoverageguide-jan-2013.pdf](http://cdn.elsevier.com/assets/pdf_file/0019/148402/contentcoverageguide-jan-2013.pdf)

## 5.5. Связь технологических революций с ростом объема знаний

Приведенные выше выражения для определения численности человечества  $N$  и объема его знаний  $Z$  позволяют сделать оценки соответствующих величин в периоды различных технологических революций, указанных в табл. 4.2, и выявить закономерности их изменения<sup>139, 140</sup>. Соответствующие данные, полученные с использованием выражений (1.1), (5.1), (5.2), приведены в табл. 5.6.

Видно, что между технологическими революциями численность человечества увеличивалась примерно в 1,41 раза, а объем знаний – в 1,54. Отклонение от этой закономерности до демографического перехода не превышает 0,01, причем данная погрешность связана с использованием целых значений лет.

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

Таблица 5.6. Характеристики технологических эпох

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млрд	Z, млн у.к.	Рост Z, раз	Рост N, раз
52	Предфеодальная	0,10	0,11	1,54	1,41
<b>630</b>	Феодальная	0,14	0,18	1,54	1,41
1038	Предремесленная	0,20	0,27	1,54	1,41
<b>1325</b>	Ремесленная (проторенессанс)	0,29	0,42	1,54	1,41
1530	Возрождение	0,40	0,64	1,54	1,41
<b>1674</b>	Классическая наука	0,57	1,0	1,54	1,41
1776	Первая промышленная	0,80	1,5	1,54	1,41
<b>1848</b>	Вторая промышленная	1,13	2,3	1,53	1,41
1899	Предвестник НТР	1,59	3,6	1,53	1,40
<b>1935</b>	Научно-техническая	2,22	5,4	1,52	1,40
1961	Предкибернетическая	3,13	8,3	1,53	1,41
<b>1979</b>	Кибернетическая	4,38	12,7	1,53	1,40
2005	Предбиотехнологическая	6,45	20,6	1,62	1,47
<b>2038</b>	Биотехнологическая	8,74	30,0	1,46	1,35

Для получения более точных дат технологических революций будущего воспользуемся для расчета объема знаний формулами (5.4) и (5.5). Будем также считать, что между датами смежных революций объем знаний меняется в постоянное число раз. В качестве ориентиров выберем средние даты технологических революций из табл. 4.1. Полученная последовательность дат революций приведена в табл. 5.7. Там же в последнем столбце для сравнения даны осредненные прогнозы дат технологических революций из табл. 4.1.

<sup>139</sup> Орехов В.Д. Знания в системе развития общества//Бизнес-образование, РАБО. – 2010. – №28 – С. 78.

<sup>140</sup> Орехов В.Д. О парной взаимосвязи длинных волн: Тр. XV междунар. научн.-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». – М., 2013. – С. 165.

Таблица 5.7. Уточненные характеристики технологических эпох в XX–XXI веках

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млрд.	Z, млн у.к.	Рост Z, раз	Рост N, раз	Год, табл. 4.1
<b>1342</b>	<b>Ремесленная</b> (проторенессанс)	0,29	0,62	1,47	1,38	1330
1531	Возрождение	0,40	0,91	1,47	1,38	1500
<b>1668</b>	<b>Классическая наука</b>	0,56	1,33	1,47	1,38	1670
1770	Первая промышленная	0,78	1,96	1,47	1,40	1770
<b>1844</b>	<b>Вторая промышленная</b>	1,10	2,88	1,47	1,41	1845
1899	Предвестник НТР	1,59	4,25	1,47	1,44	1890
<b>1939</b>	<b>Научно-техническая</b>	2,33	6,24	1,47	1,47	1940
1968	Предкибернетическая	3,54	9,19	1,47	1,52	1980
<b>1990</b>	<b>Кибернетическая</b>	5,25	13,5	1,47	1,48	
2006	Предбиотехнологическая	6,53	19,8	1,47	1,24	2010
<b>2026</b>	<b>Биотехнологическая</b>	7,97	29,2	1,47	1,22	2038
2059	Предвестник революции знания	9,80	42,9	1,47	1,23	

Видно, что по сравнению с формулами гиперболического типа (5.1), (5.2) (см. табл. 5.6) рост объема знаний между революциями уменьшается с 1,54 до 1,47, т.е. примерно на 10%. Даты революций в гиперболической зоне достаточно близки к указанным в табл. 4.1, а также не сильно отличаются от приведенных в табл. 5.6. Дата кибернетической революции сдвигается с 1980 на 1990 год, что лучше соответствует реальности с учетом того, что существует два этапа кибернетической революции (предвестник и основная).

Дата предвестника биотехнологической революции смещается на 2006 год, что с точностью до двух лет соответствует реальному началу последнего кризиса.

