

В.Д. ОРЕХОВ

**Прогнозирование
развития человечества
с учетом фактора знания**

**Москва
2015**

УДК657.421.32(043)

ББК65.05р

Рецензенты:

А. П. Мухин, доктор экономических наук

В. Н. Карпов, доктор технических наук, профессор

Орехов В.Д.

О65 Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания [Текст]: монография. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.: рис., табл., граф.

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.

УДК657.421.32(043)

ББК65.05р

В дизайне обложки использована репродукция из работы: Bollen J, Van de Sompel H, Hagberg A, Bettencourt L, Chute R, Rodriguez MA, 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#pone-0004803-g001>

ISBN 978–5–7527–0532–8

© В.Д. Орехов, 2015

Содержание

Введение	5
Часть 1. Основы анализа развития человечества	7
Глава 1. Обзор работ в области развития человечества	7
1.1 Мир, как система	7
1.2 Цикличность развития	8
1.3 Моделирование развития человечества	12
1.4 Рост численности человечества	13
1.5 Динамика мирового ВВП	17
1.6 Роль фактора знания	19
Глава 2. Человечество с точки зрения системного подхода	24
2.1. Анализ человечества с точки зрения системного подхода	24
2.2. Параметры системы, характеризующей развитие человечества	26
2.3. Анализ размерности и подобия	29
Глава 3. Демографическая модель человечества	31
3.1. Модель роста численности человечества	31
3.2. Численное решение	35
3.3. Аналитическое решение	37
3.4. Анализ параметров решения	38
3.5. Системные эффекты	39
Глава 4. Цикличность развития человечества	42
4.1. Технологические революции	42
4.2. Волны –«предвестники»	44
4.3. Содержание технологических революций	45
4.4. Профиль технологических волн	48
Часть 2. Роль знания в развитии человечества	52
Глава 5. Рост знаний человечества	52
5.1. Цикл оборота знания	52
5.2. Рост знания во времени	53
5.3. О причинах пропорциональности объема знания числу людей	56
5.4. Связь объема знания и публикационной активности	59
5.5. Связь технологических революций с ростом объема знания	64
5.6. Причины технологических революций	66
Глава 6. Начало развития человечества с точки зрения знания	70
6.1. Базовые структуры и функции человеческого мозга	70
6.2. Язык и внутренняя речь	75
6.3. Способности мозга: от разума к мышлению	80
6.4. Парадокс митохондриальной Евы	84
6.5. Хронология развития человечества и перехода к мышлению	86
6.6. Технологические революции прошлого	94
Глава 7. Связь роста знаний и ВВП мира	96
7.1. Аппроксимация роста мирового ВВП	96
7.2. Прогноз роста мирового ВВП с учетом роста знания	97
7.3. ВВП и прогноз параметров следующих революций	102

Глава 8. Система создания знания	104
8.1. Число работников НИОКР в мире	104
8.2. Система создания знания	109
8.3. Расходы на НИОКР	111
8.4. Публикационная активность стран мира	114
8.5. Публикационная активность и языковой фактор	121
Глава 9. Следующие технологические революции	123
9.1. Содержание следующей технологической революции	123
9.2. Революция Знания?	127
9.3. Перспективы революции знания	133
Часть 3. Реализация ресурса знания через интеллект	143
Глава 10. Рост знания и образование	143
10.1. Состояние современного образования	143
10.2. Виды образования в цикле оборота знания	148
10.3. Особенности подготовки специалистов для R&D	151
10.4. Компетентность специалиста	155
10.5. Современные образовательные технологии	157
Глава 11. Связь интеллекта людей и ВВП стран мира	163
11.1. Оценка интеллектуального и человеческого капитала стран	163
11.2. Индикатор интеллектуального капитала	169
11.3. Прогнозирование ВВП стран с использованием модели ВИК	177
11.4. Рост интеллектуального капитала и технологические революции	186
Выводы	188
Заключение	190
Приложение 1. Терминологический словарь	192
Приложение 2. Условные обозначения	193
Приложение 3. Значения дефлятора	195
Литература	196

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 тварей¹.

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. Миллиарды 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 Форрестера², и, подводя их итог, американский экономист, лауреат Нобелевской премии Герберт Саймон сказал³: «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 экономистов компании «ПрайсвотерхаусКуперс»⁴ 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 эконо-

¹ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 19.

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

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

⁴ Хоксворт Дж., Тивари А. Мир в 2050 году. Ускорение процесса изменения баланса экономических сил в мире: проблемы и возможности. – 2011. – С. 3, 7.

http://www.pwc.ru/ru_RU/ru/globalisation/assets/World-in-2050-ru.pdf

мическом 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 мест знания среди этих сил.

При этом человечество как объект исследования рассматривается от своего зарождения 1,6 млн лет назад до примерно 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 человечества. 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 следующему⁵:

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 значительный 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. Валлерстайна⁶ и других авторов, которыми в 1970-е годы был разработан так называемый «мир-системный» подход. Он был нацелен на анализ деталей развития и взаимодействия существовавших 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 зрения⁷. 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 си-

⁵ Мальтус Т.Р. Опыт закона о народонаселении / Пер. с англ. – М., 1895. – С. 14, 18, 33.

⁶ Валлерстайн И.М. [Анализ мировых систем и ситуация в современном мире](#). – СПб., 2001.

⁷ Валлерстайн И.М. Мир-системный анализ. <http://www.nsu.ru/filf/rpha/papers/geoecon/waller.htm>

стем. 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»⁸, 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. Валлерстайна.

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 *суперорганизм*, охваченный общим информационным взаимодействием»⁹. Он также подчеркивает, что «именно благодаря информации уже очень давно, с самого начала появления человека, шел непрерывный процесс сапипентации – 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»¹⁰.

Важной для понимания причин целостности мир-системы является работа А.В. Подлазова¹¹, 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 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 *жизнесберегающими 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. Кондратьева¹² и Й.А. Шумпетера¹³, которые изучили колебания экономической деятельности и выявили длинноволновые циклы продолжительностью примерно в 50 лет (рис. 1.1¹⁴). Они также указали на связь этих колебаний с научно-техническими инновациями.

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

⁹ Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. – М., 1999 (курсив автора).
<http://314159.ru/kapitza/kapitza2.pdf>

¹⁰ Там же. С. 39 (курсив автора).

¹¹ Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. – М., 2000. – №73. – Глава 3 (курсив автора). http://www.keldysh.ru/papers/2000/prep73/prep2000_73.html

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

¹³ Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. – М., 1982.

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

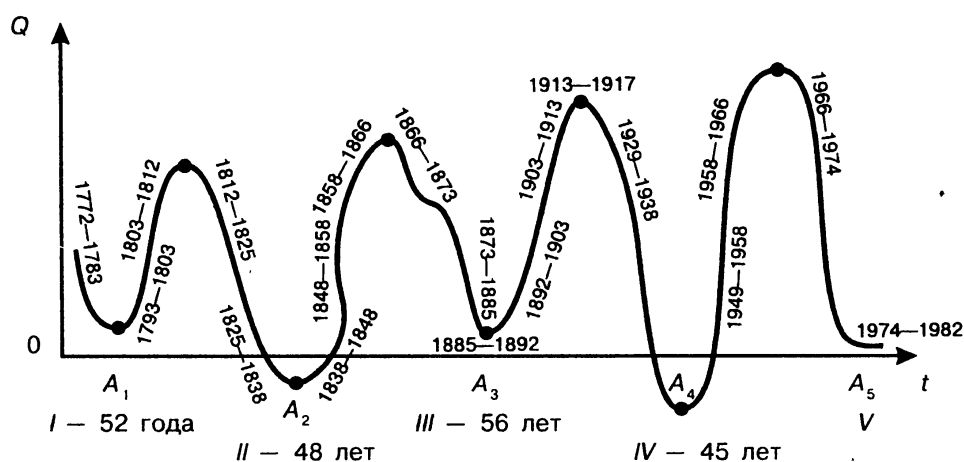


Рис. 1.1. Современная периодизация длинных волн

Длинные циклы Кондратьева имеют следующую структуру: каждый цикл состоит из двух стадий или полувольт: 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 депрессии.

Считается¹⁵, 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 разработал 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 созида-

¹⁵ Миндели Л.Э., Клеева Л.П., Медведев Т.Ю. и др. Научно-технологическое развитие Российской Федерации: состояние и перспективы. – М., 2010. – С. 44.

тельного 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»¹⁶.

Вместе с тем при существующем уровне развития данной теории не удалось с достаточной точностью предсказать мировой финансово-экономический кризис, начавшийся в 2008 году¹⁷.

Существует еще ряд видов экономических циклов¹⁸: Дж. Китчина (2–4 года), К. Жугляра (7–12 лет), С. Кузнеца (16–25 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 эпох¹⁹, представленную в табл. 1.1.

Таблица 1.1. История человечества в логарифмической шкале времени

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

¹⁶ Цит. по кн.: Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. – М.: ИСПИ РАН, 2012. – С. 38.

http://socmodel.com/sites/socmodel.com/files/books/WorldDynamics_part1.pdf

¹⁷ Там же. С. 5.

¹⁸ Экономическая теория: Учебник / Под ред. В.И. Видяпина и др. – М., 2007. – С. 469.

¹⁹ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 79 (формулировки содержания эпох незначительно изменены).

Согласно теории SINIC, разработанной около 1970 года основателем корпорации «ОМРОН» Кадзума Татеиси²⁰, 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-экономического 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. Панова²¹ последовательность технологических революций человечества продолжается в прошлое, вплоть до появления жизни на Земле, как показано на рис. 1.2. Здесь ΔT_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

²⁰ Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. – М., 1990. – С. 192. (Диаграмма К. Татеиси представлена в виде таблицы, опущен столбец «Науки»).

²¹ Панов А.Д. Сингулярность Дьяконова // Русс. физ. мысль. – 2011. – № 1–12. – С. 76.
<http://www.rusphysics.ru/files/Panov.Singulyarnost-%20.pdf>

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 времени²²: «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»²³. Он также утверждает, что «точная и окончательная модель мировой системы никогда не может быть построена»²⁴.

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»²⁵.

Продолжателем работ по моделированию мировой динамики стал Денис Медоуз²⁶, 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 избежания 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.²⁷. 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».

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

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

²³ Там же. С. 14.

²⁴ Там же. С. 15.

²⁵ Джаксон М. Теория сложности (complexity) и системный подход.// Альманах «Восток». – 2005.– Вып. №100 (раздел «Системная динамика»). http://www.situation.ru/app/j_art_1052.htm

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

²⁷ Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. – М., 2012.

1.4. Рост численности человечества

В 1960 году в журнале *Science* была опубликована работа²⁸ 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 Капица²⁹ 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 $dN/dT = N/C$, 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 прогнозам³⁰, численность населения Земли должна выйти на стабильный уровень порядка 9–11 млрд человек, как показано на рис. 1.3.

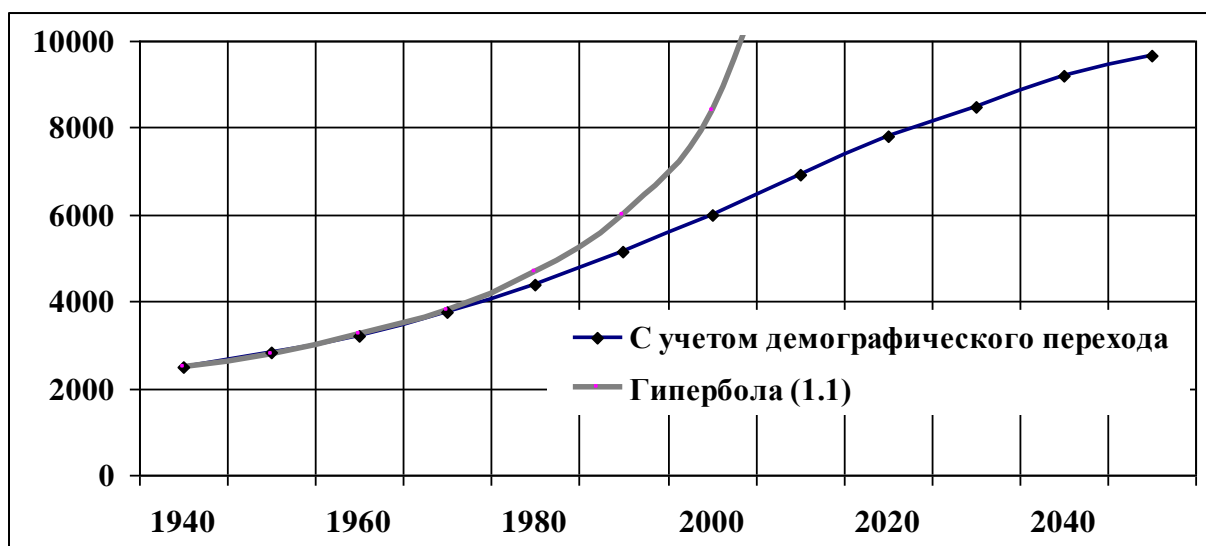


Рис. 1.3. Модели роста населения Земли (млн чел.)

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

²⁹ Капица С. П. Математическая модель роста населения мира// *Мат. модел.* – 1992. – Т. 4. – №6. – С. 67. <http://www.mathnet.ru/links/5c400f8e7fa7e82d3591297ef0071fac/mmm2087.pdf>

³⁰ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 73.

С.П. Капица предложил также уравнение для описания численности человечества на стадии демографического перехода (1.3) и его решение³¹ (1.4), которое хорошо согласуется со статистическими данными по росту населения Земли:

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

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

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

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»³³. 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 единства человечества как системы с самого начала ее существования могло обеспечивать только распространение «жизнеспасающих технологий»³⁴. Уровень развития этих технологий **P** он определил³⁵ 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

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

Для определения зависимости уровня технологий от времени А. В. Подлазов предлагает формулу, которая имеет вид

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

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

Интегрируя систему (1.5) – (1.6), А.В. Подлазов получает уравнение, которое он называет «основным уравнением теоретической демографии»³⁶

$$N = CP. \quad (1.7)$$

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

³¹ Капица С.П. Математическая модель роста населения мира. – 1992. – С. 67, 68.

