

# ВИКТОР ОРЕХОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
РАЗВИТИЯ  
ЧЕЛОВЕЧЕСТВА С  
УЧЕТОМ ФАКТОРА  
ЗНАНИЯ

**Виктор Дмитриевич Орехов**  
**Прогнозирование**  
**развития человечества с**  
**учетом фактора знания**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=17513659](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=17513659)*

*ISBN 978-5-85689-102-6*

**Аннотация**

В работе рассмотрены закономерности развития человечества как системы, включая рост числа людей в процессе демографического перехода, рост знания человечества, особенности следования технологических революций в мире и их связь с ростом знания. Дан прогноз роста мирового ВВП и дат следующих технологических революций. Показано, что революции следуют парами, близкими по содержанию. Разработана методика прогнозирования развития человечества на базе расчета индикатора интеллектуального капитала как отдельных стран, так и мира в целом. Для научных работников и преподавателей экономических специальностей, а также для всех, кто интересуется вопросами развития человечества, управления знаниями и прогнозирования.

# Содержание

Содержание	5
Введение	9
Часть 1. Основы анализа развития человечества	14
Глава 1. Обзор работ в области развития человечества	14
1.1. Мир как система	15
1.2. Цикличность мирового развития	18
1.3. Моделирование развития человечества	25
1.4. Рост численности человечества	28
1.5. Динамика мирового ВВП	37
1.6. Роль фактора знания	42
Глава 2. Человечество с точки зрения системного подхода	51
2.1. Анализ человечества[70] с точки зрения системного подхода	52
2.2. Параметры системы, характеризующей развитие человечества	57
Конец ознакомительного фрагмента.	63

# Виктор Дмитриевич Орехов

## Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания

Рецензенты:

А.П. Мухин, доктор экономических наук

В.Н. Карпов, доктор технических наук, профессор

В дизайне обложки использована репродукция из работы: Bollen, J., Van de Sompel, H., Hagberg, A., Bettencourt, L., Chute, R., Rodriguez, M.A., *et al.* (2009)

Clickstream Data Yields High-Resolution Maps of Science. PLoS ONE 4(3): e4803. doi:10.1371/journal.pone.0004803 <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0004803>

<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0004803#pone-0004803-g001>

© В.Д. Орехов, 2015

# Содержание

## Введение

## Часть 1. Основы анализа развития человечества

### Глава 1. Обзор работ в области развития человечества

#### 1.1. Мир как система

#### 1.2. Цикличность мирового развития

#### 1.3. Моделирование развития человечества

#### 1.4. Рост численности человечества

#### 1.5. Динамика мирового ВВП

#### 1.6. Роль фактора знания

### Глава 2. Человечество с точки зрения системного подхода

#### 2.1. Анализ человечества с точки зрения системного под- хода

#### 2.2. Параметры системы, характеризующей развитие че- ловечества

#### 2.3. Анализ размерности и подобия

### Глава 3. Демографическая модель человечества

#### 3.1. Модель роста численности человечества

#### 3.2. Численное решение

#### 3.3. Аналитическое решение

#### 3.4. Анализ параметров решения

#### 3.5. Системные эффекты

## Глава 4. Цикличность развития человечества

### 4.1. Технологические революции

### 4.2. Волны-«предвестники»

### 4.3. Содержание технологических революций

### 4.4. Профиль технологических волн

## **Часть 2. Роль знания в развитии человечества**

## Глава 5. Рост знаний человечества

### 5.1. Цикл оборота знания

### 5.2. Рост знания во времени

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

### 5.4. Связь объема знания и публикационной активности

### 5.5. Связь технологических революций с ростом объема знаний

### 5.6. Причины технологических революций

## Глава 6. Начало развития человечества с точки зрения знания

### 6.1. Базовые структуры и функции человеческого мозга

### 6.2. Язык и внутренняя речь

### 6.3. Способности мозга: от разума к мышлению

### 6.4. Парадокс митохондриальной Евы

### 6.5. Хронология развития человечества и перехода к мышлению

## 6.6. Технологические революции прошлого

### Глава 7. Связь роста знаний и ВВП мира

#### 7.1. Аппроксимация роста мирового ВВП

#### 7.2. Прогноз роста мирового ВВП с учетом роста знания

#### 7.3. ВВП и прогноз параметров следующих революций

### Глава 8. Система создания знания

#### 8.1. Число работников НИОКР в мире

#### 8.2. Система создания знания

#### 8.3. Расходы на НИОКР

#### 8.4. Публикационная активность стран мира

#### 8.5. Публикационная активность и языковой фактор

### Глава 9. Следующие технологические революции

#### 9.1. Содержание следующей технологической революции

#### 9.2. Революция знания?

#### 9.3. Перспективы революции знания

## **Часть 3. Роль интеллекта в реализации ресурса знания**

### Глава 10. Рост знания и образование

#### 10.1. Состояние современного образования

#### 10.2. Виды образования в цикле оборота знания

#### 10.3. Особенности подготовки специалистов для продуктивной деятельности

10.4. Компетентность специалиста

10.5. Современные образовательные технологии

Глава 11. Связь интеллекта людей и ВВП стран мира

11.1. Оценка интеллектуального и человеческого капита-

ла стран

11.2. Индикатор интеллектуального капитала

11.3. Прогнозирование ВВП стран с использованием мо-  
дели ИИК

11.4. Рост интеллектуального капитала и технологические  
революции

Выводы

Заключение

Приложение 1. Терминологический словарь

Приложение 2. Условные обозначения

Приложение 3. Значения дефлятора

Литература

# Введение

*Именно развитым сознанием, языком и культурой мы коренным образом отличаемся от животных, и потому нас в сто тысяч раз больше, чем соизмеримых с нами тварей<sup>1</sup>.*

*Сергей Капица*

Что является движущей силой развития человечества? Ответ на этот вопрос искали многие известные ученые, однако на фоне впечатляющих успехов развития точных наук результаты таких работ пока относительно скромные.

Мы научились делить ядра атомов и добывать из них энергию. Человек полетел в космос и исследовал планеты солнечной системы, побывал на Луне. Мы разведали тысячи планет у других солнц и ищем на них братьев по разуму. Огромные самолеты перевозят сотни миллионов людей для отдыха на морском побережье. Мы расшифровали генокод человека и лечим генетические болезни. Создали компьютеры, которые управляют огромными заводами и домашней техникой, роботов, которые вместо человека работают на производстве. Годовая выплавка стали превысила полтора миллиарда тонн, а производство зерна – два с половиной миллиарда. Мы уже не мыслим своей жизни без ноутбука и автомобиля. Милли-

---

<sup>1</sup>

Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 19.

арды людей объединены сетью Интернет и системой мобильной связи.

И в то же время мы не смогли предсказать мощнейший финансово-экономический кризис 2008 года и до сих пор не понимаем его глубинных причин.

Исследования по моделированию с помощью ЭВМ развития человечества продолжались около 40 лет начиная с работ профессора Джея Форрестера<sup>2</sup>, и, подводя их итог, американский экономист, лауреат Нобелевской премии Герберт Саймон сказал<sup>3</sup>: «Сорок лет опыта моделирования сложных систем на компьютерах, которые с каждым годом становились все больше и быстрее, научили, что грубая сила не поведет нас по царской тропе к пониманию таких систем... Тем самым моделирование потребует обращения к основным принципам, которые приведут нас к разрешению этого парадокса сложности».

Человечество вступило в эпоху «демографического перехода», и развитые страны мира уже давно не могут обеспечить просто поддержание численности своего населения, но мы не можем управлять данным процессом, не знаем точно его причин и не понимаем, хорошо или плохо то, что население этих стран не растет.

Удивительным откровением прозвучал прогноз экономи-

---

<sup>2</sup> Форрестер Дж. Мировая динамика. Пер. с англ. – М., 2003. (первое издание – 1978 год).

<sup>3</sup> Цит. по: Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – С. 22.

стов компании «ПрайсвоटरхаусКуперс»<sup>4</sup> о том, что в ближайшее время (около 2017 года) семь крупнейших развитых стран мира – «Большая семерка» – уступят пальму экономического первенства семерке развивающихся стран, включая БРИК, а к 2050 году различие в их экономическом весе (ВВП по паритету покупательной способности) станет почти двукратным.

Все это происходит на фоне разговоров о впечатляющих успехах «экономики знания», важности инновационного развития, но практически ни один из прогнозов не связывает количественно знание человечества с мировым экономическим ростом.

Какова же роль знания во всех этих процессах? Следуя утверждению С.П. Капицы о том, что человечество прежде всего является информационным обществом, которое «появилось не после компьютеров и Гутенберга, иероглифов и языка, а на самой заре человечества, миллион лет тому назад», автор данной работы исследует роль знания в процессе развития человечества.

Цель исследования заключается в выявлении и анализе основных движущих сил развития человечества как единой системы и определении места знания среди этих сил.

При этом человечество как объект исследования рассматривается от своего зарождения 1,6 млн лет назад до пример-

---

<sup>4</sup>

Хоксворт Дж., Тивари А. Мир в 2050 году. Ускорение процесса изменения баланса экономических сил в мире: проблемы и возможности. – 2011. – С. 3, 7.

но 2120 года, т. е. до того времени, до которого существуют предпосылки относительно точного прогнозирования параметров развития. Там, где это позволяют разработанные инструменты, исследование касается не только человечества в целом, но и крупнейших стран мира.