Обратим внимание на всплеск прироста населения, который требуется для выполнения условия постоянного прироста знаний между датами революций, в области 1968 года, с 1,4 до 1,52. Он связан с тем, что в зоне начала демографического перехода темп роста населения Земли близок к максимальному, а знания создаются относительно малочисленным поколением, родившимся за 25 лет до того после Второй мировой войны.

Наиболее значительным сдвигом по сравнению с датами, представленными в табл. 5.6, является приближение биотехнологической революции к нашему времени (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.

Существует, однако, вероятность того, что специфика использования лекарственных препаратов, обусловленная требованием их длительной проверки, а также вопросы этичности применения ряда достижений биотехнологической революции и их соответствия традиционным законодательным нормам приведут к затягиванию сроков ее реализации. Массовое использование биотехнологий вызывает также обоснованные опа-

сения о безопасности их применения, и это также может вести к задержке их внедрения в бизнес-практику.

Еще одна проблема связана с тем, что для массового внедрения биотехнологий необходимо предварительно подготовить огромное количество специалистов соответствующих профессий, однако пока не заметно, что образование осуществляет соответствующий переход. К тому же освоение биотехнологических профессий должно осуществляться прежде всего в странах, лидирующих в развитии этих технологий и не имеющих запасов человеческих ресурсов, которые могут осваивать новые технологии. Соответственно требуется принять болезненные решения о переводе производства технологий предыдущего поколения в развивающиеся страны, имеющие избыток трудовых ресурсов.

В качестве примера напомним, что когда СССР в результате НТР осуществил переход в авиастроении к турбореактивной технике, а через несколько лет к ракетной, пришлось принимать решение о прекращении многих направлений авиастроения с тем, чтобы обеспечить научно-техническими кадрами ракетно-космическую отрасль. Это привело к существенным потерям знания, и через несколько лет пришлось восстанавливать авиационную отрасль.

Вместе с тем важно понимать, что мировой кризис 2008 года, который длится уже семь лет, имеет в своей фундаментальной основе не экономическую или финансовую причину<sup>141</sup>, а инновационно-технологическую. Пока проблема перехода к биотехнологическому способу производства не будет решена, никакие попытки завершения депрессии принципиально не могут привести к положительному результату. Именно такой вывод следует из полученных в данной работе результатов. Конечно, его нужно проверять. По мнению автора, для этого целесообразно использовать инструменты маркетинговых исследований.

Использованный выше подход к прогнозированию дает возможность предсказать еще одну дату революции, которая условно названа «предвестник революции знания» и должна произойти ориентировочно в 2059 году. Важность предсказания этой даты связана с тем, что в связи с демографическим переходом и стабилизацией численности населения Земли эта 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 актуальность революции, связанной с производством знания, весьма велика.

## **5.6. Причины технологических революций**

Как показано в предыдущем параграфе, количество нового знания, появившегося между революциями (включая революции-предвестники), составляет около 50% от всего знания, накопленного за все предыдущие технологические эпохи, а прирост числа людей – 41% от их численности в конце предыдущей технологической эпохи. При этом прирост знаний примерно в полтора раза превышает объем знаний, созданный за предыдущую технологическую эпоху. Это важно с точки зрения изменения приоритетов для инновато-

---

<sup>141</sup> Мировой экономической кризис (с 2008 года). – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

ров и предпринимателей, поскольку при меньших объемах переключение стереотипов мышления будет происходить у относительно малой части предпринимателей.

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

Следует отметить, что проведенный выше анализ (см. рис. 4.2, 4.3) не выявил в закономерностях роста числа инноваций явного соответствия с датами технологических революций. Более того, пики роста патентования изобретений (см. рис. 4.4) по-разному ведут себя для основных революций и предвестников. При этом пик появления крупных изобретений характерен для окончания революции-предвестника, а в начале основной революции количество крупных изобретений длительное время уменьшается. *Поэтому инновационная активность с низкой вероятностью является активатором технологических сдвигов.*

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

В то же время рост знания вполне может претендовать на ведущую роль в инициировании технологических революций. Выявленные выше закономерности позволяют сформулировать новую модель циклического развития человечества, которая в виде схемы представлена на рис. 5.9.