<http://www.mathnet.ru/links/5c400f8e7fa7e82d3591297ef0071fac/mm2087.pdf>

³² Коротчаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep13/prep2005_13.html

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

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

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

http://www.keldysh.ru/papers/2001/prep88/prep2001_88.html

³⁶ Там же.

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)³⁷.

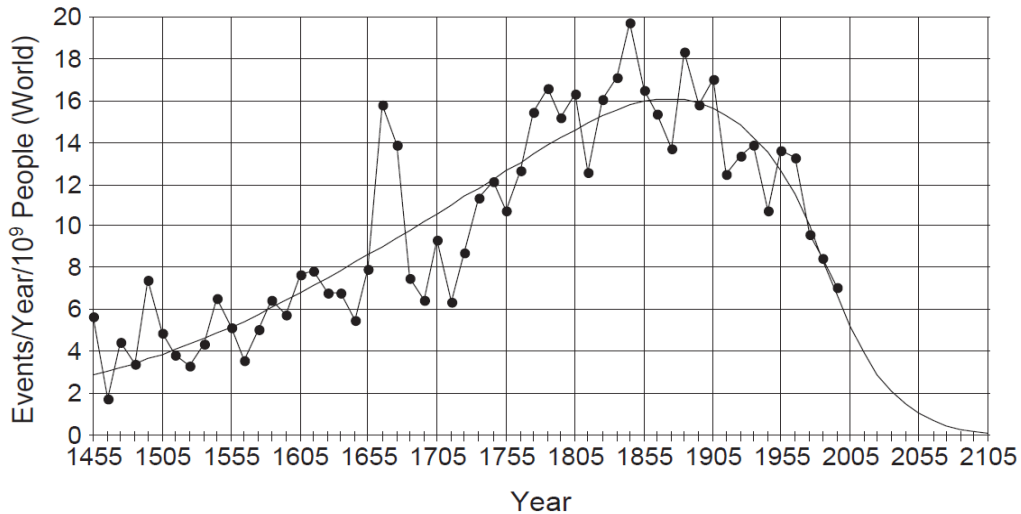


Рис. 1.4. Число крупных изобретений в год на миллиард жителей мира

Аналогичный подход к определению уравнения для темпов роста технологий использует и М. Кремер³⁸, хотя он определяет уровень технологий через уравнение для мирового ВВП (G)

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

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 жизнеспасающих технологий к своему верхнему значению уменьшается жизнеспасающий 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 отмечают³⁹ другой важный недостаток модели А.В. Подлазова – противоречащее действительности суждение о том, что демографический переход связан с невозможностью уменьшения смертности. Демо-

³⁷ Huebner, J. A. Possible Declining Trend for Worldwide Innovation, *Technological Forecasting & Social Change*, 72(8):988–995 Elsevier Inc., 2005. P. 982.

³⁸ Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108, 1993. P. 686 (приведено к обозначениям, принятым в данной работе).

³⁹ Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep13/prep2005_13.html

графические данные четко указывают на то, что переход связан с резким уменьшением рождаемости.

М. Кремер⁴⁰ 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.

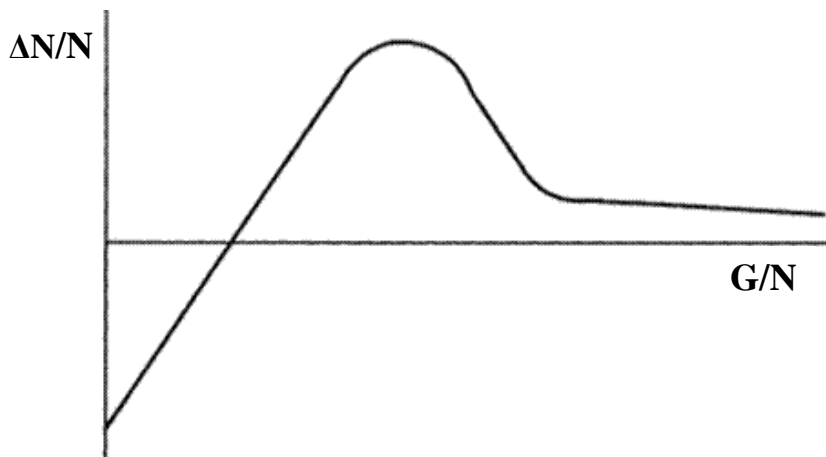


Рис. 1.5. Зависимость темпов роста населения от доходов на душу населения

Однако, как отмечено в работе А.В. Коротаева и др.⁴¹, 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. Халтуриной⁴² 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

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

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

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

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

⁴⁰ Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108, 1993. P. 694.

⁴¹ 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.

⁴² Там же.

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

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

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

Для объяснения феномена демографического перехода А.В. Кортаев и др.⁴³ используют тезис, что «женская грамотность 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. Кортаев, А.С. Малков, Д.А. Халтурина⁴⁴ приводят статистический график зависимости мирового ВВП от численности населения мира (рис. 1.6), а также предлагают уравнение (1.11) для аппроксимации этой зависимости.

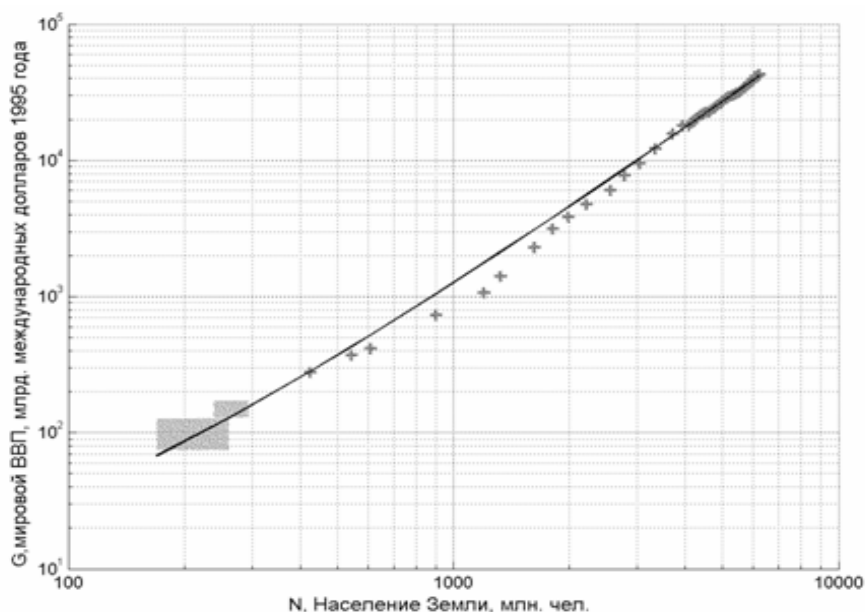


Рис. 1.6. Зависимость мирового ВВП от численности населения мира

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 ми-

⁴³ Кортаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

⁴⁴ Там же.

ровой ВВП возрос в десять раз, а отклонение величины параметра G/N^2 от значения, определенного согласно формуле (1.11) и равного $G/N^2 = m/N + \gamma$, составило до 30%, как видно из рис. 1.7.

Графики на рис. 1.7 построены согласно данным А. Мэддисона⁴⁵, 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).

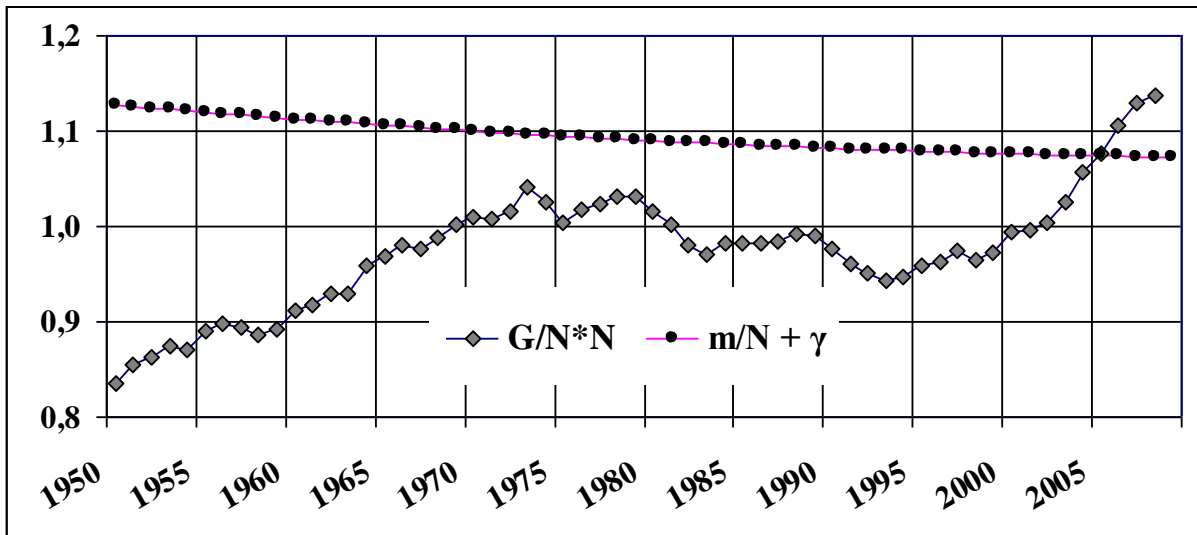


Рис. 1.7. Зависимость мирового ВВП от квадрата численности населения

Опубликованная в 2006 году работа главы макроэкономического подразделения компании «ПрайсвотерхаусКуперс» (PwC) Джона Хоксворта⁴⁶ с прогнозом потенциального роста ВВП 17 крупнейших экономик мира в период до 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 (E7) 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)⁴⁷. 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.

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

<http://www.ggd.net/MADDISON/oriindex.htm>

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

www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1256628344r1748.The_World_in_2050.pdf

⁴⁷ Hawksworth, J., Chan, D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. PricewaterhouseCoopers, January, 2013. P. 6.

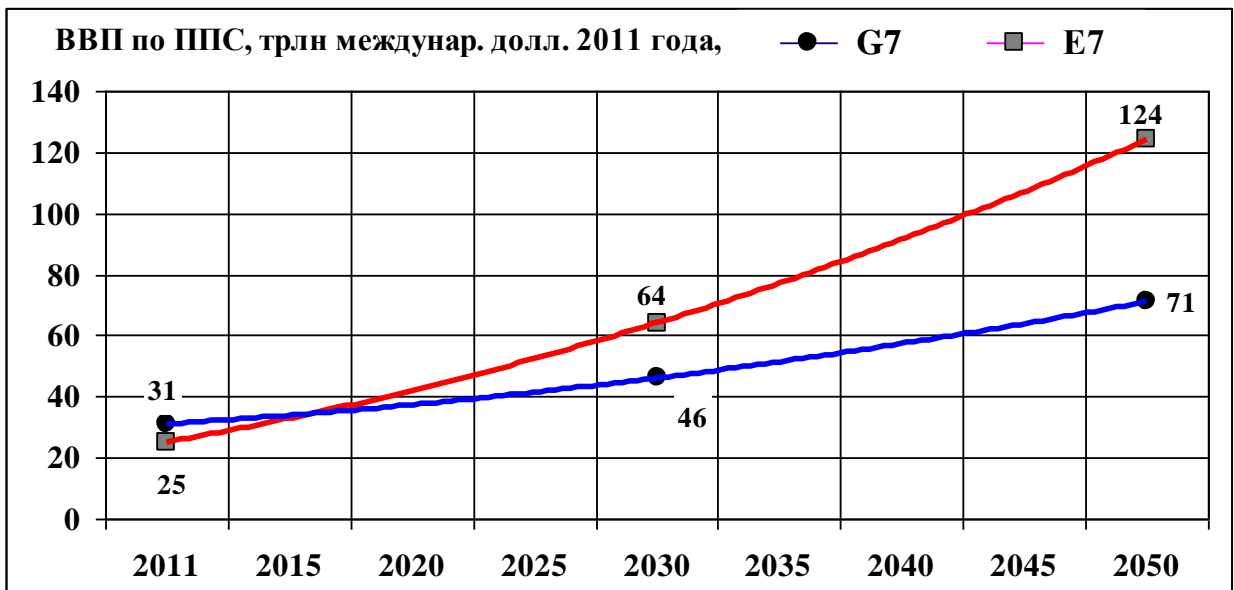


Рис. 1.8. Динамика ВВП (по ППС) стран G7 и E7

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. Капица⁴⁸, 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

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 природой⁴⁹. 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,



Рис. 1.9. «Знание» — фреска Роберта Руда

⁴⁸ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 19.

⁴⁹ Bacon F. Novum Organum scientiarum, 1645. <http://www.jameslindlibrary.org/bacon-f-1645/>

так и формализованного знания, находящегося в собственности субъектов экономики и не представленного в виде информации о ценах»⁵⁰.

Одним из первых обратил внимание на роль знания в экономических процессах Й.А. Шумпетер, который придавал особое значение комбинированию формализованных знаний⁵¹.

Признаки радикальных изменений роли знания в числе первых заметил известный теоретик менеджмента Питер Друкер. В работе «Посткапиталистическое общество»⁵² 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.

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»⁵³. 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 знаний⁵⁴.

«В качестве главного поставщика новых знаний наука, прежде всего фундаментальная, играет первостепенную роль в обеспечении роста всех развитых экономик мира... Результаты фундаментальных исследований носят общественный характер и в большей части открыты для всех заинтересованных пользователей. Новые научные открытия и крупные технологические сдвиги, как правило, имеют обширную историю получения фундаментальных результатов и заключают в себе труд ученых многих поколений и нескольких фундаментальных направлений»⁵⁵.

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 жизни⁵⁶.

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 стоимости⁵⁷.

⁵⁰ Цит. по: Нонака И., Takeuchi X. Компания – создатель знания. – М., 2003. – С. 51.

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

⁵² Drucker, P.F. *Post-Capitalist Society*. Oxford, 1993.

⁵³ Цит. по: Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. – М., 2007. Раздел: «О понятии "экономика знаний"». http://www.issras.ru/papers/probpr03_2007_Mindeli.php

⁵⁴ Там же.