Предмет исследования состоит в выявлении количественных взаимосвязей между основными параметрами, характеризующими человечество в целом, в частности: числом людей, ВВП, объемом знаний, периодичностью и составом технологических революций, а также другими параметрами, определяющими производство, распространение и использование знаний (число ученых и специалистов с высшим образованием, объем публикаций и изобретений, затраты на эти виды деятельности, роль языка и т. д.).

В качестве инструментов исследования используются различные количественные методы, а также элементы системного подхода. Исследование носит прогностический характер, поэтому основное внимание обращается на параметры, определяющие порядок величин.

Работа состоит из трех частей. В первой проводится анализ основ развития человечества, в том числе обзор работ в данной области, анализ с точки зрения системного подхода, а также уточнение некоторых вопросов, достаточно полно исследованных ранее: численность человечества и цикличность его развития.

Во второй части исследуется роль знания в развитии че-

ловечества. В ней проанализированы закономерности роста знания во времени, а также рассмотрены методы прогноза роста мирового ВВП в связи с ростом знания. Уделено внимание вопросу возникновения мышления в истории человечества и этапам мирового развития в прошлом.

Третья часть посвящена реализации ресурса знания через интеллект. Ввиду высокой неоднородности развития различных стран в этой части анализ касается не только мира в целом, но и различных государств и их групп. Особенностью данной части является также прогностический характер исследования.

# **Часть 1. Основы анализа развития человечества**

## **Глава 1. Обзор работ в области развития человечества**

Одним из первых количественным анализом в данной области занялся Томас Мальтус. Основные тезисы учения Мальтуса сводятся к следующему<sup>5</sup>:

1. Если возрастание населения не задерживается какими-либо препятствиями, то это население удваивается каждые 25 лет и, следовательно, возрастает... в геометрической прогрессии.

2. Средства существования при наиболее благоприятных условиях применения человеческого труда никогда не могут возрастать быстрее, чем в арифметической прогрессии.

3. Для сохранения равновесия и обеспечения существующего населения необходимым ему продовольствием нужно, чтобы население постоянно сдерживалось каким-либо высшим законом, чтобы тот из двух противоположных законов размножения, на стороне которого оказывается значитель-

---

<sup>5</sup>

Мальтус Т.Р. Опыт закона о народонаселении / Пер. с англ. – М., 1895. – С. 14, 18, 33.

ный перевес, сдерживался в определенных границах.

4. Препятствия к размножению, превышающему средства существования населения, разделяются на предупредительные и разрушительные; те и другие могут быть сведены к трем видам – нравственному обузданию, пороку и несчастью.

В результате работ Томаса Мальтуса стала популярной идея ограничения рождаемости и учета средств существования населения. Дальнейшие исследования показали, что население Земли растет согласно гиперболическому закону, т. е. быстрее, чем указывал Мальтус. Оказалось также, что средства существования не являются принципиальным ограничителем роста населения и в долговременной глобальной перспективе сами зависят от роста населения.

## 1.1. Мир как система

Один из важнейших вопросов, который требуется решить при анализе закономерностей развития человечества, заключается в понимании того, является ли мир единой системой и что делает его системой. Существенный вклад в понимание данного аспекта внесли труды А.Г. Франка, И.М. Валлерстайна<sup>6</sup> и других авторов, которыми в 1970-е годы был разработан так называемый «мир-системный» подход. Он был нацелен на анализ деталей развития и взаимодействия суще-

---

<sup>6</sup>

Валлерстайн И.М. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире.

ствовавших в мире экономических систем. В рамках этого подхода были выявлены интересные закономерности во взаимоотношениях центра и периферии мировой экономической системы в нашу эпоху.

Однако ряд важных идей, положенных в основу данной теории, содержал в себе причины ограниченности ее успеха. Так, важным для мир-системного анализа является стремление рассматривать человечество одновременно с экономической, политической и социокультурной точек зрения<sup>7</sup>. Чрезмерная сложность такого анализа и концентрация на многочисленных интересных и практически важных для развития капитализма деталях не дали возможности в рамках данного подхода получить действительно целостный взгляд на мир. Существенно, что распространение знаний, информации или технологий не фигурирует в качестве важного элемента функционирования этих систем. Так же сложно согласиться и с тем утверждением, что современная мир-система возникла лишь в XVI веке, прежде всего в Европе.

Следует отметить, что теория «системного подхода»<sup>8</sup>, которая широко используется при анализе развития человечества (мира), в частности С.П. Капицей, относится к существенно другой области знаний, что приводит к терминологической неоднозначности. В данной работе рассматривается мир-система в смысле С.П. Капицы, а не И.М. Валлер-

---

<sup>7</sup> Валлерстайн И.М. Мир-системный анализ.

<sup>8</sup> О'Коннор Дж., Мак-Дермот И. Искусство системного мышления. – М., 2006.

стайна.

С.П. Капица детально проанализировал возможность рассмотрения человечества как единой системы и отметил, что «полученные результаты позволяют прийти к утверждению о единстве развития человечества как целого и рассматривать его как некую мировую структуру, глобальный *супер-организм*, охваченный общим информационным взаимодействием»<sup>9</sup>. Он также подчеркивает, что «именно благодаря информации уже очень давно, с самого начала появления человека, шел непрерывный процесс сапиентации – развития способности к созданию, накоплению, передаче и использованию информации. ...тысячи лет караваны и купцы, базарная площадь и деревенский колодец, мастера и монахи, барды и старцы, сидящие у семейного очага, служили той же цели – передаче культуры, *знаний* и размножению информации»<sup>10</sup>.

Важной для понимания причин целостности мир-системы является работа А.В. Подлазова<sup>11</sup>, в которой показано, что основой единства человечества как системы могут быть так называемые «жизнесберегающие технологии». В силу их важности для любого этноса они могут распространяться даже при редких контактах людей. А.В. Подлазов обращает

---

<sup>9</sup> Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. – М., 1999. (Курсив автора).

<sup>10</sup> Там же. С. 39. (Курсив автора).

<sup>11</sup> Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. – М., 2000. – № 73. –

внимание на то, что понятие «технология» здесь трактуется предельно широко и включает в себя не только способы хозяйствования, но и государственное управление, воинское искусство, религиозные доктрины, средства коммуникаций, торговлю, медицину и вообще любые знания и навыки, которые могут быть использованы для спасения человека от смерти или продления его жизни. Такие знания предлагается именовать *жизнеспасающими технологиями*.

## 1.2. Цикличность мирового развития

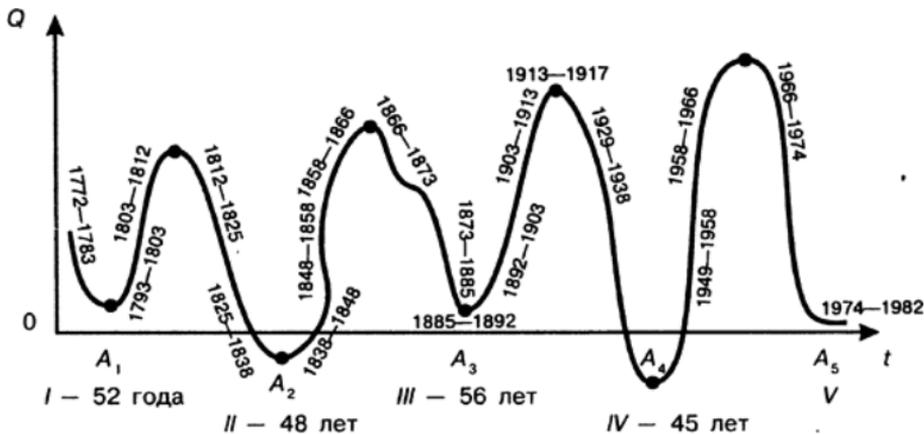
Важным аспектом развития человечества как системы является его цикличность. Среди авторов, занимавшихся данным вопросом, в первую очередь следует отметить Н.Д. Кондратьева<sup>12</sup> и Й.А. Шумпетера<sup>13</sup>, которые изучили колебания экономической деятельности и выявили длинноволновые циклы продолжительностью примерно в 50 лет (рис. 1.1<sup>14</sup>). Они также указали на связь этих колебаний с научно-техническими инновациями.

---

<sup>12</sup> Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. – 1925. – Т. I. – Вып. 1. – С. 28–79.

<sup>13</sup> Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. – М., 1982.

<sup>14</sup> Цит. по кн.: Экономическая теория: Учеб. / Под ред. В.И. Видяпина, Г.П. Журавлевой, А.И. Добрынина, Л.С. Тарасевича. – М., 2007. – С. 472.



**Рис. 1.1. Современная периодизация длинных волн**

Длинные циклы Кондратьева имеют следующую структуру: каждый цикл состоит из двух стадий или полуволн: повышательной и понижательной; весь цикл принято подразделять на четыре фазы: оживление, подъем, рецессия, депрессия.

Повышательная стадия охватывает период преобладания высокой экономической конъюнктуры (оживление и подъем) продолжительностью около 25 лет, когда она развивается динамично, преодолевая локальные спады. Понижательная стадия (спад и депрессия) – это период длительной низкой конъюнктуры продолжительностью 20–25 лет, когда, несмотря на временные подъемы, деловая активность является вялой, вследствие чего экономика развивается неустойчиво, впадая в кризисные периоды. Как правило, началу повышательной стадии предшествуют периоды кризиса или де-

прессии.

Считается<sup>15</sup>, что основные элементы эндогенного механизма волн «по Кондратьеву» таковы:

1. Капиталистическая экономика представляет собой движение вокруг нескольких уровней равновесия. Равновесие «основных капитальных благ» определяет данный технический способ производства.