Суть модели «волны знания» заключается в следующем: существует цикл оборота знания (см. рис. 2.1, 5.1), включающий в себя последовательность влияющих друг на друга факторов. Взаимодействие происходит следующим образом:

1. Рост ВВП на душу населения ( $G/N$ ) приводит к росту численности населения Земли ( $N$ ), согласно полученным зависимостям (3.3), (3.10).
2. Рост численности населения приводит к росту объема знания человечества ( $Z$ ) с задержкой в 25 лет.
3. Рост ВВП на душу населения и знания приводит к возникновению новых актуальных потребностей человечества, однако бизнес не готов их удовлетворить.
4. Рост знания в определенный момент приводит к превышению порогового значения, характерного для начала технологических революций.
5. Превышение порогового значения в совокупности с качественно новыми потребностями людей и ростом спроса приводит к инновационному импульсу.
6. Инновационный импульс инициирует инвестиционный выбор направления новой технологической революции.
7. Массовые инвестиции в выбранное направление развития приводят к перестройке экономики, производства, законодательства, образования и всей системы мирового хозяйства.
8. Перестройка мирового хозяйства дает новый импульс росту ВВП.

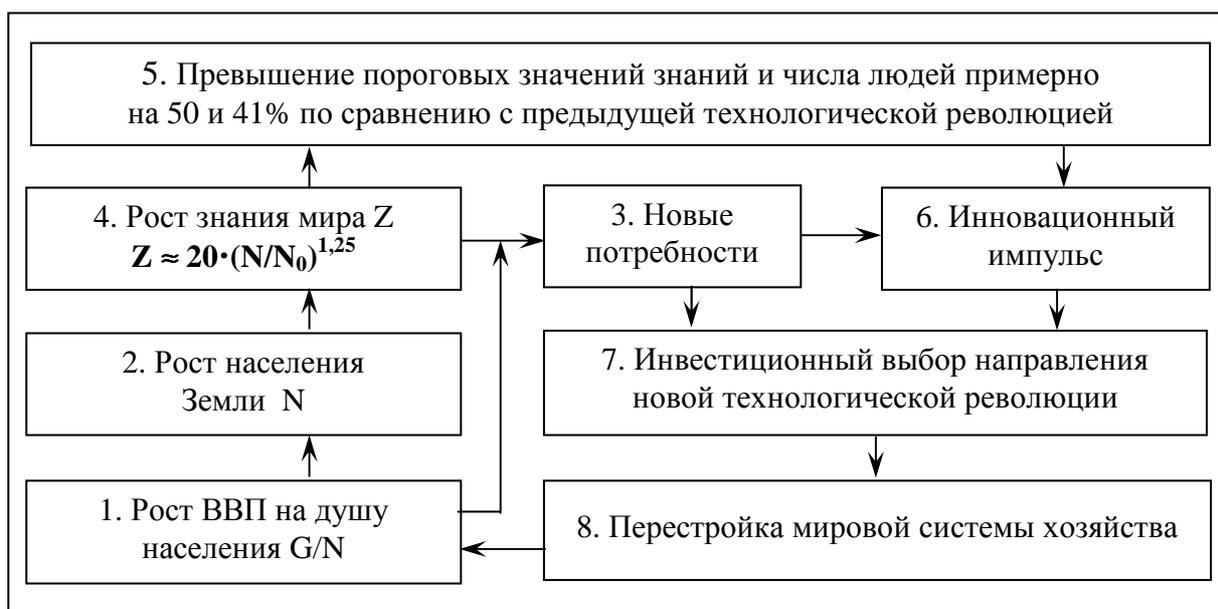


Рис. 5.9. Модель циклического развития человечества «волны знания»

В табл. 5.8 дано краткое описание данной модели в сопоставлении с аналогичными моделями Н.Д. Кондратьева и Й.А. Шумпетера.

Таблица 5.8. Модели циклического развития человечества

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

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

### Основные результаты главы 5

Для периода гиперболического роста числа людей выражение для объема знаний человечества (Z) представлено формулой

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

В период демографического перехода объем знаний может быть определен по формуле типа

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

Около одной трети прироста знания человечества, соответствующего выражениям (5.4) и (5.2), составляют публикации, регистрируемые в реферативной базе знаний Scopus, включая патенты.

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

Ключевым фактором модели циклического развития экономики «волны знания» является триггерный эффект от превышения порогового объема знаний по сравнению с предыдущей технологической революцией.

Кризис, начавшийся в 2008 году, соответствует предвестнику биотехнологической революции. Это означает, что кризис закончится только в результате начала перехода мировой экономики к биотехнологическому способу производства.

Важными задачами, которые должны быть решены при переходе к новому способу производства, являются:

- массовая подготовка специалистов биотехнологических профессий;
- решение вопроса нехватки человеческих ресурсов в глобальном масштабе;
- законодательное обеспечение легитимности нового способа производства;
- снижение барьеров по внедрению биотехнологий;
- обеспечение системной безопасности нового способа производства;
- решение вопросов доверия общества к новым технологиям.

Уточненный прогноз дат следующих технологических революций: 2026 год – биотехнологическая; 2059 – предвестник революции знания.