⁵⁵ Там же. Раздел: «Наука и технологии».

⁵⁶ Там же. Раздел: «Инновации в экономике знаний».

⁵⁷ Там же. Раздел: «Сфера услуг и экономика знаний».

Главными активами общества знания выступают специалисты, как единственно возможные носители творческого начала и неявного знания⁵⁸.

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 Гбайт⁵⁹.

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 конденсацию⁶⁰.

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 использование⁶¹.

Знание можно также разделить на следующие основные типы^{62, 63}.

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 Такеучи⁶⁴, представлены на рис. 1.10.

Следует также отметить значительные успехи в области учета объема создаваемых человечеством знаний. Так, создано несколько реферативных баз, которые позволяют

⁵⁸ Цит. по: Миндели Л.Э., Пипия Л.К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. – М., 2007. Раздел: «От экономики знаний к обществу, основанному на знаниях».
http://www.issras.ru/papers/probpr03_2007_Mindeli.php

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

⁶⁰ Davenport, T.H. and Prusak, L. Working Knowledge. Boston, 1997.

⁶¹ Управление знаниями в организациях: Учеб.-метод. пособие / Подгот. Н.М. Жаворонковой. Жуковский, 2007.

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

⁶³ Quinn, J. B., Anderson, P. Finkelstein, S. (1966) "Managin professional Intellect". *Harvard Business Review*, March–April, pp. 71–83.

⁶⁴ Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М., 2003. – С.88.

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 Scopus⁶⁵.

	<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

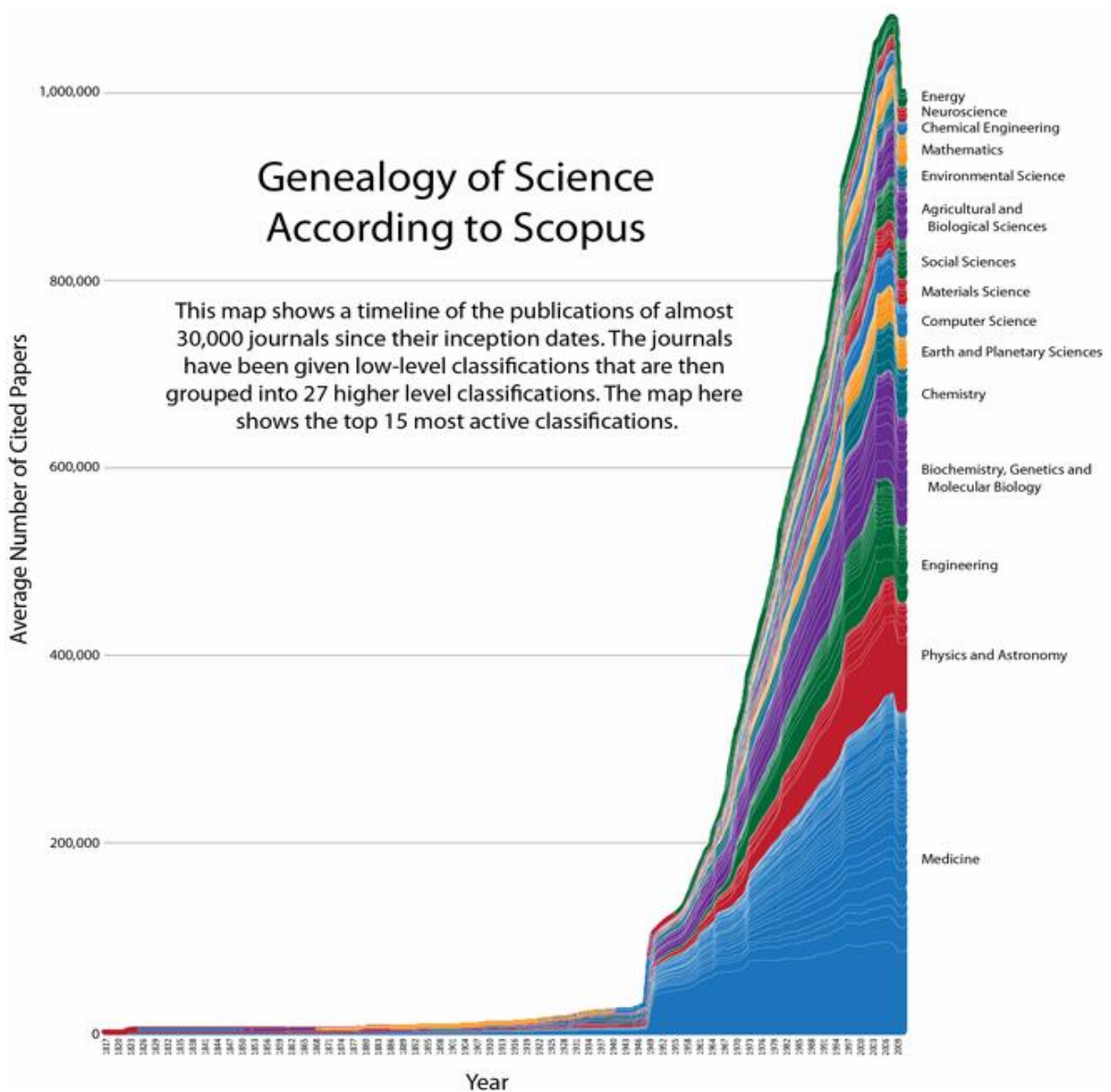


Рис. 1.11. Объем научных публикаций, согласно реферативной базе Scopus

⁶⁵ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011.
<http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-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 индексируемых научных веб-страниц⁶⁶. 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.

⁶⁶ Scopus. Content Coverage Guide, 2013.
http://cdn.elsevier.com/assets/pdf_file/0019/148402/contentcoverageguide-jan-2013.pdf

Глава 2. Человечество с точки зрения системного подхода

Перед изучением отдельных аспектов развития человечества полезно рассмотреть его как систему^{67, 68}. 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»⁶⁹. 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. Отдельные 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 человечества⁷⁰ 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. Таким 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 дойти 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.

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

⁶⁸ Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб., 2000.

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

⁷⁰ Термин «анализ человечества» используется для обозначения анализа развития человечества как единой системы.

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.

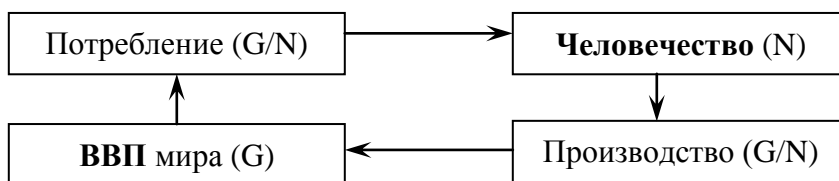


Рис 2.1. Системная схема деятельности человечества

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 человечества на базе знания приведена на рис. 2.2.

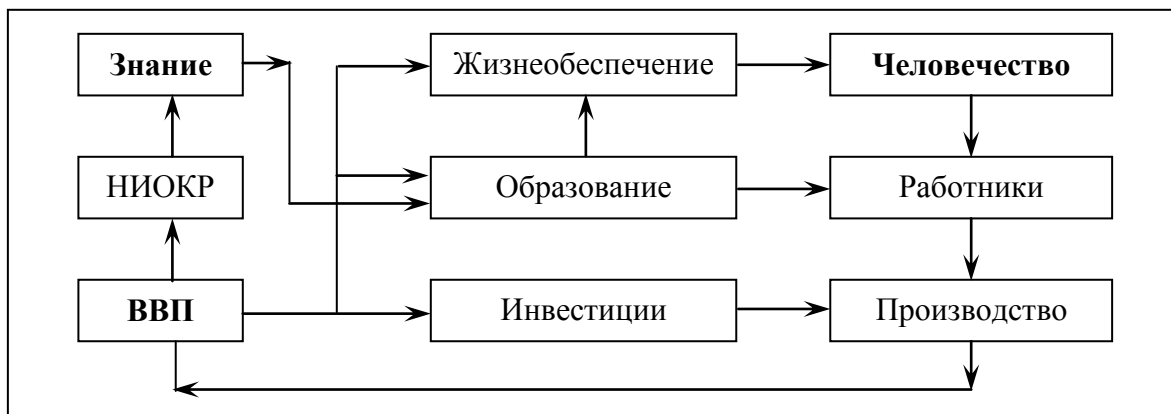


Рис. 2.2. Цикл развития человечества с учетом знания

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.

Еще один взгляд на функционирование человечества как системы позволяет сформировать схема входа-выхода (рис. 2.3).

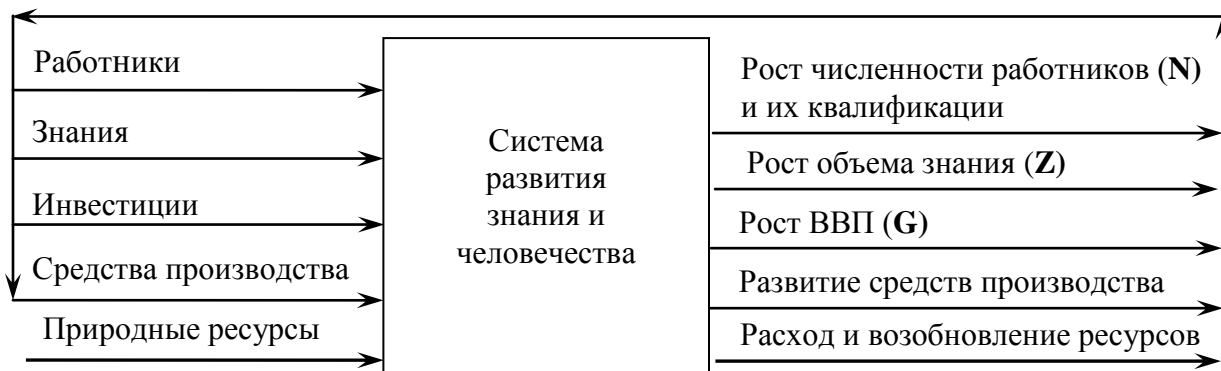


Рис. 2.3. Схема входа-выхода для человечества

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. τ – характерное время жизни человека. Согласно С.П. Капице, $\tau \approx 45$ лет. Эта величина примерно равна среднему возрасту людей, а также времени трудоспособной деятельности человека. Размерность этой величины применительно к данной задаче $[\tau]$ – 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 рождения Христа (с точки зрения человечества как системы, дата начала эры относительно произвольная). $[T]$ – год. Безразмерный параметр времени – T/τ .

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 – $T_0/\tau \approx 35\,550$.
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 теориям⁷¹, составит $N_{\max} \sim 11$ млрд чел. Отношение $N_{\max}/N_0 \approx 110\,000$.
8. C – константа гиперболического роста. Может быть определена из уравнения роста численности населения Земли в гиперболический период $C \approx N_0 \cdot (T_1 - T_0) \approx 10^5 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \approx 180$ 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.

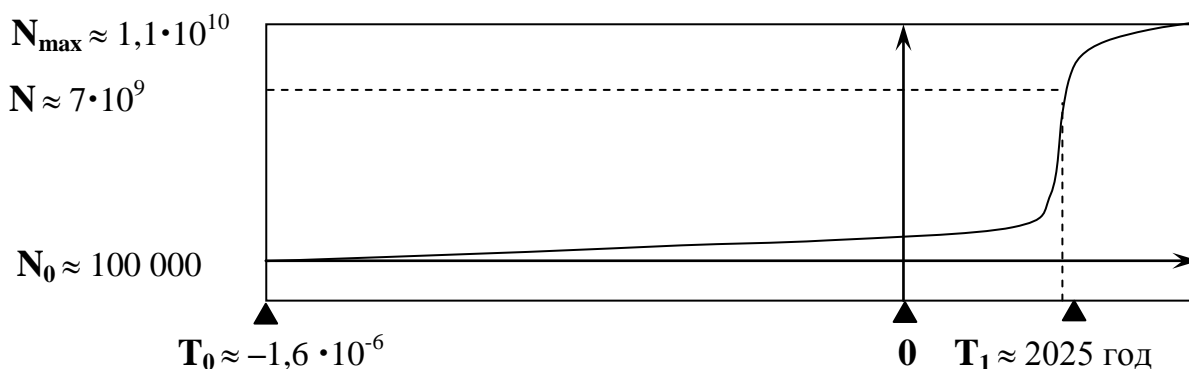


Рис. 2.4. Характеристики человечества, связанные со временем и численностью

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

⁷¹ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 69.

(с поправкой на инфляцию) – в ценах базисного года. Для измерения валового продукта удобно пользоваться единицей измерения – междунар. долл. (см. Приложение 3). Различаются единицы, определенные по рыночному курсу, а также по 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 человека⁷² с минимальным использованием орудий труда и знаний, обеспечивающая нулевой уровень воспроизводства населения. Величина $m \approx 221$ долл./чел. \cdot год в междунар. долл. 1995 года, а размерность $[m] = \text{долл./чел.}\cdot\text{год}$. Данный показатель характеризует линейный член в уравнении (1.11) для мирового ВВП $G = N \cdot (m + \gamma N)$.
11. γ – константа, характеризующая величину квадратичного члена в уравнении (1.11) мирового ВВП и показывающая, как быстро растет мировой ВВП по мере роста населения Земли⁷³. Величина $\gamma \approx 1,04 \cdot 10^{-6}$, долл./чел.² \cdot год в междунар. долл. 1995 года, а размерность $[\gamma] = \text{долл./чел.}^2 \cdot \text{год}$.

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.⁷⁴
13. Z_0 – начальный объем знаний человечества в момент его зарождения. $[Z_0] = \text{у.к.}$. Величина $Z_0 \sim 20$ у.к.⁷⁵ и близка к объему знаний одного человека в то время.
14. Для характеристики объема явных знаний, которыми оперирует один человек, можно ввести величину Z_h (h – human). $[Z_h] = \text{у.к./чел.}$. В настоящее время величина $Z_h \sim 300$ у.к./чел.