2. Обновление основных капитальных благ происходит не плавно, а толчками. При этом решающую роль играют научно-технические изобретения и нововведения.

3. Продолжительность длинного цикла определяется средним сроком жизни производственных инфраструктурных сооружений, которые являются одним из основных элементов капитальных благ общества.

4. Все социальные процессы, войны, революции, миграции населения представляются результатом преобразования экономического механизма.

5. Замена «основных капитальных благ» и выход из длительного спада требуют накопления ресурсов в натуральной и денежной форме. Когда это накопление достигает достаточной величины, возникает возможность радикального обновления основных капитальных благ, что выводит экономику на новый подъем.

Йозеф Шумпетер развил учение Н.Д. Кондратьева и раз-

работал инновационную теорию длинных волн. Он указал, что главной движущей силой экономического развития являются научно-технические инновации. Й.А. Шумпетер писал, что «когда какая-либо инновация внедряется в экономику, имеет место так называемый "вихрь созидательного разрушения", подрывающий равновесие прежней экономической системы, вызывающий уход старых технологий, отживших организационных структур и появление новых отраслей, новых институциональных возможностей, в результате чего возникает небывалый динамизм экономического развития. Инновации все больше выступают в роли локомотива экономического развития, определяя его эффективность и рост производительности труда. Инновации как процесс поддерживаются инвестициями и соответствующими институтами, без чего не действует механизм их реализации»<sup>16</sup>.

Вместе с тем при существующем уровне развития данной теории не удалось с достаточной точностью предсказать мировой финансово-экономический кризис, начавшийся в 2008 году<sup>17</sup>.

Существует еще ряд видов экономических циклов<sup>18</sup>: Дж. Китчина (2–4 года), К. Жугляра (7–12 лет), С. Кузнеца (16–

---

<sup>16</sup> Цит. по кн.: Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики / Науч. сов. по Progr. фонд. исслед. Презид. Росс. акад. наук «Экономика и социология знания». – М., 2012. – С. 38.

<sup>17</sup> Там же. С. 5.

<sup>18</sup> Экономическая теория: Учеб. / Под ред. В.И. Видяпина и др. – М., 2007. – С. 469.

25 лет), однако их причины не столь тесно связаны со знаниями и инновациями, поэтому мы не будем рассматривать их в этой работе.

Ряд авторов указывают на то, что исторические, культурные и технологические изменения в истории человечества происходят не через равные промежутки, а в логарифмическом масштабе времени. Соответственно продолжительность этих эпох при приближении к современности быстро уменьшается. Так, С.П. Капица предлагает датировку начала эпох<sup>19</sup>, представленную в табл. 1.1.

### **Таблица 1.1. История человечества в логарифмической шкале времени**

---

<sup>19</sup>

Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 79 (формулировки содержания эпох незначительно изменены).

Год	История, культура, технологии
2050	Глобализация, старение
2000	Урбанизация
1955	Компьютеры, Интернет, ядерная энергия
1840	Электрификация, радиосвязь, мировые войны
1500	Промышленная революция, книгопечатание
500	Географические открытия, падение Рима, Мухаммад
- 2 000	«Осевое время», Христос, Будда, Греция, Индия, Китай...
- 9 000	Письменность, города, бронза, сельское хозяйство (Неолит)
- 29 000	Керамика, микролиты (Мезолит)
- 80 000	Языки, шаманизм (Мустье)
- 220 000	Речь, овладение огнем, Homo Sapience (Ашель)
- 0,6 млн	Рубила, заселение Европы и Азии (Шелль)
- 1,6 млн	Галечная культура, чоппер, Homo habilis (Олдувай)
- 5 млн	Развитие гоминидов с большими возможностями мозга

Согласно теории SINIC, разработанной около 1970 года основателем корпорации «ОМРОН» Кадзума Татеиси<sup>20</sup>, с древнейших времен до наших дней в истории человечества произошло десять главных инновационных сдвигов, датировка которых приведена в табл. 1.2. Следует отметить, что прогноз даты биотехнологической революции, представленный в этой работе, достаточно хорошо совпадает со временем начала последнего мирового финансово-экономиче-

<sup>20</sup>

Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. – М., 1990. – С. 192. (Диаграмма К. Татеиси представлена в виде таблицы, опущен столбец «Науки»).

ского кризиса.

**Таблица 1.2. Десять стадий развития технологий человечества по К. Татеиси**

Время, лет	Революция	Общество	Технология
100 000 до н.э.		Первобытное	
12 000 до н.э.		Коллективное	Первобытная техника
700 н.э.		Аграрное	Традиционная техника
1302		Ремесленническое	Ремесленничество
1765	1-я промышленная	Промышленное	Промышленная
1876	2-я промышленная	Механизации	Современная
1945	НТР	Автоматизации	Автоматического контроля
1974	Кибернетическая	Кибернетики	Электронного контроля
2005	Биотехнологическая	Оптимизации	Биоконтроля
2025	Психокинетики	Автономное	Психобиологическая

В работе А.Д. Панова<sup>21</sup> последовательность технологических революций человечества продолжается в прошлое, вплоть до появления жизни на Земле, как показано на рис. 1.2. Здесь  $\Delta T_n$  – промежуток времени от даты революции с номером  $n$  до даты сингулярности, соответствующей пределу последовательности революций.



*Рис. 1.2. Датировка революций по А.Д. Панову*

Важно, что при рассмотрении человечества с точки зрения цикличности мирового развития выявляется хорошо структурированное взаимодействие частей данной системы на протяжении миллионов лет, причем с приближением к современности особенности циклических процессов прослеживаются все лучше.

## 1.3. Моделирование развития человечества

Родоначальником построения математических моделей мирового развития является профессор Джей Форрестер.

Он разработал методику «системной динамики», позволяющую моделировать развитие человечества с помощью ЭВМ. Первые результаты были опубликованы в книге «Мировая динамика» в 1971 году. Для анализа мировой динамики Форрестер выделил следующие основные переменные, зависящие от времени<sup>22</sup>: «население, капиталовложения (фонды), географическое пространство, природные ресурсы, загрязнение и производство продуктов питания». Следует обратить внимание, что развитие технологий или рост знаний не входят в число переменных данной системы. Характерно, что свою работу, которая продолжалась 15 лет, Форрестер рассматривает «лишь в качестве предварительной попытки моделирования таких систем»<sup>23</sup>. Он также утверждает, что «точная и окончательная модель мировой системы никогда не может быть построена»<sup>24</sup>.

Как отмечал классик теории сложности М. Джаксон, «системная динамика не в состоянии предсказать развитие, если в будущем будут возникать любого рода случайности или качественные изменения среды, например технологические революции или экономические кризисы»<sup>25</sup>.

Продолжателем работ по моделированию мировой дина-

---

<sup>22</sup> Форрестер Дж. Мировая динамика / Пер. с англ. – М., СПб., 2003. – С. 23, 54.

<sup>23</sup> Там же. С. 14.

<sup>24</sup> Там же. С. 15.

<sup>25</sup> Джаксон М. Теория сложности (complexity) и системный подход // Альманах «Восток». – 2005. – Вып.

мики стал Денис Медоуз<sup>26</sup>, который доложил полученные результаты на заседании Римского клуба в 1972 году. Суть этого доклада заключается в том, что при сохранении существующей тенденции к росту человечества уже следующие поколения достигнут пределов демографической и экономической экспансии, что приведет мир к кризису и краху. Для того чтобы избежать глобальной катастрофы, на смену существующей парадигме роста должна прийти парадигма «устойчивого развития».

Детальный анализ исследований, проведенных в данном направлении, дан в работах В.А. Садовничьего, А.А. Акаева, А.В. Коротаева и др.<sup>27</sup>. Там же отмечено, что: «несмотря на большое количество исследований и разнообразных моделей в данной области, в настоящее время моделирование мировой динамики переживает определенный кризис, проявлением которого явилась неспособность внятно предсказать мировые финансово-экономические потрясения 2008 года. Для преодоления существующих проблем необходимо заново осмыслить принципы, положенные в основу моделирования мировой динамики. Надо избежать искуса усложнения моделей, сделать их более прозрачными, при этом не утрачивая, а наращивая уровень их системности».

---

<sup>26</sup> Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста. – М., 1991.

<sup>27</sup> Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики / Науч. сов. по Прогр. фонд. исслед. Презид. Росс. акад. наук «Экономика и социология знания». – М., 2012.

Тем не менее определенный прогресс в понимании динамики развития человечества был достигнут, причем с использованием относительно простых научных инструментов.

## 1.4. Рост численности человечества

В 1960 году в журнале *Science* была опубликована работа<sup>28</sup> Х. Форстера, П. Мора и Л. Амиот, в которой показано, что между 1 и 1958 годами н. э. динамика численности населения мира ( $N$ ) может быть описана при помощи уравнения гиперболы

$$N \approx C/(T_1 - T). \quad (1.1)$$

Здесь  $T$  – время, измеряемое в годах,  $C \approx 180$  млрд – постоянная с размерностью [чел.·лет], а  $T_1 \approx 2025$  год.

Сергей Петрович Капица<sup>29</sup> обратил внимание на то, что уравнение гиперболы является решением дифференциального уравнения

$$dN/dT = N^2/C. \quad (1.2)$$

Это означает, что темп роста населения Земли в среднем пропорционален квадрату численности населения в данный момент. Скорость роста микроорганизмов при отсутствии дефицита питания описывается уравнением типа  $dN/dT =$

---

<sup>28</sup> Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132:1291–5. 1960.

<sup>29</sup> Капица С. П. Математическая модель роста населения мира// *Мат. модел.* – 1992. – Т. 4. – № 6. – С. 67.