Использование природных ресурсов

В своей деятельности человечество использует различные природные ресурсы, и нагрузка на природную среду постоянно возрастает. Существуют разные мнения о пределе этой нагрузки, однако явных свидетельств о том, что рост населения Земли существенно зависит в настоящее время от этих факторов, не зафиксировано. Тем не менее необходимо учитывать наличие факторов нагрузки на природную среду и некоторые из них мы отметим.

15. S_C – используемая людьми площадь Земли. Доля поверхности Земли, которую занимает человечество, постоянно возрастала, и в настоящее время люди используют

⁷² 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.

⁷³ Там же.

⁷⁴ Орехов В. Д. Знания в системе развития общества// Бизнес-образование, РАБО. – 2010. – №28.

⁷⁵ Там же.

почти всю поверхность суши и малую часть водной поверхности. Площадь суши Земли около 150 млн км².

16. S_h – территория, необходимая для обеспечения существования одного человека. На дату, близкую к дате сингулярности (2014 год), на одного человека приходится: в Японии 0,3 га земли, в Индии – 0,29 га, в Великобритании – 0,41 га, причем из этой площади существенную часть занимают горы и другие не пригодные к обработке территории. Таким образом, при современном уровне технологий для существования одного человека достаточно порядка 0,3 га = 0,003 км² суши.

Современная нагрузка на поверхность суши составляет в среднем около 50 чел./км². Максимальная нагрузка в конце демографического перехода составит около 70 чел./км², что не намного больше, чем сейчас, и потому представляется не критическим. В начале существования человечества эта нагрузка составляла около одного человека на 1 500 км².

17. Среди других параметров важными являются нагрузки на следующие ресурсы: энергетические, воздушную среду, пресную воду, пахотные земли (около 10% суши), ископаемые, биоразнообразие и др. Соответствующие параметры мы будем вводить по мере их рассмотрения.

2.3. Анализ размерности и подобия

Таким образом, система параметров, которые характеризуют человечество как единую систему, включает в себя следующий, близкий к минимальному, набор параметров:

$$\tau, T, T_0, T_1, N, N_0, N_{\max}, G, m, \gamma, Z, Z_h, Z_0, S_C, S_h. \quad (2.1)$$

Из них четыре параметра являются переменными: T, N, G, Z , а одиннадцать – константами, характеризующими человечество:

$$\tau, T_0, T_1, N_0, N_{\max}, m, \gamma, Z_0, Z_h, S_C, S_h. \quad (2.2)$$

Система параметров, характеризующих человечество, определена на следующей совокупности независимых размерностей:

$$[T], [N], [G], [Z], [S]. \quad (2.3)$$

Размерности параметров системы (2.3) следующие: время $[T]$ – год, число людей $[N]$ – чел., ВВП $[G]$ – долл./год, объем знания $[Z]$ – у.к., используемая площадь Земли $[S]$ – км².

Согласно Пи-теореме теории размерностей⁷⁶, это означает, что система безразмерных параметров, определяющих человечество как систему, может быть уменьшена на пять единиц по сравнению с количеством размерных параметров (2.2).

В качестве безразмерных переменных для изучения данной системы можно использовать следующие комбинации:

$$T/\tau, N/N_{\max}, G/\gamma N^2, Z/Z_h. \quad (2.4)$$

Система безразмерных параметров подобия, характеризующих человечество, согласно Пи-теореме, включает в себя шесть комбинаций ($11 - 5 = 6$). Рассмотрим их.

1. $(T_0 - T_1)/\tau$ – безразмерный параметр времени от зарождения человечества до точки сингулярности. Поскольку $T_0 \gg T_1$, величиной T_1 можно пренебречь, и существенной является только комбинация $T_0/\tau \sim 36\,000$. Фактически это означает, что один

⁷⁶ Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М., 1977. – С. 440.

из определяющих параметров является несущественным и система безразмерных параметров подобия может быть сокращена до пяти. Характерное время жизни человека τ несколько меняется по времени. Тем не менее смысл данного параметра подобия заключается в том, что он близок к числу поколений существования человечества до демографического перехода.

2. N_{\max} / N_0 – отношение максимальной и минимальной численности населения Земли. Величина данного параметра порядка 100 000.
3. $\gamma N_{\max} / m$ – параметр, характеризующий максимальный средний по человечеству рост производительности труда за счет фактора знания, $\gamma N_{\max} / m \approx 50$.
4. Z_h / Z_0 – рост объема знаний одного человека от зарождения человечества до современности. $Z_h / Z_0 \sim 15$. Этот параметр характеризует запас изменчивости (роста) разума человека как биологического существа.
5. $S_C / N_{\max} \cdot S_h$ – отношение площади суши Земли к максимальной территории, необходимой для существования человечества, $S_C / N_{\max} \cdot S_h \approx 5$.
6. $C / (N_{\max} \cdot \tau)$ – отношение характерных времен демографического перехода и жизни человека не является независимым параметром подобия, поскольку $C / N_{\max} \cdot \tau = N_0 \cdot T_0 / N_{\max} \cdot \tau$. Однако этот производный безразмерный параметр иногда более удобно использовать, поскольку он имеет понятный смысл и величину, не исчисляющуюся миллиардами. Так, величина $C / N_{\max} \approx 16$ лет, соответственно $C / N_{\max} \cdot \tau \approx 16 / 45 \approx 0,36$.

Представленный выше анализ параметров, позволяющих характеризовать человечество как систему, с точки зрения теории размерности и подобия, позволил заметно сократить количество независимых параметров подобия. Тем не менее видно, что их количество достаточно велико. Более детально мы рассмотрим взаимосвязь этих параметров ниже.

Основные результаты главы 2

Человечество целесообразно рассматривать с точки зрения системного подхода, что обеспечивает целостность его изучения и учет основных параметров развития без отвлечения на второстепенные факторы.

Предназначение человечества, его основная функция в биосфере заключаются в становлении и развитии разума и мышления на Земле.

Глава 3. Демографическая модель человечества

Как было показано выше, рост числа людей является одним из основных факторов, характеризующих человечество, как систему, поэтому необходимо более детально рассмотреть его характеристики во взаимосвязи с анализом параметров размерности и подобия и системным анализом.

3.1. Модель роста численности человечества

В главе 1 был приведен ряд моделей, описывающих процесс демографического перехода^{77, 78, 79, 80}. Исторически последняя из них, учитывающая наработки предыдущих авторов, была предложена в работе А.В. Коротаевым и др. и исходит из имеющего некоторое статистическое обоснование предположения, что причиной демографического перехода является рост грамотности женщин.

Однако динамика суммарного коэффициента рождаемости (СКР) в мире⁸¹ (рис. 3.1) показывает, что до 1970 года он был стабильно высоким и влияния грамотности женщин на него заметно не было.

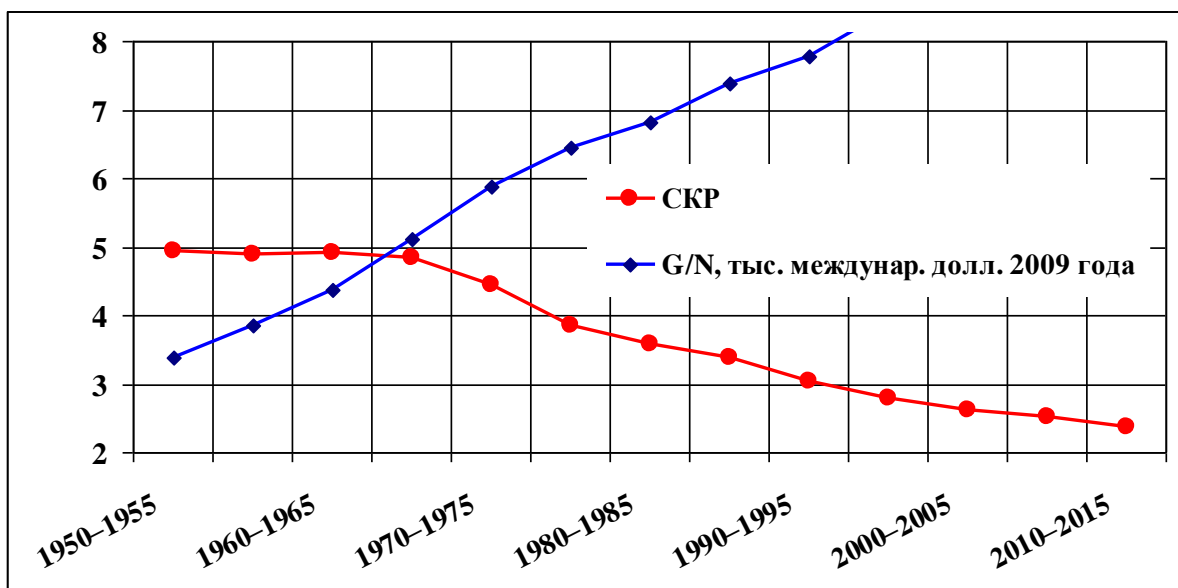


Рис. 3.1. Динамика суммарного коэффициента рождаемости (СКР) в мире

В 1970 году численность населения Земли составляла около 3,7 млрд чел., а уровень грамотности был более 50% (рис. 3.2). Хотя уровень грамотности женщин несколько отстает от среднего⁸², но он был достаточно высоким и если бы причиной демографического перехода была именно грамотность женщин, то СКР начал бы плавно уменьшаться до 1970 года.

⁷⁷ Капица С.П. Математическая модель роста населения мира. – М., 1992.

⁷⁸ Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. 1993.

⁷⁹ Подлазов А.В. Основное уравнение теоретической демографии. – М., 2001.

⁸⁰ Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

⁸¹ Динамика СКР в мире (1950–2015). Прогноз ООН от 2010 года, средний вариант. – Википедия, 2013. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

⁸² Системный мониторинг. Глобальное и региональное развитие / Отв. ред.: Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. – М., 2010. – С. 18.

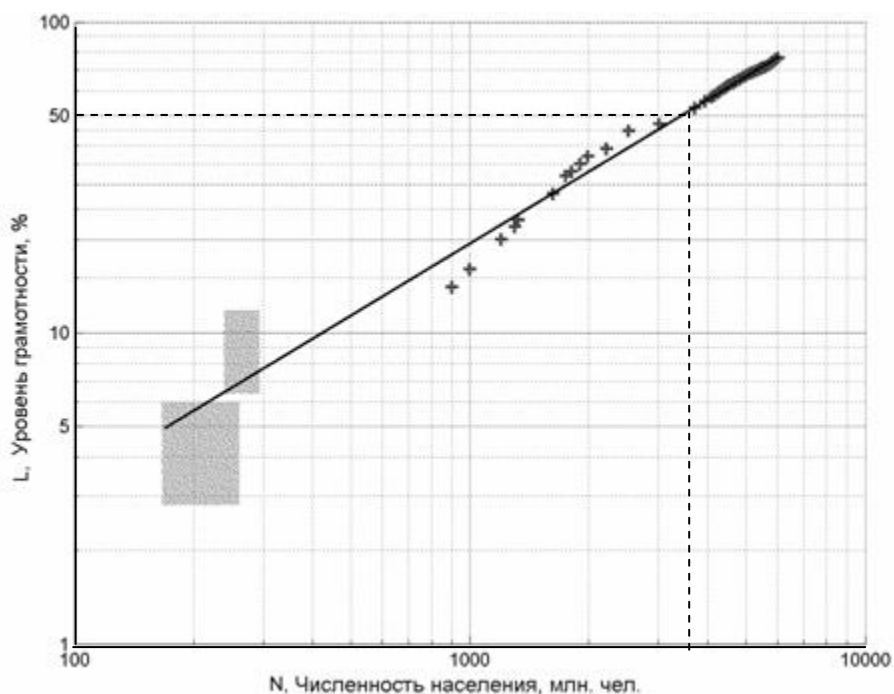


Рис. 3.2. Зависимость уровня грамотности от численности населения Земли⁸³

В то же время авторы этой работы не рассмотрели в числе параметров, которые могли снижать рождаемость, ВВП на душу населения. Данное исключение было сделано в связи с тем, что авторы увидели противоречие «между низким уровнем рождаемости в России и других постсоветских странах Восточной Европы и резким понижением их уровня жизни»⁸⁴.

Однако данное противоречие может быть кажущимся, поскольку в теории сложности^{85, 86} и физике известно такое явление, как гистерезис, заключающееся в том, что прямой и обратный ход процесса происходят по-разному.

Вместе с тем известно, что процесс индустриализации, который происходит во многих странах примерно в то же время, что и демографический переход, сопровождается не только ростом грамотности, но и вовлечением женщин в производственную деятельность. Ясно, что совмещать работу по найму с воспитанием детей (далее под воспитанием детей подразумевается полный цикл деятельности по рождению, уходу, обеспечению всем необходимым и воспитанию детей) очень сложно. Поэтому количество детей в семьях уменьшается до уровня, позволяющего сочетать работу с воспитанием детей. А рост грамотности женщин является зависимым процессом, поскольку вовлечение в производственную деятельность требует роста квалификации и соответственно грамотности. Данная гипотеза позволяет предположить, что рост грамотности женщин является не причиной, а следствием более важного с точки зрения экономики процесса роста участия женщин в производственной деятельности. С учетом данной

⁸³ Цит. по: Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

⁸⁴ Там же.

⁸⁵ Стэплтон Т. Маркетинг в условиях сложности: Учеб. пособие. – Кн. 1 /Пер. с англ. – Жуковский, 2006. (Стратегии маркетинга в сложном окружении).

⁸⁶ Oliva, T.A, Oliver, R.L. and McMillan, I.C. (1992) “A catastrophe model for developing service satisfaction”, *Journal of Marketing*, Vol. 56, July, pp. 83–95.

гипотезы наиболее логичной представляется модель Кремера, хотя она и излишне усложнена.

Важной идеей М. Кремера⁸⁷, которую мы используем, является зависимость уровня рождаемости от ВВП на душу населения (см. рис. 1.5). На рис. 3.3 дана зависимость суммарного коэффициента рождаемости от ВВП на душу населения (по ППС), построенная для 85 стран мира с населением свыше ~10 млн чел.⁸⁸. Видно, что, несмотря на случайный характер зависимости, с увеличением ВВП на душу населения уровень рождаемости падает. Уже при $G/N > 7000$ долл. (в долл. 2009 года) суммарный коэффициент рождаемости опускается до двух – трех, т.е. до уровня, вблизи которого численность населения меняется относительно медленно.