$N/C$ , а его решением является экспонента, которая считается одной из наиболее быстро растущих функций. Человечество же росло пропорционально квадрату своей численности. В результате в момент времени  $T_1 \approx 2025$  год численность населения, согласно формуле (1.1), должна была бы стать бесконечно большой.

Однако в реальности после 1960 года мир-система перешла в другое состояние, которое называется «демографическим переходом» и характеризуется замедлением темпов роста населения. В дальнейшем, согласно прогнозам<sup>30</sup>, численность населения Земли должна выйти на стабильный уровень порядка 9–11 млрд человек, как показано на рис. 1.3.

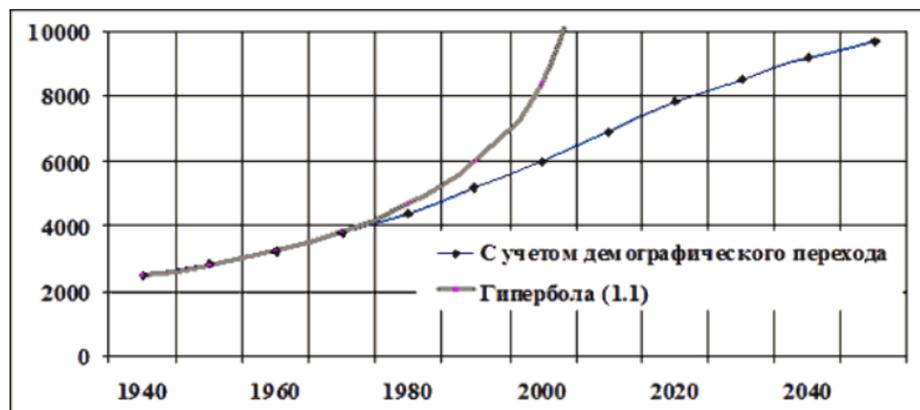


Рис. 1.3. Модели роста населения Земли (млн чел.)

С.П. Капица предложил также уравнение для описания численности человечества на стадии демографического перехода (1.3) и его решение<sup>31</sup> (1.4), которое хорошо согласуется со статистическими данными по росту населения Земли:

$$dN/dT = C/((T_1 - T)^2 - t^2); \quad (1.3)$$

$$N = (C/t) \bullet \text{Arcth} ((T_1 - T) / t). \quad (1.4)$$

Однако эти уравнения «не раскрывают сути действующих законов, оставаясь на феноменологическом уровне констатацией обнаруженной эмпирической закономерности»<sup>32</sup>.

Важным результатом, полученным С.П. Капицей, является то, что квадратичная зависимость скорости роста от численности человечества на гиперболической стадии свидетельствует о наличии коллективного взаимодействия. Оно «...определяется механизмом распространения и размножения обобщенной информации в масштабе человечества»<sup>33</sup>. Однако более детального представления о том, что такое «обобщенная информация», как она распространяется, как влияет на рост человечества и почему столь резко снижается ее влияние в период демографического перехода, в работах С.П. Капицы нет.

Существенный вклад в понимание данного вопроса сделал А.В. Подлазов, который обосновал, что свойство един-

---

<sup>31</sup> Капица С.П. Математическая модель роста населения мира. – 1992. – С. 67, 68.

<sup>32</sup> Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

<sup>33</sup> Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 49.

ства человечества как системы с самого начала ее существования могло обеспечивать только распространение «жизнесберегающих технологий»<sup>34</sup>. Уровень развития этих технологий  $P$  он определил<sup>35</sup> через уменьшение среднего коэффициента смертности  $k_d$ , которое достигается благодаря их действию, т. е.  $P = k_d - k_{d0}$ , где  $k_{d0} \approx 0,06 \text{ год}^{-1}$  – коэффициент смертности первобытного человека. Предполагается, что все человечество характеризуется единым уровнем этих технологий. До демографического перехода средний коэффициент рождаемости  $k_b$  можно считать приблизительно постоянным и равным  $k_{b0} \approx k_{d0}$ . Таким образом, скорость роста народонаселения определяется формулой

$$dN/dT = PN. (1.5)$$

Для определения зависимости уровня технологий от времени  $A. B.$  Подлазов предлагает формулу, которая имеет вид

$$dP/dT = PN/C, (1.6)$$

где константа  $C$  определяет трудозатраты, необходимые для увеличения  $P$  в  $e$  раз при постоянном  $N$ .

Интегрируя систему (1.5) – (1.6),  $A. B.$  Подлазов получает уравнение, которое он называет «основным уравнением теоретической демографии»<sup>36</sup>

$$N = CP. (1.7)$$

---

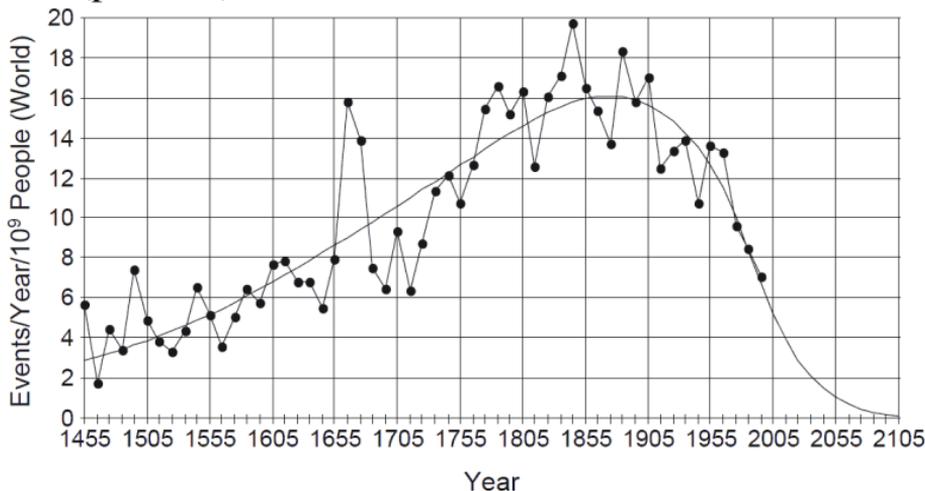
<sup>34</sup> Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. – М., 2000. (Глава 3).

<sup>35</sup> Подлазов А.В. Основное уравнение теоретической демографии. – М., 2001. (Раздел 1.1)

<sup>36</sup> Там же.

Подставляя его в (1.5), получим уравнение для роста человечества (1.2).

В этих построениях есть довольно спорные допущения. Так, согласно формуле (1.6), с ростом уровня технологий производительность труда каждого изобретателя пропорционально возрастает, что вовсе не очевидно. Здесь следует напомнить о работе Дж. А. Хюбнера, в которой утверждается, что количество крупных технических изобретений за год, деленное на численность населения мира после 1915 года, падает (рис. 1.4)<sup>37</sup>.



**Рис. 1.4. Число крупных изобретений в год на миллиард жителей мира**

Аналогичный подход к определению уравнения для тем-

пов роста технологий использует и М. Кремер<sup>38</sup>, хотя он определяет уровень технологий через уравнение для мирового ВВП (G)

$$G/N = rPN^{\alpha-1}. \quad (1.8)$$

Вызывает сомнение и то, что уровень технологий принимается единым для всей Земли. Представляется, что при высокой неоднородности развития технологий в разных странах в одних будет высокая смертность, а в других низкая рождаемость, что может привести к низким суммарным темпам роста населения.

Существенные сложности испытывает данная теория и при объяснении процесса демографического перехода. А.В. Подлазов предположил, что при приближении уровня жизнесберегающих технологий к своему верхнему значению уменьшается жизнесберегающий эффект от их использования. Соответственно он адаптировал дифференциальное уравнение для роста уровня технологий, которое позволяет получить решение демографического уравнения, достаточно хорошо соответствующее статистическим данным.

А.В. Коротаева, А.С. Малкова, Д.А. Халтурина отмечают<sup>39</sup> другой важный недостаток модели А.В. Подлазова – противоречащее действительности суждение о том, что де-

---

<sup>38</sup>

Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108, 1993.Р. 686 (приведено к обозначениям, принятым в данной работе).

<sup>39</sup>

Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

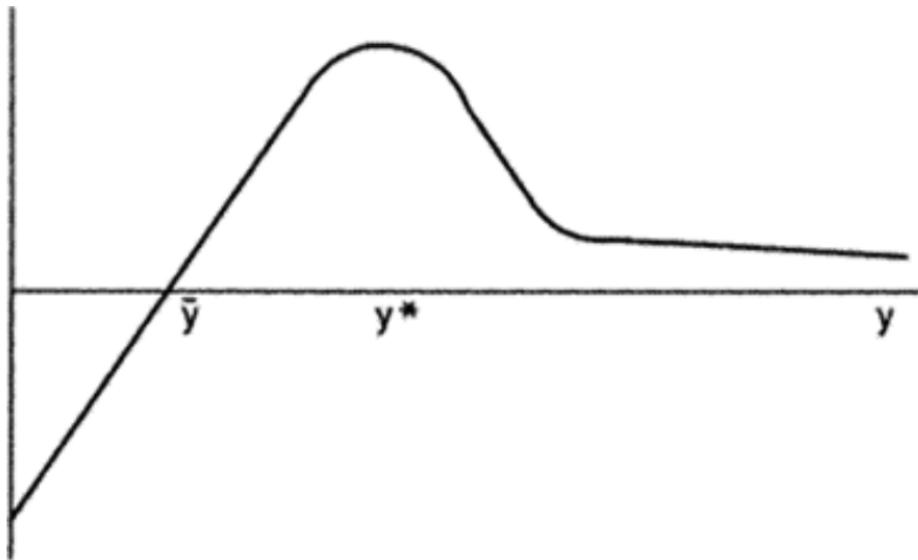
мографический переход связан с невозможностью уменьшения смертности. Демографические данные четко указывают на то, что переход связан с резким уменьшением рождаемости.