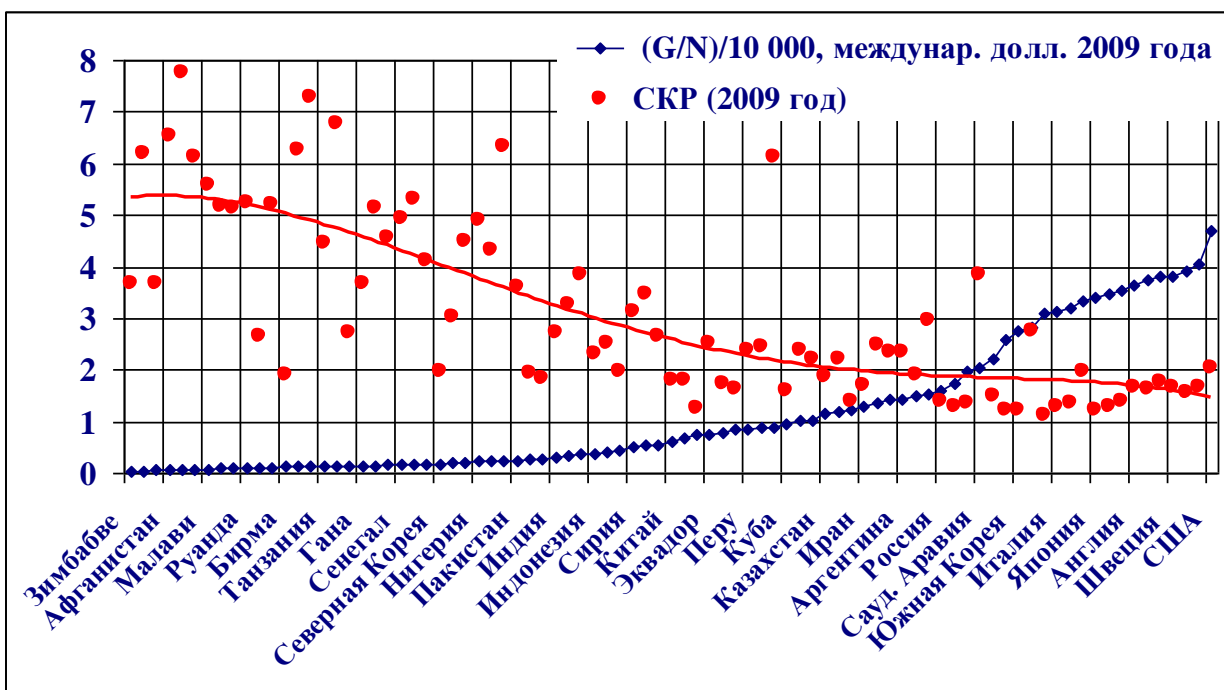


Рис. 3.3. Связь рождаемости и валового продукта на душу населения

Далее логично предположить, что причиной демографического перехода является не просто нежелание состоятельных семей иметь много детей, а некоторая экономическая логика. Скорее всего женщины или семьи делают выбор между двумя альтернативами (воспитывать детей или работать по найму и иметь меньше детей). Если работа в качестве наемного работника приносит доход больше некоторого значения, соответствующего ценности появления детей, то женщина предпочитает воспитывать меньше детей и работает по найму. И чем больше может заработать женщина, работая по найму, тем в меньшей степени она стремится воспитывать детей.

Конечно, нельзя отрицать и роль культурных факторов, но влияние экономических причин более жесткое. Если мужчина не может прокормить семью из пяти детей и двух взрослых, то два работающих и двое детей – гораздо более выгодная альтернатива, дающая возможность уйти от полуголодного существования.

⁸⁷ Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990.

⁸⁸ Всемирная книга фактов ЦРУ, 2009.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TFR_vs_PPP_2009.svg?uselang=ru

При формировании математической модели роста численности населения Земли логично предположить, что прирост населения dN за время dT пропорционален трем факторам:

1) числу людей – N ;

2) уровню избыточного ВВП на душу населения – $(G/N - m)$, что создает возможности для рождения детей и их воспитания (m – прожиточный минимум, обеспечивающий нулевой уровень воспроизводства населения, см. рис. 1.11);

3) некоторому ограничивающему фактору, особенности которого таковы, что он отражает характеристики описанного выше выбора по принципу альтернативной стоимости и обеспечивает:

- рост относительной рождаемости при малых значениях G/N ,
- падение относительной рождаемости при высоких G/N .

Для того чтобы придать модели более аналитический характер, чем в работе М. Кремера, выберем этот ограничивающий фактор в простейшем виде, в частности подобным по структуре аналогичному фактору в известном уравнении логистического роста, описывающем размножение неразумных живых организмов. Соответственно ограничивающий фактор будет иметь вид $1 - k \cdot G/N$, где k – константа. Из этого следует, что дифференциальное уравнение роста человечества будет иметь следующий общий вид:

$$dN/dT = A \cdot N \cdot (G/N - m) \cdot (1 - k \cdot G/N). \quad (3.1)$$

Для определения величины G/N используем приведенное выше выражение (1.11), согласно которому

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

Соответственно уравнение (3.1) может быть преобразовано к виду

$$dN/dT = A \cdot \gamma \cdot (1 - k \cdot m) \cdot N^2 \cdot (1 - k \cdot \gamma \cdot N / (1 - k \cdot m)). \quad (3.2)$$

Далее оно может быть представлено в более простом виде

$$dN/dT = (1/C) \cdot N^2 \cdot (1 - N/N_{\max}). \quad (3.3)$$

При $N/N_{\max} \rightarrow 0$ уравнение (3.3) преобразуется в уравнение типа (1.2), соответствующее гиперболическому росту населения. При $N/N_{\max} \rightarrow 1$ уравнение (3.3) превращается в уравнение $dN/dT = 0$, а его решение $N = N_{\max}$. Именно эти два предельных случая использованы для замены неизвестных констант в уравнении (3.2) при переходе к (3.3) с помощью выражений:

$$A \cdot \gamma \cdot (1 - k \cdot m) = 1/C; \quad (3.4)$$

$$k \cdot \gamma / (1 - k \cdot m) = 1/N_{\max}. \quad (3.5)$$

При $N/N_{\max} \sim 1$ влияние ограничивающего фактора становится существенным и темп роста численности населения падает. Нормированная функция относительного темпа роста населения

$$Y = 4(C/N) \cdot dN/dT = 4 \cdot (N/N_{\max}) \cdot (1 - N/N_{\max}) \quad (3.6)$$

представляет собой перевернутую квадратичную параболу (рис. 3.4).

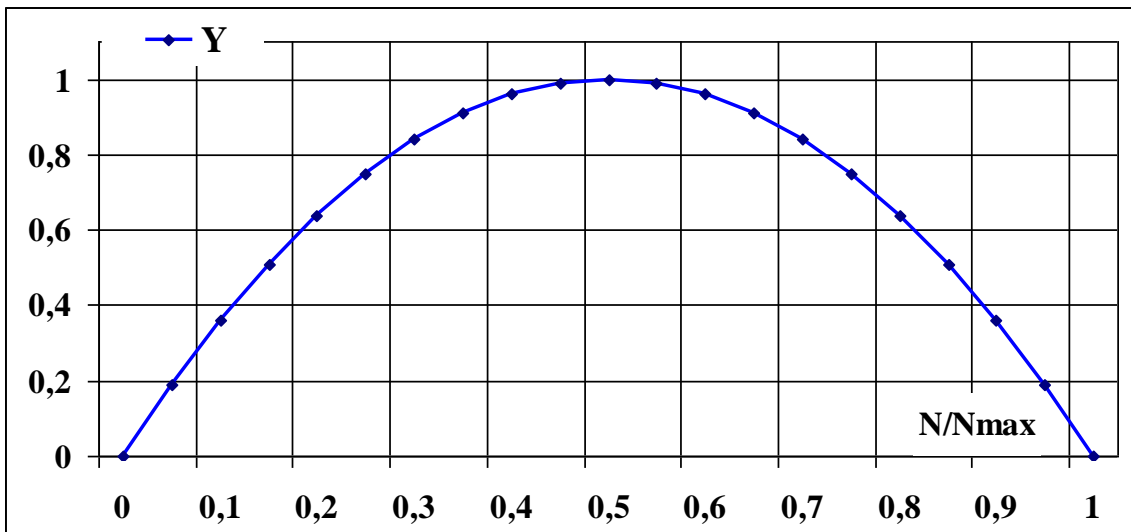


Рис. 3.4. Нормированная функция относительного темпа роста населения

Отметим, что уравнение (3.3) может быть непосредственно проверено на адекватность. Например, при известной производной dN/dT оно позволяет вычислить максимальную численность человечества

$$N_{\max} = N / (1 - C(dN/dT)/N^2). \quad (3.7)$$

Так, в 1995 году скорость роста населения Земли составила $dN/dT = 87,4$ млн чел. в год, $N = 5\,682$ млн чел.⁸⁹. При $C = 160$ млрд чел.·лет получим, что величина $N_{\max} = 10$ млрд чел., что близко к прогнозируемой максимальной численности человечества, что подтверждает корректность уравнения (3.3).

3.2. Численное решение

Решение дифференциального уравнения (3.3) численным методом приведено на рис. 3.5 и обозначено: «F2» (число людей дано в млн чел.). Там же для сравнения дано решение, предложенное С.П. Капицей (F1). Здесь C – константа из уравнений (1.2), (3.3), которая была выбрана из условия наилучшей аппроксимации $C = 160$ млрд чел.·год, а величина $N_{\max} = 10\,150$ млн чел.

Из рис. 3.5 видно, что решение данного уравнения относительно незначительно отличается от кривой С. П. Капицы. Наибольшее отличие от статистических данных наблюдается, как и у кривой Капицы, в начале XX века, что является следствием двух мировых войн, пандемии испанки и гражданской войны в России, которые привели к отклонению от теоретической зависимости до 10%. После 1960 года, т.е. в период демографического перехода, отклонение от статистических данных не превышает 5%, а от кривой F1 – 3,5%.

Для более точного сравнения разных уравнений демографического перехода они представлены в табл. 3.1. Там же приведены значения численности населения Земли N по статистическим данным, на которые опирался С.П. Капица⁹⁰. Здесь $\Delta N/N$ – относительное отклонение решения от статистических значений. Видно, что предложенное решение F2 достаточно хорошо согласуется со статистическими данными и еще ближе

⁸⁹ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012.

⁹⁰ Там же.

к теоретической кривой С.П. Капицы, в которой также не могли учитываться такие факторы, как войны и пандемии.

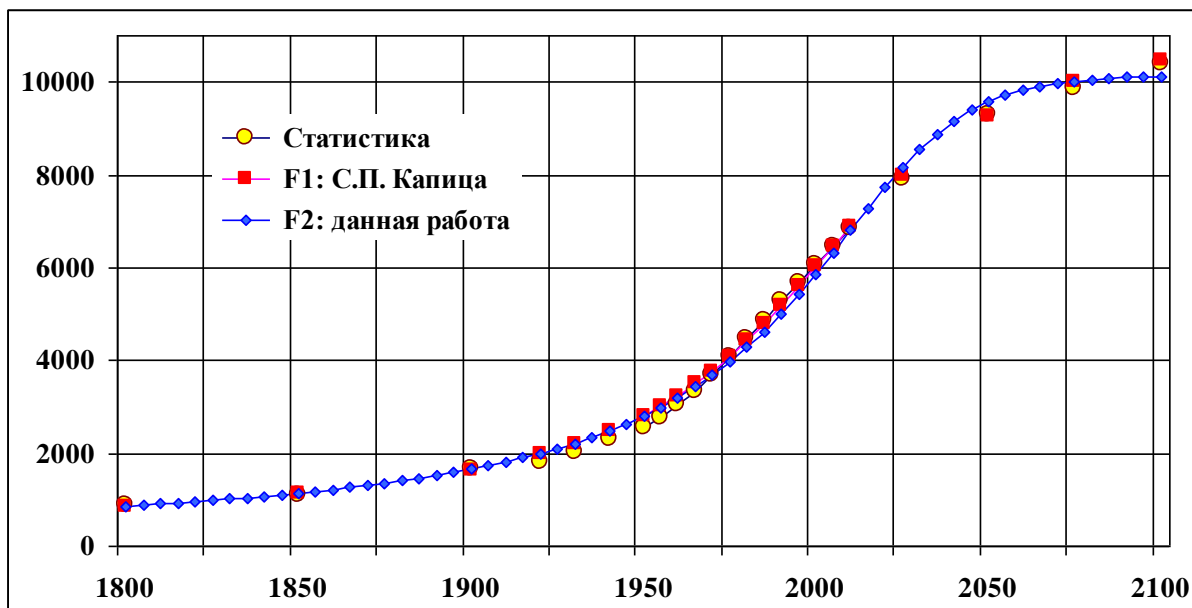


Рис. 3.5. Варианты кривой демографического перехода (млн чел.)

Таблица 3.1. Погрешность кривой демографического перехода

Время, год	Статистика N, млн	F1 N, млн	F2 N, млн	$\Delta N/N, \%$ (F1)	$\Delta N/N, \%$ (F2)
1800	870	851	865	-2,2	-0,6
1850	1100	1120	1144	1,8	4,0
1900	1660	1625	1657	-2,0	-0,1
1920	1811	1970	1996	8,8	10,2
1920	2020	2196	2215	8,7	9,7
1940	2295	2474	2479	7,8	8,0
1950	2556	2817	2800	10,2	9,6
1960	3039	3245	3194	6,8	5,1
1970	3707	3778	3681	1,9	-0,7
1980	4454	4430	4281	-0,5	-3,9
1990	5277	5198	5009	-1,5	-5,1
2000	6073	6038	5863	-0,6	-3,5
2010	6832	6878	6802	0,7	-0,4
2025	7896	7987	8161	1,2	3,4
2050	9298	9259	9576	-0,4	3,0
2075	9879	9999	10021	1,2	1,4
2100	10400	10451	10123	0,5	-2,7

Отметим, что период после 1960 года в мировой истории связан с максимальными темпами экономического роста, отсутствием значительных войн и кризисов, а также быстрым постколониальным развитием стран третьего мира. В этот момент наблюда-

лись быстрые темпы роста населения Земли, которые не только компенсировали потери начала XX века, но и привели к превышению реальной численности населения по сравнению с теоретической зависимостью на 3–5% в период 1975–2000 годов (см. рис. 3.5).