М. Кремер<sup>40</sup> решает проблему объяснения процесса демографического перехода за счет введения достаточно сложной зависимости относительных темпов прироста числа людей (рождаемость минус смертность) –  $\Delta N/N$  от валового продукта на душу населения –  $G/N$ , которая представлена на рис. 1.5. Причиной снижения прироста  $\Delta N/N$  при больших значениях  $G/N$ , по его мнению, является *нежелание* состоятельных семей иметь много детей.

---

40

Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108, 1993. P. 694.



*Рис. 1.5. Зависимость темпов роста населения от доходов на душу населения*

Однако, как отмечено в работе А.В. Коротаева и др.<sup>41</sup>, модель М. Кремера сильно усложнена и перегружена введением нескольких дополнительных параметров, которые следует эмпирически оценивать. В результате неясно, в какой мере хорошее согласие полученных расчетов со статистическими данными является следствием использования этих коэффициентов.

В работах А.В. Коротаева, А.С. Малкова, Д.А. Халтури-

---

<sup>41</sup> Коротаев А.В. и др. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. Раздел: «Эмпирическое подтверждение связи численности населения и уровня технологии». – М., 2005.

ной<sup>42</sup> уровень технологии определяется, как ВВП на душу населения  $P = G/N$ , и он же характеризует производительность труда человека. В уравнении для скорости роста населения (аналог уравнения (1.5)) используется тот факт, что при малых  $G/N$  темпы роста населения линейно зависят от ВВП на душу населения (см. рис. 1.5). Соответственно

$$dN/dT = a(G/N - m)N = aSN, (1.9)$$

где  $S$  – избыточный продукт, производимый на одного человека сверх продукта  $m$  – минимально необходимого для воспроизведения населения с нулевой скоростью роста.

В качестве уравнения для избыточного продукта используется формула

$$dS/dT = bSN, (1.10)$$

которая имеет эмпирическое обоснование для  $G/N < 3000$  междунар. долл. 1995 года (см. Приложение 3).

Для подсчета мирового ВВП ( $G$ ) предложено уравнение (1.11):

$$G = N \cdot (m + \gamma N). (1.11)$$

Здесь константы  $\gamma$  и  $m$  имеют значения  $\gamma = 1,04 \cdot 10^{-6}$  долл./чел.<sup>2</sup>•год;  $m = 221$  долл./чел.•год, а ВВП измеряется в междунар. долл. 1995 года.

Для объяснения феномена демографического перехода А.В. Коротаев и др.<sup>43</sup> используют тезис, что «женская гра-

<sup>42</sup> Там же.

<sup>43</sup> Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

мотность является ведущим фактором снижения рождаемости в ходе модернизации». Система уравнений для описания роста населения, технологий и грамотности  $L$  в процессе демографического перехода приобретает вид:

$$dN/dT = aSN(1 - L); \quad (1.12)$$

$$dS/dT = bSN; \quad (1.10)$$

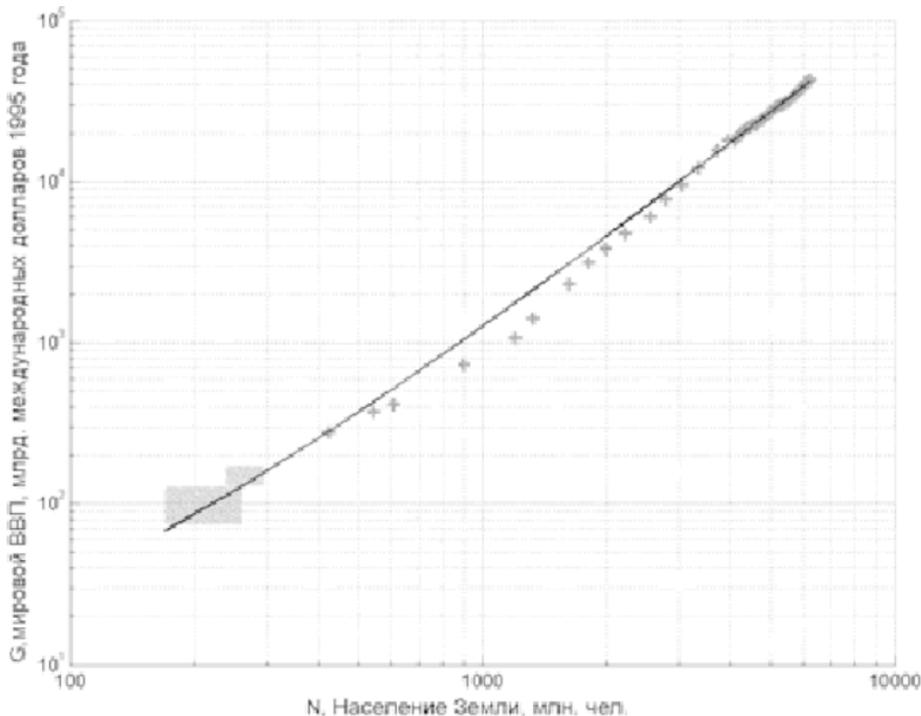
$$dL/dT = cSL(1 - L). \quad (1.13)$$

Проведенные расчеты роста населения и других параметров в соответствии с данной моделью согласуются с имеющимися статистическими данными.

Таким образом, четыре группы авторов разработали математические модели, по-разному объясняющие процесс демографического перехода и дающие достаточно хорошее согласие с имеющимися данными о динамике населения Земли.

## 1.5. Динамика мирового ВВП

А.В. Коротаев, А.С. Малков, Д.А. Халтурина<sup>44</sup> приводят статистический график зависимости мирового ВВП от численности населения мира (рис. 1.6), а также предлагают уравнение (1.11) для аппроксимации этой зависимости.

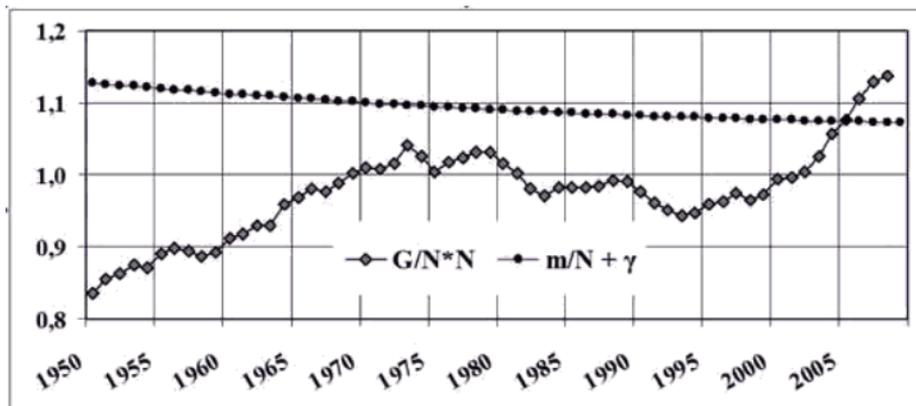


*Рис. 1.6. Зависимость мирового ВВП от численности населения мира*

Следует отметить, что примерно квадратичная зависимость мирового ВВП от численности населения Земли ( $G \sim N^2$ ) является зависимостью порядка величины, но на нее накладываются достаточно значительные отклонения. Так, с 1950 по 2010 год мировой ВВП возрос в десять раз, а отклонение величины параметра  $G/N^2$  от значения, определенно-го согласно формуле (1.11) и равного  $G/N^2 = m/N + \gamma$ , состав-

вило до 30 %, как видно из рис. 1.7.

Графики на рис. 1.7 построены согласно данным А. Медисона<sup>45</sup>, труды которого являются базовыми для определения динамики ВВП и численности населения различных стран мира в сопоставимых величинах (здесь  $G$  дано в трлн междунар. долл. 1990 года, а  $N$  – в млрд человек).



*Рис. 1.7. Зависимость мирового ВВП от квадрата численности населения*

Опубликованная в 2006 году работа главы макроэкономического подразделения компании «ПрайсвотерхаусКуперс» (PwC) Джона Хоксворта<sup>46</sup> с прогнозом потенциального роста ВВП 17 крупнейших экономик мира в период до

<sup>45</sup> Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD. GGDC, 2010

<sup>46</sup> Hawksworth, J. The World in 2050. How big will the major emerging market economies get and how can the OECD compete? PricewaterhouseCoopers, 2006.

2050 года совершила своеобразный переворот в умах экономистов, политиков и бизнесменов. Затем эти прогнозы неоднократно уточнялись, особенно в связи с кризисом 2008 года, однако вывод остается прежним: в достаточно близкой перспективе экономика Китая может обогнать экономику США, а семь быстро развивающихся стран (Е7) обгонят страны «Большой семерки» (G7) по размеру ВВП. Если считать ВВП по паритету покупательной способности, то время смены лидирующей семерки произойдет около 2017 года (рис. 1.8)<sup>47</sup>. ВВП на рис. 1.8 дан в междунар. долл. 2011 года.

Работа Дж. Хоксворта является показательной с точки зрения демонстрации того, насколько важны долгосрочные прогнозы развития мир-системы и особенно показателя ВВП. Она также характерна тем, что в ней не заметны явные признаки использования системного подхода, учета коллективного взаимодействия частей человечества и знаниевой компоненты развития мира. В основе построения прогноза лежит метод аппроксимации.

---

<sup>47</sup>

Hawksworth, J., Chan, D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities.

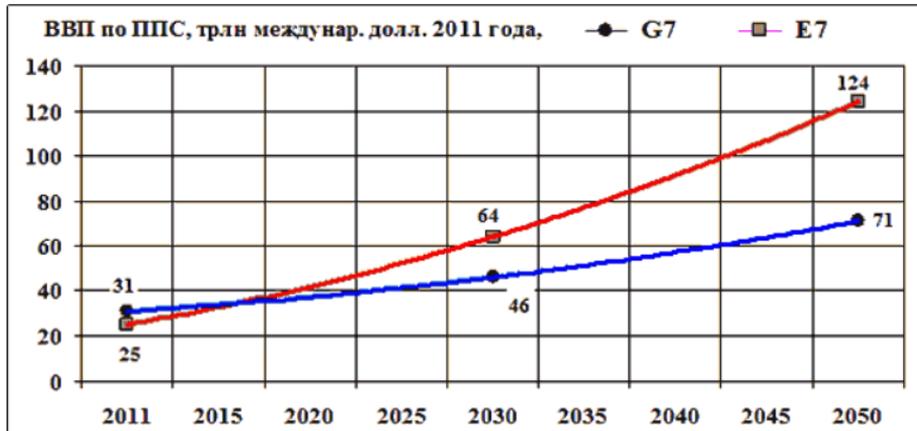


Рис. 1.8. Динамика ВВП (по ППС) стран G7 и E7

Характерно, что большинство отмеченных выше авторов, кроме Й.А. Шумпетера и Н.Д. Кондратьева, не учитывают в своих теориях напрямую результаты мыслительной деятельности человечества. Между тем вряд ли у кого есть сомнения, что именно она является важнейшим фактором развития. Как указывал С.П. Капица<sup>48</sup>, развитие человечества как динамической системы обязано «взаимодействию, охватывающему всех людей» и возникло «с появлением человека, одаренного сознанием». Хотя в ряде приведенных выше работ используется в качестве параметра «уровень технологий», авторы не выясняют, как он связан с мыслительной деятельностью людей.

## 1.6. Роль фактора знания



*Рис. 1.9. «Знание» – фреска Роберта Руда*

Широко известен афоризм Фрэнсиса Бэкона «знание – сила». Другой перевод этого высказывания еще более категоричен: «знание – это власть». В начале XVII века Ф. Бэкон провозгласил целью науки увеличение власти человека над

природой<sup>49</sup>. Он разработал и популяризировал исследовательский метод «индукции», который стал предшественником научного метода.

Тем не менее до последнего времени экономисты уделяли фактору знания далеко не первостепенную роль. Так, в работе Нонака и Такеучи отмечается: «...экономисты неоклассического направления отрицали огромное значение как неформализованного, так и формализованного знания, находящегося в собственности субъектов экономики и не представленного в виде информации о ценах»<sup>50</sup>.

Одним из первых обратил внимание на роль знания в экономических процессах Й.А. Шумпетер, который придавал особое значение комбинированию формализованных знаний<sup>51</sup>.

Признаки радикальных изменений роли знания в числе первых заметил известный теоретик менеджмента Питер Друкер. В работе «Посткапиталистическое общество»<sup>52</sup> он изложил свое мнение, согласно которому капитализм вступает в «общество знания», где основным экономическим ресурсом является не капитал, природные ресурсы или труд, а знание. Ключевое место в этом обществе будут занимать специалисты, создающие знание.

---

<sup>49</sup> Bacon F. *Novum Organum scientiarum*, 1645.

<sup>50</sup> Цит. по: Нонака И., Такеучи Х. *Компания – создатель знания*. – М., 2003. – С. 51.

<sup>51</sup> Schumpeter, J.A. *The Theory of Economic Development*. Cambridge, *Harvard University Press*, 1951.

<sup>52</sup> Drucker, P.F. *Post-Capitalist Society*. Oxford, 1993.

Под понятием «экономика знаний» подразумевают общество, в котором знания, наука и инновации играют доминирующую роль в экономическом развитии. Возникновение экономики знаний связано с возрастанием роли знаний в качестве фактора производства. Исторически концепция экономики знаний «пришла на смену концепции информационного общества, которая в свою очередь сформировалась на основе разработок по изучению постиндустриального общества»<sup>53</sup>. Понятие «экономика знаний» связано со следующими основными позициями:

- знания становятся ключевым фактором роста наряду с капиталом и трудом;
- производство знаний становится важнейшим звеном развития экономики;
- резко возрастает роль кодифицированных знаний;
- информационные и коммуникационные технологии становятся важнейшим базисом развития знаний<sup>54</sup>.

«В качестве главного поставщика новых знаний наука, прежде всего фундаментальная, играет первостепенную роль в обеспечении роста всех развитых экономик мира. ...Результаты фундаментальных исследований носят общественный характер и в большей части открыты для всех

---

<sup>53</sup>

Цит. по: Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. – М., 2007. Раздел: «О понятии "экономика знаний"».

<sup>54</sup>

Там же.

заинтересованных пользователей. Новые научные открытия и крупные технологические сдвиги, как правило, имеют обширную историю получения фундаментальных результатов и заключают в себе труд ученых многих поколений и нескольких фундаментальных направлений»<sup>55</sup>.

Отличие подхода к инновациям в экономике знаний заключается в том, что они базируются не столько на изобретениях и новых комбинациях ресурсов, как раньше, сколько на потоках знаний и информации, полученных в результате целенаправленного развития науки и техники. Инновации же играют роль замыкающего контура, который заставляет двигаться все компоненты экономики знаний и приводит к экономическому развитию и росту качества жизни<sup>56</sup>.

Преимущественное развитие сектора услуг по сравнению с промышленным производством является одной из важных черт постиндустриального периода и экономики знания. В развитых странах на долю услуг приходится около 70 % добавленной стоимости<sup>57</sup>.

Главными активами общества знания выступают специалисты, как единственно возможные носители творческого начала и неявного знания<sup>58</sup>.

---

55

Там же. Раздел: «Наука и технологии».

56

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

57

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

58

Цит. по: Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. – М.,

Известные теории из области «управления знанием» прежде всего указывают на принципиальное различие между данными, информацией и знанием. Так, объем цифровых данных, хранимых во всем мире, в 2006 году составил 161 млрд Гбайт, а объем изданных книг – в 3 млн раз меньше, или 52 000 Гбайт<sup>59</sup>.

В этом смысле данные – это набор объективных данных о событии, а информация – данные, упорядоченные с определенной целью, придающей ей уместность и предназначение. Для преобразования данных в информацию используется процедура «5К», включающая в себя категоризацию, калькуляцию, контекстуализацию, корректировку и конденсацию<sup>60</sup>.

Знание – это информация, наделенная смыслом, действенная, готовая к использованию. Для преобразования информации в знание используется процедура «4С»: сравнение, следствия, связи и суждения, а также процесс осмысления, включающий в себя сбор информации, анализ, синтез, обмен и использование<sup>61</sup>.

Знание можно также разделить на следующие основные типы<sup>62, 63</sup>.

---

<sup>59</sup> Объем цифровой информации в 3 млн раз превышает объем книжной. – М., 2007.

<sup>60</sup> Davenport, T.H. and Prusak, L. Working Knowledge. Boston, 1997.

<sup>61</sup> Управление знаниями в организациях: Учеб. – метод. пособие / Подгот. Н.М. Жаворонковой. Жуковский, 2007.

<sup>62</sup> Skyrme, D. J. and Amidone, D. M. Creating the Knowledge-Based Business. Wimbldone, 1997.

1. *Причины, цели* (видение). Отвечает на вопрос: «почему»? Дает основания для структурирования проблем и стремления к достижению успеха.

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

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

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

Еще один классификационный признак отражает, представлено ли знание в явном виде (кодифицировано, формализовано) или неявном (скрытом, неформализованном). Явное знание выражается в словах, цифрах, знаках, формулах, схемах, образах и т. д. Такое знание легко передается и размножается, поэтому оно принадлежит всему человечеству и оказывает влияние на продуктивную деятельность.

Но в процессе мышления и практической деятельности люди в основном оперируют неявными знаниями, находящимися в их сознании. При этом явное знание представляет собой лишь «верхушку айсберга», то, что удалось формализовать. Следует отметить, что явное и неявное знания находятся в тесной взаимосвязи, поскольку только люди могут создавать явные знания. Четыре вида трансформации в

процессе создания организационного знания, согласно работе Нонака и Такеучи<sup>64</sup>, представлены на рис. 1.10.