3.3. Аналитическое решение

Уравнение (3.3) может быть решено и аналитически. Для этого введем безразмерную переменную $X = N/N_{\max}$ и преобразуем уравнение (3.3) к виду

$$(1 / (X^2 \cdot (1 - X))) \cdot dX = (N_{\max}/C) \cdot dT. \quad (3.8)$$

Решение этого уравнения имеет вид

$$1/X - \ln(X/(1 - X)) = (N_{\max}/C) \cdot (T_1 - T). \quad (3.9)$$

Возвращаясь к переменной N , получим

$$T = T_1 - C/N - (C/N_{\max}) \cdot \ln(N/(N_{\max} - N)). \quad (3.10)$$

Величина C/N_{\max} имеет размерность времени и характеризует время демографического перехода $C/N_{\max} = N_0 \cdot T_0 / N_{\max} \approx 16$ лет. Если ввести параметр характерного времени демографического перехода $t_1 = C/N_{\max} = N_0 \cdot T_0 / N_{\max}$, то мы можем в уравнении (3.8) ввести безразмерный параметр времени $t = T/t_1 = T \cdot N_{\max} / T_0 \cdot N_0$ и преобразовать это уравнение в полностью безразмерное, причем в нем не будет ни одного безразмерного параметра подобия. Соответственно решение уравнения в безразмерном виде имеет общий вид

$$N/N_{\max} = F(T \cdot N_{\max} / T_0 \cdot N_0) = F(T/t_1).$$

Характерно, что величина T_1 при численном решении не является параметром решения и задание начальной точки для расчета, например, $N(T=1800 \text{ год})$ или точки, в которой мы хотим получить хорошее согласование результатов, вполне компенсирует отсутствие данного параметра. Дата T_1 играет роль типа начала координат, и ее изменение приводит к сдвигу всей кривой по времени. Хорошее согласование аналитического решения со статистическими данными достигалось при $C/N_{\max} = 16$ лет, $N_{\max} = 10 \dots 10,15$ млрд чел. и $T_1 = 2022$ год. Аналитическое и численное решения дают одну и ту же зависимость $N(T)$.

3.4. Анализ параметров решения

Для лучшего понимания смысла полученного решения вернемся к значениям констант A и k в уравнениях (3.1), (3.2).

Коэффициент k определяет, при каком уровне G/N люди предпочитают наемный труд воспитанию детей (собственно в этом и есть смысл демографического перехода). Размерность k – [чел.·год/долл.]. Из представленного выше выражения (3.5) для константы k видно, что параметр $k = 1 / \gamma \cdot N_{\max} \cdot (1 + m / \gamma \cdot N_{\max})$. Поскольку $m / \gamma \cdot N_{\max} \approx 0,02$, с точностью в 2% $k = 1 / \gamma \cdot N_{\max}$. При $N_{\max} = 10\,000$ млн чел. $1/k \approx 10\,400$ долл./чел.·год в междунар. долл. 1995 года.

Коэффициент A характеризует относительную скорость роста численности населения Земли в зависимости от роста ВВП на душу населения, который связан с накоплением знания человечества, в свою очередь зависящего от числа людей. Из выражения (3.4) следует, что величина $A = 1/C \cdot \gamma \cdot (1 - k \cdot m) = 1/C \cdot \gamma \cdot (1 - m / \gamma \cdot N_{\max}) \approx 1/C \cdot \gamma$. При $C \approx 16 \cdot 10^{10}$ чел.·год коэффициент $A \approx 1/(\gamma \cdot C) = 6 \cdot 10^{-6}$ чел./долл.

В уравнении (3.10) определяющим параметром является отношение C/N_{\max} , имеющее размерность времени. Выражая N_{\max} и C через константы A , γ , k , получим, что $C \cdot N_{\max} = k/A = 16$ лет. Таким образом, данный параметр представляет собой отношение величины G/N , при которой происходит демографический переход, к коэффициенту роста G/N в зависимости от численности населения Земли. Фактически он означает, как быстро будет достигнут уровень ВВП, соответствующий изменению демографического поведения семей.

Снижение рождаемости вопреки росту благосостояния становится существенным при величине ограничивающего фактора $k \cdot G/N \sim 0,3$. При этом $(G/N)_{\text{dem}} \approx 0,3/k \approx 3\ 120$ долл./чел. (здесь долл. – междунар. долл. 1995 года; в долл. 2011 года эта величина примерно на 37% больше и составляет $\sim 4\ 260$ долл.). Такого уровня данная величина для мира в целом достигла примерно в 1960 году, после чего начался быстрый спад рождаемости в мире (см. рис. 3.1). Характерно, что эта величина примерно в 15 раз больше прожиточного минимума, обеспечивающего нулевой уровень воспроизводства населения, – m .

Из полученных уравнений (3.1), (3.3) видно, какие характеристики человечества как синергетической системы влияют на рост ее численности и наступление демографического перехода:

- на начальной стадии гиперболического роста это коэффициент C , который характеризует темп прироста населения во взаимосвязи с ростом уровня жизни (G/N) населения и его численностью;
- вблизи демографического перехода это порог, после которого участие женщин в наемном труде становится более привлекательным, чем воспитание детей $(G/N)_{\text{dem}} \approx 4\ 260$ долл./чел. (в долл. 2011 года), а также характерный масштаб времени демографического перехода $t_1 \approx C \cdot N_{\max} \approx 16$ лет.

Следует также отметить, что удовлетворительные результаты, которые дает принятая в уравнении (3.1) форма ограничивающего фактора (см. рис. 3.4), связаны с тем, что в мире есть и высокоразвитые и менее развитые страны. При более однородном составе населения, вероятно, должны иметь место решения с депопуляцией населения, как это наблюдается в реальности. Не исключено, что при некоторой модификации уравнение (3.1) может быть применено и к отдельной стране, но соотношения (3.3), (3.6) в этом случае будут другими.

3.5. Системные эффекты

Рассмотренная выше модель процесса демографического перехода приводит не только к снижению рождаемости, но и к увеличению числа работающих с высокой производительностью труда людей (женщин), а также потенциальных изобретателей. В дальнейшем данный фактор необходимо исследовать более детально.

Следует отметить, что человечество в течение всего периода своего развития находилось в весьма неестественном для систем состоянии, а именно системы с положительной обратной связью по основному своему параметру – численности населения. Примером таких систем является взрыв ядерной бомбы. Пока все ядра не пройдут реакцию, деление развивается по экспоненциальному закону. Человечество, как мы отмечали выше, росло по не менее быстро растущему закону – гиперболическому и увеличило свою численность со 100 000 до 7 000 000 000 человек. При этом в отличие от взрыва бомбы количество «действующих агентов» здесь не исчерпывается, а растет.

Отличие гиперболы от экспоненты, которая часто воспринимается как синоним наиболее быстро растущей зависимости, заключается в том, что гипербола значительно быстрее растет на конечной стадии процесса и значительно медленнее на начальной. Именно поэтому человечество очень длительное время развивалось довольно медленно, а затем последовал очень быстрый рост.

Обычно сложные системы ведут себя как упругая сеть, восстанавливающая свое состояние после отклонения от равновесия. Они удивительно устойчивы по отношению к различным воздействиям. Только *воздействие на особые точки* системы может вывести ее из этого состояния и перевести в другое состояние. В качестве таких воздействий можно было бы подозревать рост плотности населения свыше предела комфортного существования, истощение природных ресурсов или падение благосостояния (ВВП на душу населения). Однако по данным позициям отрицательные обратные связи в явном виде пока реально не проявляются. *Критическим воздействием оказалась востребованная альтернатива рождению детей.*

Отметим еще один эффект, который присутствует в сложных системах. Используемая при выводе уравнения (3.1) гипотеза о том, что при росте выше некоторого уровня $(G/N)_{dem}$ рождаемость падает, не означает верности противоположного утверждения. Эта гипотеза основана на предположении, что в обществе с растущим ВВП в соответствии с принципом альтернативной стоимости происходит переход от одного способа воспроизводства населения к другому в результате того, что работа по найму становится более выгодной. Тем не менее данный переход происходит не сразу после того, как работа по найму стала более выгодной, а после того, как выгоды такого перехода могут компенсировать все затраты на процесс перехода, связанные с приобретением квалификации, трудоустройством, изменением жизненного уклада, обеспечением ухода за существующей семьей и др.

Однако в обществе, в котором работа женщин по найму уже является общественно принятым поведением, противоположный переход связан с совершенно другими факторами, в том числе социальными и культурными, которые существенно понижают альтернативную стоимость воспитания детей. В результате обратный переход, как правило, не происходит даже при значительном снижении валового внутреннего продукта на душу населения, т.е. возникает явление гистерезиса.

Еще один важный результат можно заметить, совместив формулу (1.11) с выводом о том, что численность человечества будет ограничена некоторым максимальным числом N_{max} . Это означает, что для человечества существует предел роста ВВП на душу населения

$$g_{max} = (G/N)_{max} = m + \gamma N_{max} \approx 10\ 621 \text{ долл./чел.}\cdot\text{год} \quad (3.11)$$

(в междунар. долл. 1995 года, при $N_{max} = 10$ млрд чел.). Для того чтобы отчасти компенсировать погрешности формулы (1.11) и необходимость перевода значений в доллары соответствующего года, представим выражение (3.11) в следующем виде:

$$g_{max}/g \approx (m + \gamma N_{max})/(m + \gamma N). \quad (3.12)$$

С точностью порядка 2% формулу (3.12) можно представить в виде

$$g_{max}/g \approx N_{max}/N. \quad (3.13)$$

Отсюда следует, что мировой ВВП на душу населения может вырасти после 2011 года лишь на 42%, а мировой ВВП – в два раза в долл. 2011 года, т.е. примерно до $G_{max} \approx 180$ млрд долл. (если $N_{max} > 10$ млрд чел., то G_{max} будет соответственно больше).

Однако согласно прогнозу PwC²⁵ (см. рис. 1.8), в 2050 году ВВП по ППС 20 крупнейших экономик мира вырастет до 214 трлн долл. 2011 года (рост в 3,5 раза), что соответствует мировому ВВП, примерно равному 273 трлн долл. Таким образом, данный расчет ниже прогноза PwC примерно в 1,6 раза.

В чем причина такого противоречия прогнозов? С одной стороны, мы отмечали выше, что прогноз компании PwC сделан без учета эффектов взаимодействия государств. С другой стороны, переход человечества как системы в новое состояние в связи с демографическим переходом может привести к существенному изменению многих ее характеристик, в том числе и росту ВВП сверх соответствующего формуле (3.1) значения.

И этому есть определенные предпосылки. В частности, можно отметить, что быстрый рост ВВП стран E7 связан с тем, что происходит быстрый рост производительности труда (G/N) группы стран со значительно большим населением (в 4,5 раза), чем в странах G7. При этом рост производительности труда происходит в результате диффузии технологий от стран G7 к E7, поскольку сами страны E7 пока значительно отстают с точки зрения производства новых технологий.

Но еще 100 лет назад такого ускорения развития развивающихся стран за счет развитых не происходило. Таким образом, мы видим, что технологии стали иным образом передаваться от одних стран к другим в последнее столетие. И этот процесс может еще сильнее измениться в дальнейшем. С одной стороны, может произойти дальнейшее снижение барьеров передачи технологий (если этот процесс не будет замедлен противостоянием). Но с другой стороны, сами развивающиеся страны могут начать вносить значительно больший вклад в развитие технологий человечества, и это даст дополнительные выгоды развитым странам в результате синергетического эффекта. Варианты реализации этих возможностей могут существенно влиять на достоверность прогнозов.

Отметим еще одно следствие сделанного выше прогноза возможного прекращения роста ВВП и ВВП на душу населения. В качестве последствий такого хода событий может быть стагнация развития человечества. Современный бизнес нацелен на постоянный рост производства, и его отсутствие считается большой проблемой. Указанный выше результат означает, что рост вообще может прекратиться, останутся только колебания или медленный дрейф. Это не означает состояния постоянного кризиса, это просто совершенно другая логика существования экономики. Кроме того, инновационные процессы могут приобрести совершенно иной характер – будет внедряться в новых местах и условиях то, что уже давно известно, а принципиально новые технологии создаваться не будут. И это следствие перехода человечества к стадии демографического перехода, а затем «демографической стабилизации», хотя, естественно, есть и другие альтернативы, которые мы рассмотрим ниже.

С точки зрения стремления к увеличению уровня жизни населения Земли важно понять, какой стратегии роста населения следует придерживаться. Многие авторы начиная с Мальтуса считали, что для этого необходимо ограничивать рост населения Земли, в связи с чем до сих пор обсуждаются теории типа «золотого миллиарда». В ряде стран действуют программы сокращения рождаемости.

В то же время проведенный выше анализ (формула 3.13) показывает, что рост конечного населения Земли N_{\max} позволяет увеличить благосостояние всех жителей Земли, включая и массовое население богатых стран. Но увеличить население Земли и компенсировать депопуляцию развитых стран можно, прежде всего, за счет этносов, имеющих низкий ВВП на душу населения и соответственно высокий уровень рождаемости (см. рис. 3.3). Таким образом, мировое сообщество должно очень внимательно

относиться к возможности увеличения населения Земли и рассматривать ее как *потенциально лучшую демографическую стратегию*. При этом, конечно, следует тщательно взвешивать и реальность опасности исчерпания природных ресурсов.

Основные результаты главы 3

1. Дифференциальное уравнение роста численности человечества (N) в зависимости от времени (T) имеет вид

$$dN/dT = (1/C) \cdot N^2 \cdot (1 - N/N_{\max}),$$

а его аналитическое решение, хорошо согласующееся со статистическими данными, –

$$T = T_1 - C/N - (C/N_{\max}) \cdot \ln(N/(N_{\max} - N)).$$

Хотя решение (3.3) и получено с использованием феноменологического выражения для G/N (1.11), однако в форме (3.1) оно носит более фундаментальный характер и демонстрирует, что основным фактором, влияющим на рост человечества, является валовой внутренний продукт на душу населения, т.е. экономический фактор, а не близость к дате *сингулярности*, как в уравнении, предложенном С.П. Капицей.

Рассмотренная математическая модель роста численности человечества имеет преимущества по сравнению с работами других авторов. Так, в отличие от модели М. Кремера эта модель позволяет получить результат в виде аналитических функций, без введения дополнительных эмпирических параметров, что улучшает возможности проверки ее адекватности и делает ее более наглядной. В отличие от модели А.В. Коротаяева, А.С. Малкова, Д.А. Халтуриной⁹¹ данная модель не требует введения дополнительного параметра грамотности женщин, что важно с точки зрения принципа «бритвы Оккама».

Предложенный подход к решению задачи демографического перехода указывает на важность для популяционной динамики акта принятия семьями решения по выбору одной из двух альтернатив: воспитывать детей или работать по найму. Хотя ВВП на душу населения и играет доминирующую роль в данном выборе, но в развитых странах общество потенциально может найти ресурсы для альтернативной мотивации семей с тем, чтобы обеспечить свою демографическую состоятельность.

Важное значение имеет полученный вывод о возможности прекращения роста мирового ВВП и ВВП на душу населения. При этом человечество как системы может перейти к состоянию отсутствия развития (стагнации).

⁹¹ Коротаяев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

Глава 4. Цикличность развития человечества

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

4.1. Технологические революции

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

Таблица 4.1. Датировка технологических революций разными авторами

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

Видно, что одни из этих дат считают важными для развития человечества большинство авторов, а другие – далеко не все. Отметим также, что в некоторых работах неявно

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

⁹³ Цит. по: Агарков С.А., Кузнецова Е.С., Грязнова М.О. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика. – М., 2011. – Рис. 3.1. <http://www.monographies.ru/112-3768>

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

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

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

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

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

⁹⁹ Молчанов А.В. Развитие теории С. П. Капицы. Гипотеза сети сознания // Око планеты. – 2009 // Естественное. – 2009 // Наука и техника. – 2009. <http://oko-planet.su/science/scienceclassic/page.1.3371-a.v.-molchanov-razvitiie-teorii-s-p-kapicy.html>

¹⁰⁰ Орехов В.Д. Инновационный процесс и его роль в развитии человечества // Матер. 2-й междунар. научн.-практ. конф.: Шумпетеровские чтения. – Пермь, 2012. – С. 85. <http://www.sr.pstu.ru/files/SchumpeterianReadings2012.pdf>

¹⁰¹ Bunch, B., Hellemans, A. The history of science and technology. Houghton Mifflin company, Boston–New York, 2004. http://eknigi.org/nauchno_populjarnoe/138496-the-history-of-science-and-technology.html

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

отмечена неравнозначность разных технологических революций. Так, в приведенной на рис. 1.1 схеме современной периодизации длинных волн глубина первой и третьей волн Кондратьева показана явно меньшей, чем второй и четвертой. Аналогичную закономерность можно заметить на рис. 4.1, на котором приведены относительные темпы годового роста мирового ВВП в процентах¹⁰³. Видно, что глубина спада, соответствующего кризису в области 1880–1900 годов, относительно невелика по сравнению с 1931–1935 годами (здесь спады 1915–1920 и 1940–1945 годов соответствуют мировым войнам).

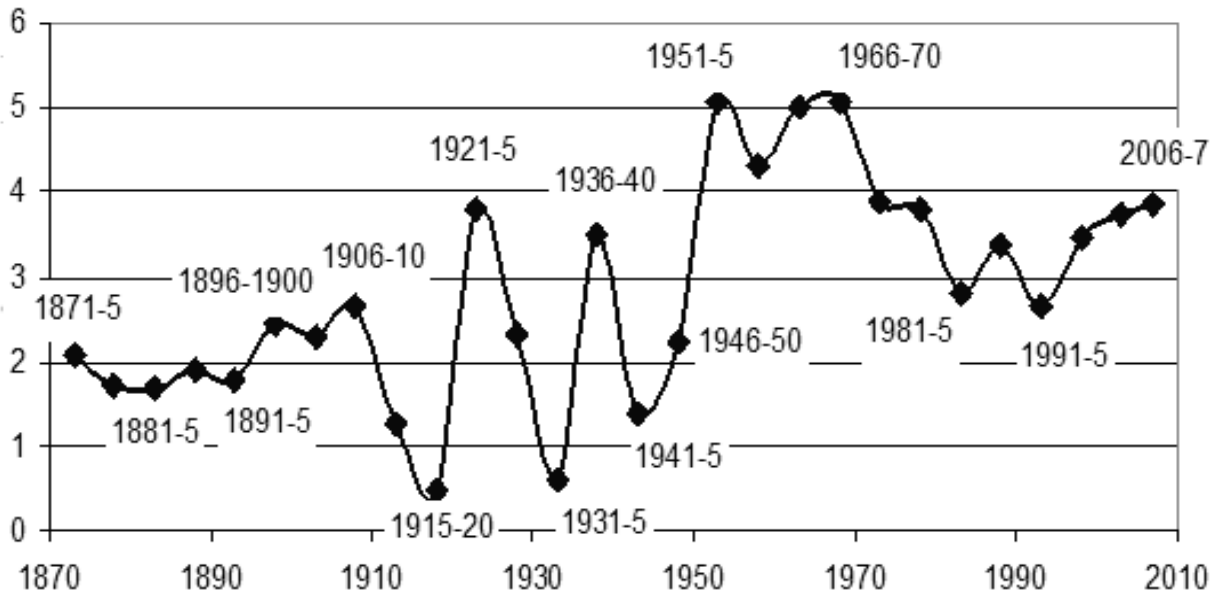


Рис. 4.1. Темпы роста мирового ВВП, %

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

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

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

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

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

4.2. Волны – «предвестники»

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

Таблица 4.2. Даты технологических революций, включая предвестников

n	T_n	Революция (эра)	Кондратьев Н.Д.	Глазьев С.Ю.	Татеиси К.	Дьяконов И.М.	Капица С.П.	Молчанов А.В.	Bunch В.
0	52	Предфеодальная							
1	630	Феодальная			700	540	500	630	530
2	1038	Предремесленная							
3	1326	Ремесленная			1302			1325	1453
4	1530	Возрождение				1540	1500		
5	1674	Классическая наука						1674	1660
6	1776	Первая промышленная	1789	1770	1765				1735
7	1848	Вторая промышленная	1845	1830		1845	1840	1848	1820
8	1899	Предвестник НТР	1898	1880	1876				1895
9	1935	Научно-техническая	1949	1930	1945	1945		1934	1945
10	1961	Предкибернетическая					1955		
11	1979	Кибернетическая	1985	1970	1974			1978	1972
12	2005	Предбиотехнологическая	2018	2010	2005		2000		2003
13	2038	Биотехнологическая			2025		2050		

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

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

Даты технологических сдвигов, произошедших с начала нашей эры, включая и волны-предвестники, приведены в табл. 4.2. Там же для сравнения даны даты, представ-

ленные в работах классиков данного направления (см. табл. 4.1). Характерно, что при $n \rightarrow \infty$ согласно формулам (4.1) и (4.2) $T_n \rightarrow 2022$ году, то есть к дате сингулярности.

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

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

Однако появляются еще три даты, не отмеченные ранее: начало нашей эры (~52 год), 1038 и 1960 годы, которые можно трактовать как предшественники феодальной, ремесленной и кибернетической революций. Само по себе то, что современное летоисчисление производится от начала нашей эры, свидетельствует о важности первой из этих дат для всего человечества.

Революция 1961 года не отмечена значительными кризисами, однако это время наиболее быстрых темпов роста населения Земли и ее экономики, что, видимо, смягчило негативные кризисные моменты. Кроме того, это дата начала демографического перехода и перехода человечества как системы в новое состояние.

Соответствующий технологический сдвиг ряд авторов называет постиндустриальным¹⁰⁵. Он характеризуется тем, что производство услуг превосходит выпуск товаров и важным элементом экономического развития становятся инновации.

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

4.3. Содержание технологических революций

Предложенное выше деление технологических революций на два вида (основные и предвестники) требует проверки правомерности данного утверждения. С этой целью в табл. 4.3 приведены основные технические, технологические и организационные достижения, характеризующие рассматриваемые революции и последующие эпохи^{106, 107, 108}. Аналогичный перечень часто называют технологическим укладом, однако в данном случае рассматриваются не только технические достижения, но и те, что связаны с бизнесберегающими технологиями и распространением знаний.

При этом за даты соответствующих инноваций принято время, когда их использование находилось в стадии быстрого роста, вблизи точки перегиба логистической кривой (даты округлены до десятилетий). Поскольку для нас наиболее важны близкие к современности технологические сдвиги, ограничимся событиями, начинающимися с ремесленной революции. Для характеристики технологических достижений эпох

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

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

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

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

по мере наличия соответствующих инноваций будем использовать следующие факторы: название революции, способ производства, ключевой фактор, двигатель, эргоноситель, транспортное средство, инструмент, материал, оружие, инноватор, метод лечения, технология передачи информации, метод обучения и др.

Таблица 4.3. Инновации, характеризующие технологические эпохи

п	Годы	Технические, технологические и другие достижения
3	1330–1530	Ремесленная революция (проторенессанс): ремесленное производство, ручной труд, цеховая система, банк, ветряная мельница, полностью парусные суда, навигация, астролябия, медицинские инструменты, листовое стекло, арбалет, порох, артиллерия, изобретения Леонардо да Винчи, техника живописи, принципы перспективы, университет, открытие Америки
4	1530–1680	Возрождение: товарное производство, авторское и патентное право, географические открытия, гуманитарные науки, конный плуг, токарный станок, зеркало, огнестрельное ружье, аналитическая геометрия, таблица логарифмов, труды Н. Коперника, Г. Галилея, И. Кеплера, Е. Торричелли, Ф. Парацельса, книгопечатание, возникновение мир-системы по И.М.Валлерстайну
5	1680–1780	Классическая наука: научный подход, телескоп, микроскоп, маятниковые часы, термометр, арифмометр, фрезерный станок, паровой двигатель, оружие с кремниевым затвором, дифференциальное исчисление, законы И. Ньютона, академия наук, научный журнал, педагогика
6	1780–1850	Первая промышленная революция (К1): мануфактурное производство, текстильная машина, жатка, энергия каменного угля и воды, транспортный канал, велосипед, монгольфьер, железо, ковкий чугун, «вольтов столб», нарезное оружие, стальное перо, печатная машинка
7	1850–1900	Вторая промышленная революция (К2): фабричное производство, системы машин, станки, машиностроение, угледобыча, черная металлургия, керосин, электрогенератор, электролампа, турбина, железнодорожный транспорт, пароход, бетон, телеграф, почтовая связь
8	1900–1935	Предвестник НТР (К3): автоматическое производство, электрический двигатель, двигатель внутреннего сгорания, электричество, бензин, сталь, тяжелое машиностроение, цветная металлургия, неорганическая химия, автомобиль, дирижабль, самолет, танк, автоматическое оружие, электронная лампа, обучение по переписке
9	1935–1960	Научно-техническая революция (К4): современная наука, серийное производство, конвейер, автоматика, дизельный двигатель, ТРД, авиация, нефтепродукты, органическая химия, пластмассы, сплавы, алюминий, рентген, радар, кондиционер, холодильник, телефон, телевидение, ЭВМ, транзистор, радиотехника, теория относительности, квантовая физика, ядерное оружие, спутник, СМИ, вакцины, антибиотики, заочное обучение
10	1960–1980	Предкибернетическая революция (постиндустриальная): инновационная экономика, преобладание сферы услуг, сетевое производство, демографический переход, возрождение развивающихся стран, резкий рост качества жизни людей, электроника, кибернетика,

		информатика, языки программирования, интегральные микросхемы, суперкомпьютер, ракетная техника, космические полеты, ядерная энергия, газ, синтетические волокна, пленки, сети супермаркетов, массовая культура, программированное обучение, деловые игры, мозговой штурм, ТРИЗ
11	1980–2010	Кибернетическая (информационная) революция (К5): информатизация, телекоммуникации, гибкое производство, фабрика услуг, газовая энергетика, персональный компьютер, Интернет, оптоволокно, микрочип, бытовая электроника, мобильная связь, лазер, светодиод, высокотемпературная сверхпроводимость, робототехника, спутник связи, спейс шаттл, космический телескоп, темная материя, бозоны Хигса, композитные материалы, кардиохирургия, томограф, платежные системы, Интернет-торговля, корпоративные информационные системы, поисковые машины, системы распознавания, секвенирование, анализ генома человека, ГМО, клонирование, дистанционное обучение, компьютерная грамотность
12	2010–2038	Предбиотехнологическая революция (К6): глобализация, генная инженерия, нанoeлектроника, нанотехнология, новая фармацевтика, биомедицина, имплантация, клеточные технологии, возобновляемая энергетика, сланцевый газ, наноматериалы, мультимедиа, 3D-печать, управление знаниями, элементы экономики знания, электронное обучение
13	2038 ...	Биотехнологическая революция: продление срока жизни людей до ~150 лет, лечение самых опасных болезней, регенерация органов, генномодифицированные люди, первые бессмертные, возрождение вымерших животных, рождение детей в искусственной среде, мыслящие животные, телепатия, управление демографией, искусственный интеллект, квантовый компьютер, термоядерный реактор, биоэнергетика

Из табл. 4.3 достаточно хорошо заметно, что соответствующие указанным датам инновационные сдвиги по своему содержанию попарно связаны. Так, эпоха Возрождения 1530 – 1680 годов и последующий сдвиг 1680–1780 годов, связанный с возникновением классической науки, в значительной мере перекликаются содержательно, и оба они связаны со становлением науки.