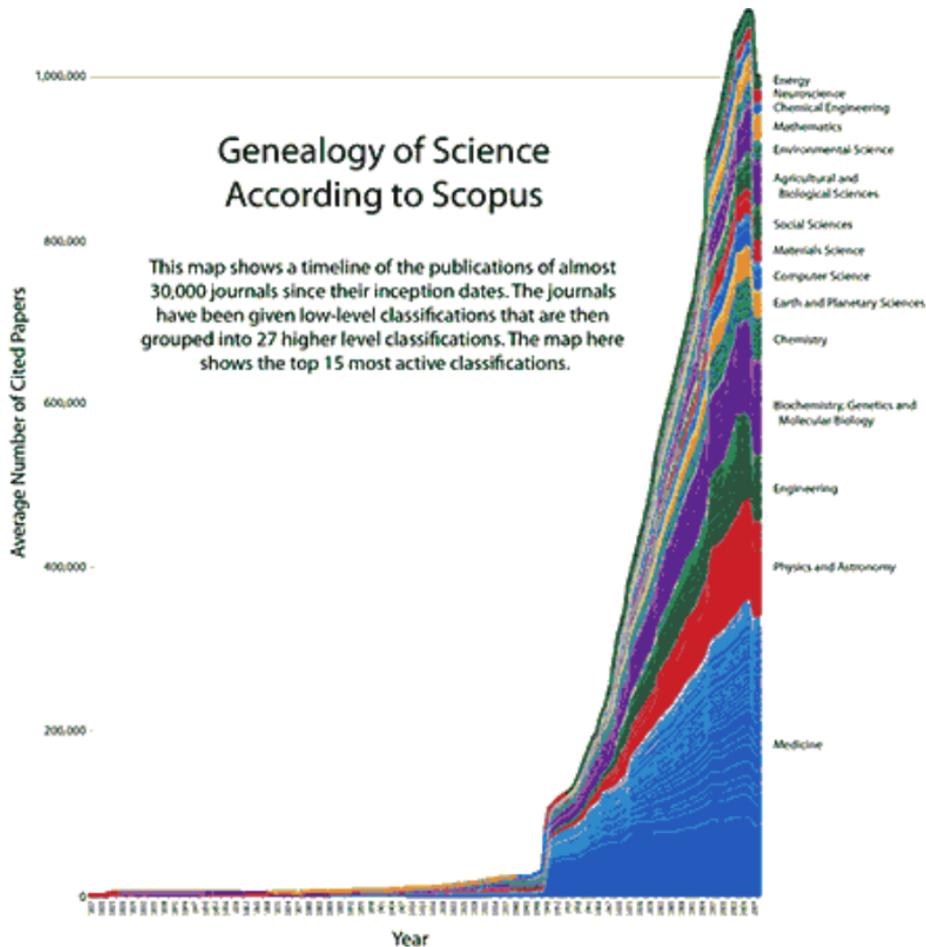
Следует также отметить значительные успехи в области учета объема создаваемых человечеством знаний. Так, создано несколько реферативных баз, которые позволяют достаточно полно учесть объем опубликованных работ в области исследований и разработок, особенно за последнее столетие. Например, на рис. 1.11 представлена общая картина публикационной активности в мире за последние годы, согласно реферативной базе Scopus<sup>65</sup>.

	<i>В неявное знание</i>	<i>В явное знание</i>
<i>Из неявного знания</i>	Социализация (обмен знаниями)	Экстернализация (кодификация знаний)
<i>Из явного знания</i>	Интернализация (обучение)	Комбинация (обработка информации)

*Рис. 1.10. Трансформации в процессе создания организационного знания*

<sup>64</sup> Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М., 2003. – С.88.

<sup>65</sup> Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011.



*Рис. 1.11. Объем научных публикаций, согласно реферативной базе Scopus*

На ноябрь 2012 года в этой базе зафиксировано 49 млн публикаций в журналах и конференциях, в том числе 28 млн опубликованных после 1996 года, а также 25 млн патентов и

376 млн индексированных научных веб-страниц<sup>66</sup>.

В настоящее время, согласно базе Scopus, ежегодно во всем мире публикуется более миллиона статей и патентов, причем производится тщательный отбор изданий, публикации в которых берутся в учет и тем самым гарантируется минимальный уровень дублирования знаний, попадающих в эту базу.

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

## **Основные результаты главы 1**

Ряд направлений исследований развития человечества зашел в тупик, в частности в попытках охватить проблему слишком широким фронтом.

Многие исследователи не учитывают фактор знания в своих работах, в то же время другие авторы отмечают системную важность знания для развития человечества.

## Глава 2. Человечество с точки зрения системного подхода

Перед изучением отдельных аспектов развития человечества полезно рассмотреть его как систему<sup>67, 68</sup>. Это важно для того, чтобы не расширять без необходимости объем исследуемых далее факторов и не упустить ключевые.

Отметим, что в системном подходе существует принцип «взгляд с высоты»<sup>69</sup>. Согласно ему, попытка рассмотреть всю сложную систему «крупным планом» приводит к тому, что исчезают мелкие детали. Приблизившись же, начинаешь различать детали, но теряешь понимание системы как целого. Поэтому в своем исследовании мы будем стремиться производить анализ наиболее крупным планом. Предполагается, что это позволит избежать ловушки сложности, с которой не смогли справиться многие авторы, изучавшую данную задачу.

Еще один парадокс системного подхода, который называется «ловушка Эшера», заключается в том, что, исследовав детально несколько подсистем сложной системы, мы затем окажемся перед проблемой их неполной совместимости. От-

---

<sup>67</sup> О'Коннор Дж., Мак-Дермот И. Искусство системного мышления. – М., 2006.

<sup>68</sup> Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб., 2000.

<sup>69</sup> Справочник менеджера. Курс BZR 630 «Менеджер-профессионал». – Жуковский, 2003.

дельные фрагменты не будут соединяться в единое целое, многое будет казаться несовпадающим одно с другим. Следует вполне осознанно быть готовым к этому, занимаясь исследованием сложных, а особенно сверхсложных систем, каковыми являются человек и человечество.

## **2.1. Анализ человечества<sup>70</sup> с точки зрения системного подхода**

Важнейшим аспектом системного анализа является *функция*, которую выполняет система в системе более высокого уровня – надсистеме. Для человечества надсистемой является биосфера. С появлением человечества в биосфере стала быстро развиваться функция информационного взаимодействия. До этого информационное взаимодействие охватывало, преимущественно, процессы внутри живых организмов, а также процессы наследования и основным видом фиксации информации были генетические процессы.

С появлением человека важную функцию передачи информации стало выполнять сообщество разумных организмов, а информация стала фиксироваться в сознании людей, а затем в виде продуктов труда, знаковых систем и компьютерных устройств. Быстро стало расти знание человечества и система информационных взаимосвязей между людьми. Та-

---

<sup>70</sup>

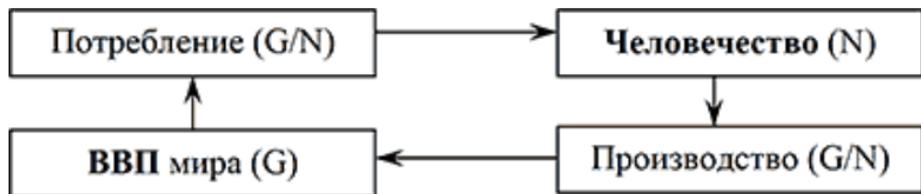
Термин «анализ человечества» используется для обозначения анализа развития человечества как единой системы.

ким образом, функция человечества, его предназначение заключаются в *становлении и развитии разума и мышления на Земле*. В более далекой перспективе можно говорить о развитии разума в межзвездных масштабах.

Нередко авторы противопоставляют наличие функции знания с тем необузданным ростом человечества, который ведет к экологическим проблемам и вызывает сомнения в разумности человека. Однако так же можно отнести и к жизни вообще, которая проникла во все уголки планеты и захватила ее полностью и безраздельно. Всякая новая парадигма жизни стремится реализовать себя полностью и прийти до пределов развития. Так и разум на базе человечества через гиперболический рост стремится достигнуть пределов своего развития, не очень заботясь о последствиях, которые могут быть и трагическими.

Для того чтобы проанализировать человечество как систему, на самом высоком уровне уместно использовать такие инструменты, как системные схемы, модель «входа-выхода», анализ размерностей и подобия. Важно также выявить замкнутые циклы с обратной связью, которые позволяют поддерживать развитие человечества.

С.П. Капица выявил один из таких важных циклов, основанный на росте числа людей пропорционально квадрату их численности (до демографического перехода). Такой цикл можно представить в виде схемы, которая дана на рис. 2.1.



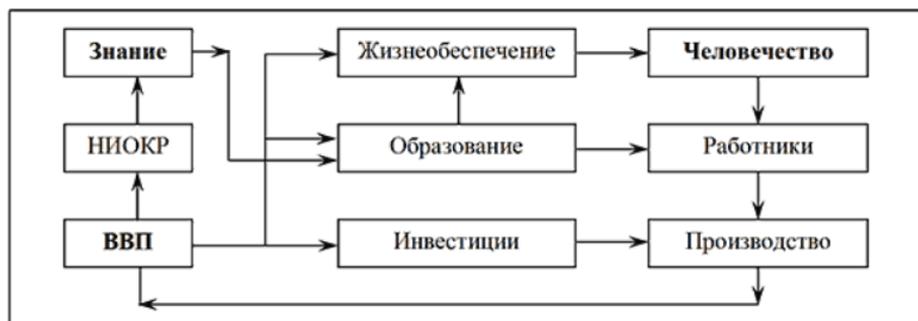
*Рис 2.1. Системная схема деятельности человечества*

Его основными элементами являются человечество, которое характеризуется своей численностью, –  $N$ , мировой ВВП –  $G$ , а также процессы производства ВВП и его потребления, которые можно характеризовать величиной  $G/N$ .

С.П. Капица отметил, что квадратичный рост связан с информационным взаимодействием людей. Для учета этого фактора усложним системную схему развития человечества, включив в нее знание в качестве важного системного элемента.

Для создания «знания» как системного элемента необходимо выделить НИОКР (R&D) в качестве подсистемы для формирования знания и его преобразования в образцы полезных продуктов, «образование», как подсистему для доведения знания до работников и отделить квалифицированных «работников» как носителей «знания», которые используют его для производства. Тем самым у нас появляется второй контур деятельности, нацеленный не непосредственно на производство мирового ВВП, а на производство знания. Соответствующая системная схема цикла развития челове-

чества на базе знания приведена на рис. 2.2.



*Рис. 2.2. Цикл развития человечества с учетом знания*

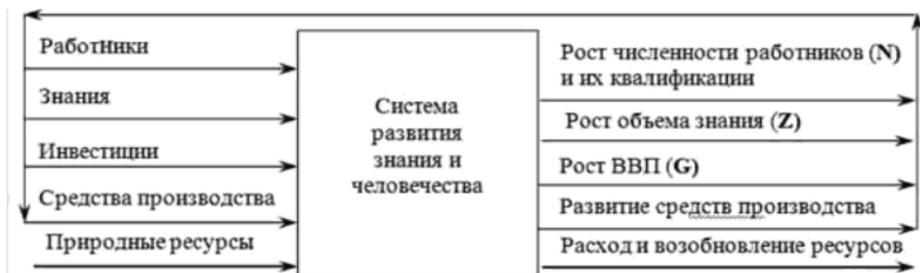
По принципу отношения к знанию мы разделили потребление человечества на четыре части:

- инвестирование в науку, создающую знание, и разработки (НИОКР);
- образование и обучение работников;
- инвестиции в производство;
- жизнеобеспечение человечества и др.

Согласно данной схеме, рост числа людей (общество) происходит в связи с ростом ВВП, причем растущее по численности человечество создает все больше знаний, которые влияют на ускорение роста производства и объема ВВП. Далее мы более детально рассмотрим компоненты данного цикла развития и их взаимосвязи.

Схема входа-выхода (рис. 2.3) позволяет сформировать

еще один взгляд на функционирование человечества как системы.



*Рис. 2.3. Схема входа-выхода для человечества*

В результате функционирования этой системы на протяжении всей истории человечества происходил рост первых четырех входных ресурсов: числа и квалификации работников, объема знаний, выпуска продуктов, объем которых может быть оценен в финансовых единицах, и развития средств производства. Природные ресурсы в противоположность этому исчерпываются, и пока можно прогнозировать лишь сохранение природной среды в приемлемом состоянии. Однако в настоящее время уровень эксплуатации природы приблизился к предельному уровню, и рано или поздно, но необходимо будет перейти к режиму широкого воспроизводства ресурсов, требуемых для функционирования данной системы. Пристальное внимание нужно уделить энергетическим и водным ресурсам, а также факторам, влияющим на стабильность климата, сохранение биосферы и

природной среды.

## 2.2. Параметры системы, характеризующей развитие человечества

Рассмотрим основные параметры системы, характеризующей развитие человечества в целом: численность населения, производительная деятельность, знание человечества, использование природных ресурсов и др. Можно отметить следующие характерные параметры.

### *Время*

1. **t** – характерное время жизни человека. Согласно С.П. Капице,  $t \approx 45$  лет. Эта величина примерно равна среднему возрасту людей, а также времени трудоспособной деятельности человека. Размерность этой величины применительно к данной задаче [t] – год. Здесь квадратными скобками обозначается размерность величины. В прошлом данная величина была заметно меньше, и это нужно учитывать при рассмотрении истории человечества.

2. **T** – текущее время. Исчисляется от так называемого начала нашей эры или рождества Христова (с точки зрения человечества как системы, дата начала эры относительно про-

извольная).  $[T]$  – год. Безразмерный параметр времени –  $T/t$ .

3.  $T_0$  – время существования человечества до настоящего времени. Считается, что  $T_0 \approx 1,6$  млн лет. Размерность этой величины:  $[T_0]$  – год. Если  $T_0$  отнести к характерному времени жизни человека, то получим безразмерный параметр времени существования человечества –  $T_0/t \approx 35\,550$ .

4.  $T_1$  – дата сингулярности. Дата, в которую при гиперболическом росте человечества его численность стала бы бесконечной. Согласно С.П. Капице,  $T_1 \approx 2025$  год, если отсчитывать от начала эры.  $[T_1]$  – год. Существенно, что дата сингулярности фактически определилась в далеком прошлом.

#### *Численность населения*

5.  $N$  – число людей. Величина не имеет размерности, целочисленная и меняется во времени. Однако разумно ввести аналог размерности для этой единицы  $[N] = \text{чел.}$  с тем, чтобы отличать единицы людей от других штучных объектов, не обладающих мышлением. Таким образом, шкала измерения содержит две позиции: разумный и неразумный.

6.  $N_0$  – численность начальной популяции людей во время  $T_0$ . По оценкам С.П. Капицы,  $N_0 \approx 100\,000$  чел. Может быть введена безразмерная численность населения, равная  $N/N_0$ .

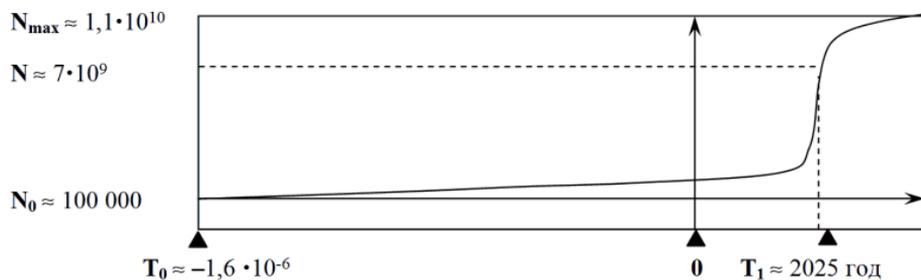
7.  $N_{\max}$  – максимальное число людей, которое, согласно существующим теориям<sup>71</sup>, составит  $N_{\max} \sim 11$  млрд чел. От-

ношение  $N_{\max}/N_0 \approx 110\,000$ .

8.  $C$  – константа гиперболического роста. Может быть определена из уравнения роста численности населения Земли в гиперболический период  $C \approx N_0(T_1 - T_0) \approx 10^5 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \approx 160$  млрд. Отсюда следует, что данный параметр не является независимым. Размерность  $[C] = \text{чел.} \cdot \text{год}$ .

На протяжении 1,6 млн лет эта величина могла несколько изменяться. Кроме того, при аппроксимации статистических данных по численности населения Земли в разное время вычислялись разные значения этого параметра, поэтому в работах можно встретить его значения  $C \approx 180 \pm 20$  млрд.

Основные характеристики человечества, связанные со временем и численностью населения, могут быть изображены в виде схемы, представленной на рис. 2.4.



*Рис. 2.4. Характеристики человечества, связанные со временем и численностью*

## *Производительная деятельность*

9. **G** – валовой внутренний продукт (ВВП) – показатель, отражающий рыночную стоимость всех товаров и услуг, произведённых за год во всех отраслях экономики. Номинальный ВВП выражен в текущих ценах данного года, а реальный (с поправкой на инфляцию) – в ценах базисного года. Для измерения валового продукта удобно пользоваться единицей измерения – международ. долл. (см. Приложение 3). Различаются единицы, определенные по рыночному курсу, а также паритету покупательной способности (ППС). При этом нужно указывать базисный год данной единицы. Размерность  $[G] = \text{долл./год}$  (в литературе обычно обозначают ВВП в долл., не отражая временную часть размерности).

$g = G/N$  – ВВП на душу населения. Важный производный параметр, характеризующий среднюю производительность труда человека и соответственно уровень потребления.  $[G/N] = \text{долл./чел.}\cdot\text{год}$ .

10. **m** – производительность труда человека <sup>72</sup> с минимальным использованием орудий труда и знаний, обеспечивающая нулевой уровень воспроизводства населения. Величина  $m \approx 221$  долл./чел.·год (в междунар. долл. 1995 года), а раз-

---

<sup>72</sup> Коротаяев А.В. и др. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. Раздел: «Эмпирическое подтверждение связи численности населения и уровня технологии». – М., 2005.

мерность  $[m] = \text{долл./чел.}\cdot\text{год}$ . Данный показатель характеризует линейный член в уравнении (1.11) для мирового ВВП  $G = N \bullet (m + \gamma N)$ .

11.  $\gamma$  – константа, характеризующая величину квадратичного члена в уравнении (1.11) мирового ВВП и показывающая, как быстро растет мировой ВВП по мере роста населения Земли<sup>73</sup>. Величина  $\gamma \approx 1,04 \bullet 10^{-6}$ , долл./чел.<sup>2</sup>год (в международн. долл. 1995 года), а размерность  $[\gamma] = \text{долл./чел.}^2\text{год}$ .

### *Знание человечества*

12.  $Z$  – суммарный объем кодифицированных знаний человечества. Для измерения объема кодифицированных знаний человечества введем единицу меры – «условная книга» или сокращенно (у.к.).  $[Z] = \text{у.к.}$  Одна условная книга равна по объему знания книге, которая при оцифровании будет содержать объем информации в размере 1 Мбайт. Введением такой единицы мы показываем значительное различие между знанием и информацией. В печатном виде 1 у.к. имеет объем примерно 100 страниц формата А4 с малым содержанием иллюстраций. В настоящее время объем знаний человечества  $Z \sim 23$  млн у.к.<sup>74</sup>

13.  $Z_0$  – начальный объем знаний человечества в момент

---

<sup>73</sup> Там же.

<sup>74</sup> Орехов В.Д. Знание в системе развития общества // Бизнес-образование, РАБО. –2010. – № 28.

его зарождения.  $[Z_0] = \text{у.к.}$  Величина  $Z_0 \sim 20 \text{ у.к.}$ <sup>75</sup>

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.