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

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

Далее следует пара инновационных сдвигов 1960–1980 и 1980–2010 годов, которые базируются на достижениях кибернетики, информационных технологий, микроэлектроники, компьютерной техники и т.д. По мнению К. Татеиси, сердцевиной этих рево-

люций являются технологии «трех К»¹⁰⁹: компьютеры, коммуникации и контроль (управление). Вместе с тем реализуются и ряд радикальных инноваций НТР, особенно в первый из указанных периодов. Среди них следует отметить ядерную и ракетно-космическую технику.

Выделение этих двух эпох можно заметить в трудах авторов, которые отмечают, что на смену индустриальному обществу приходит постиндустриальное^{110, 111}. Оно в свою очередь заменяется информационным (кибернетическим) и далее – обществом знания¹¹². Однако термин "постиндустриальная" не характеризует движущие силы технологической революции, и в этом смысле содержательнее слово «предкибернетическая».

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

По поводу содержания последних технологических сдвигов 2010 - 2038 годов у разных авторов существуют различные мнения, однако в настоящее время наибольший объем публикаций в мире сосредоточен в областях, связанных с медициной и биотехнологиями^{113, 114}: медицина ~35%; биохимия, генетика, молекулярная биология ~13%; биология и сельское хозяйство ~5%; фармакология и токсикология ~4%; иммунология и микробиология ~3%. В этих областях наблюдается наибольший объем революционных достижений, но их использование еще не привело к реальному изменению жизни людей и экономики. Видимо, этого следует ожидать от следующего технологического сдвига, результаты которого можно лишь прогнозировать.

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

4.4. Профиль технологических волн

Интересно исследовать изменение частоты появления изобретений в зависимости от предложенных дат технологических революций. Для этого воспользуемся статистическими данными Всемирной организации интеллектуальной собственности¹¹⁵ о числе

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

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

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

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

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

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

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

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

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

запатентованных за год изобретений в мире – N по отношению к численности человечества – N в период с 1883 по 2008 год. Для того чтобы продлить эту закономерность в прошлое до 1450 года, Э.Ф. Немцовым была использована статистика крупных изобретений, приведенная в работе Д. Хюбнера¹¹⁶ (см. рис. 1.4) и основанная на данных В. Банча и А. Хелеманса¹¹⁷. Однако две указанные зависимости после 1900 года показывают противоречивые тенденции: согласно статистике крупных изобретений Д. Хюбнера (см. рис. 1.4), изобретательность людей снижается, а согласно патентной статистике (рис. 4.2) – растет.

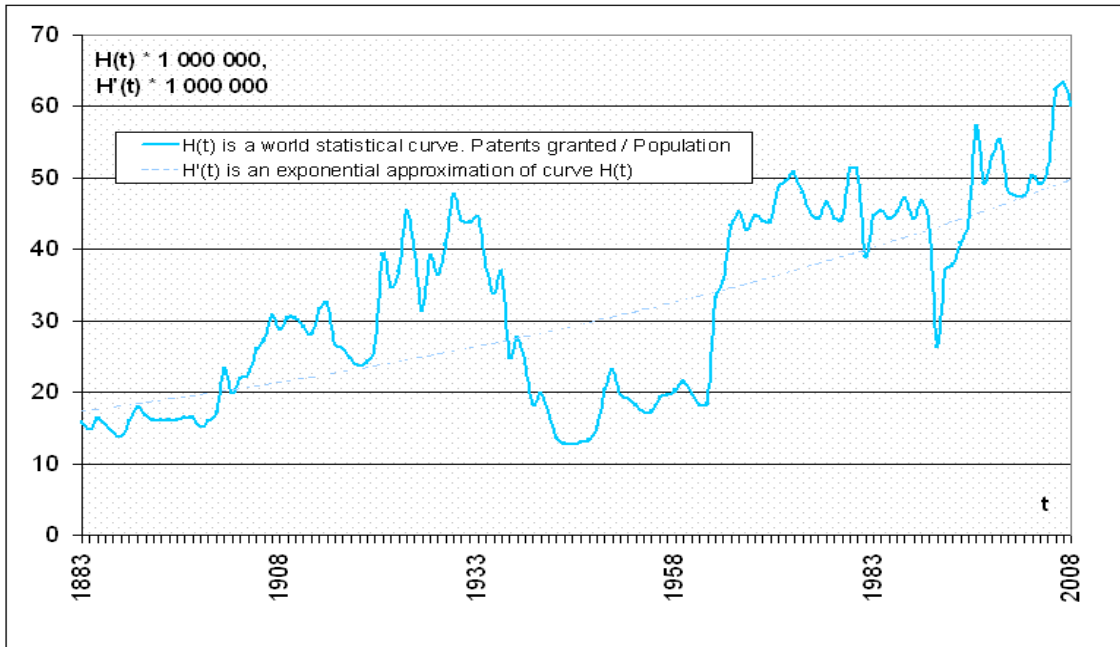


Рис. 4.2. Число выданных патентов на изобретения на миллион жителей Земли

Было принято, что более объективными за последние 100 лет являются данные патентной статистики. Для «сшивки» двух кривых были взяты данные за 1905 год, из которых следует, что одно крупное изобретение эквивалентно 1 700 запатентованным изобретениям. Скорректированная кривая крупных изобретений¹¹⁸ приведена на рис. 4.3.

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

¹¹⁶ Huebner, J. A. Possible Declining Trend for Worldwide Innovation. 2005.

¹¹⁷ Bunch, V., Hellemans, A. The history of science and technology. 2004.

¹¹⁸ Цит. по: Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. – 2011. <http://nemtsov.ners.ru/articles/chelovechestvo-stanovitsya-vs-izobretatelnee.html>

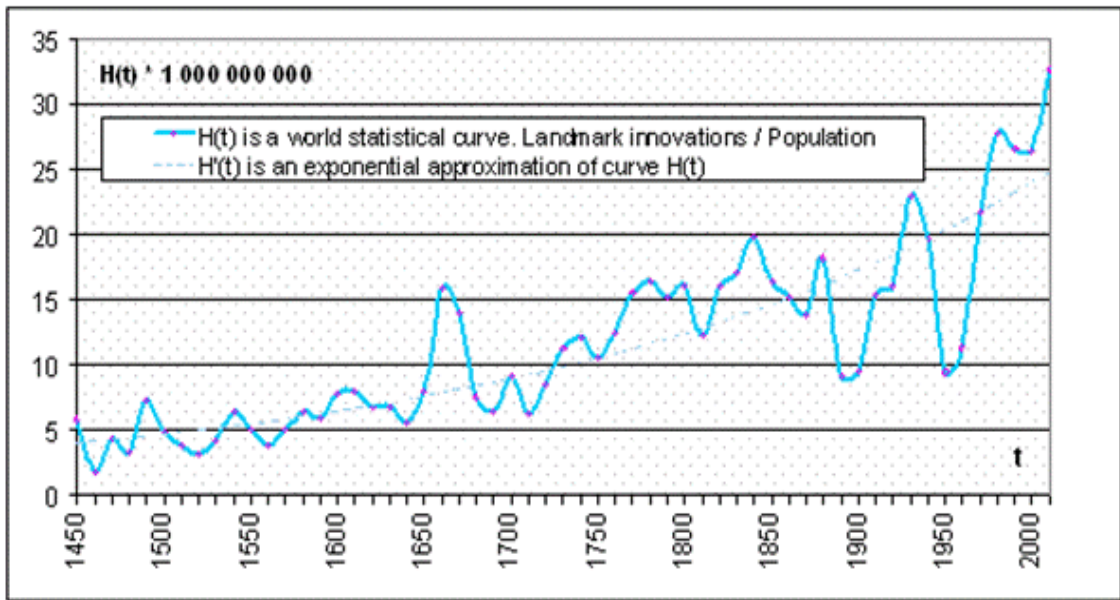


Рис. 4.3. Число крупных изобретений на миллиард жителей Земли

Характерной особенностью этих профилей является то, что волна-предвестник, как правило, начинается с относительно малого числа изобретений и максимум инноваций достигается вблизи окончания данной эпохи. Основная же волна начинается со спада инновационной активности, а затем наблюдается рост числа изобретений в преддверии новой революции-предвестника¹¹⁹.

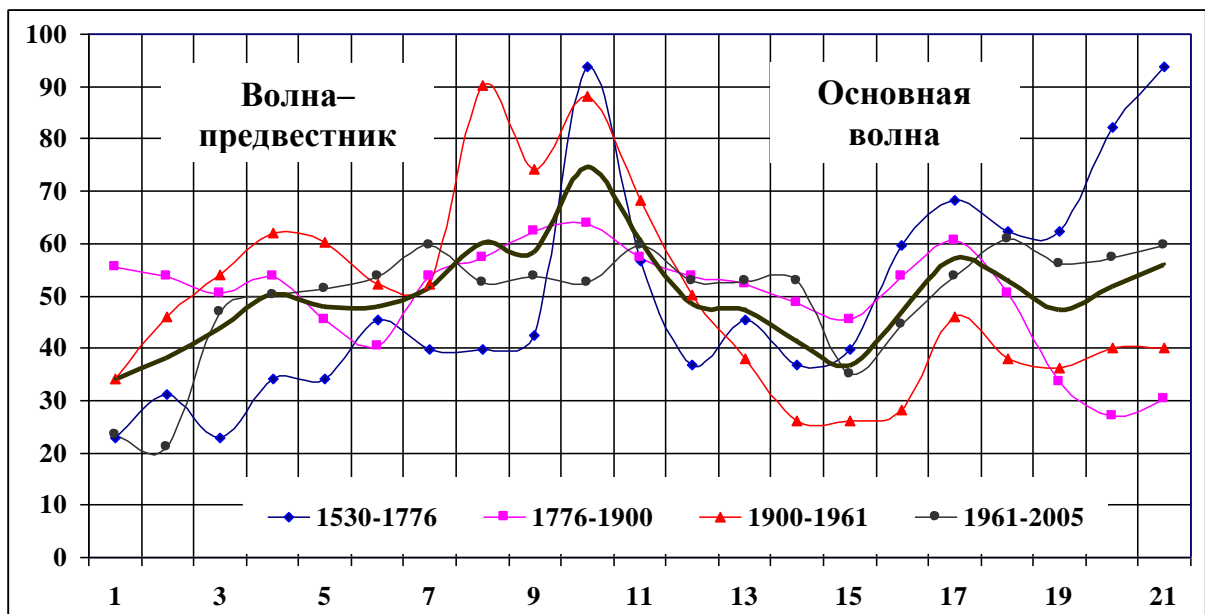


Рис. 4.4. Относительные профили изобретательской активности технологических эпох

Видно, что профили различных технологических эпох относительно сильно отличаются, что свидетельствует о значительной случайной компоненте и, возможно, влиянии более кратковременных экономических циклов. Вместе с тем профили волн-

¹¹⁹ Орехов В.Д. О парной взаимосвязи длинных волн: Тр. XV междунар. научно-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». – М., 2013. – С. 168.

предвестников и основных достаточно значительно отличаются друг от друга и довольно близки внутри каждого из типов, чтобы утверждать, что это именно парные волны.

Можно также предполагать, что значительное число изобретений, появившихся в конце волны-предвестника, не успевают в полной мере реализоваться, вероятно из-за недостатка соответствующих ресурсов (инвестиций, спроса потребителей, понимания инвесторами направления технологической революции, квалифицированных специалистов соответствующих профессий). Тем не менее определенные решения принимаются предпринимателями и начинается внедрение пробных образцов продуктов новой технологической эпохи.

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

Основные результаты главы 4

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

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

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

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

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

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

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

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).

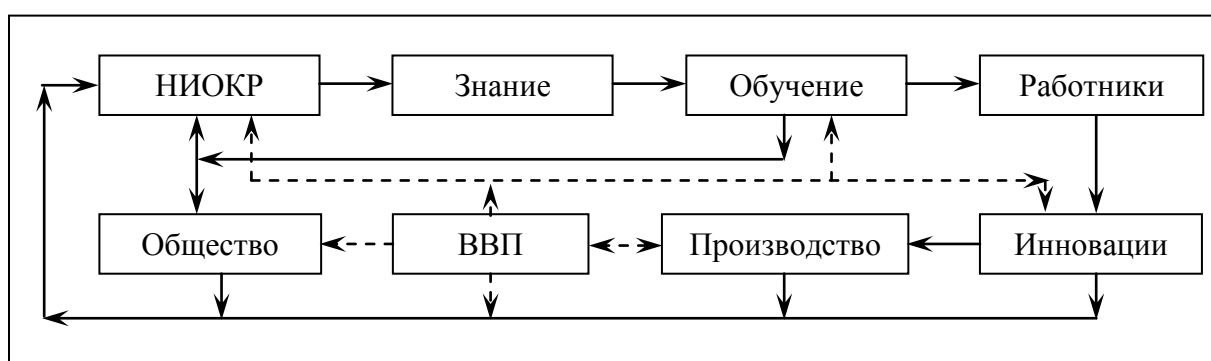


Рис. 5.1. Цикл оборота знаний

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^{120, 121, 122}, 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 свитков¹²³. 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.

¹²⁰ Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. – 2007. – №7.

¹²¹ Библиотека конгресса. – Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

¹²² General Information – About the Library (Library of Congress). 2012. <http://www.loc.gov/about/general-information>

¹²³ 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.¹²⁴. 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 зна- ний, 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 гиперболы¹²⁵

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

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 перехода¹²⁶,

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

(здесь $N_0 = 100\,000$ – условная начальная численность человечества¹²⁷). 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.

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.

¹²⁴ Анисимов В.А. О законе возрастания сложности. www.yugzone.ru/articles/438, 2006.

¹²⁵ Орехов В. Д. Знания в системе развития общества // Бизнес-образование, РАБО. – 2010. – №28. – С. 77.

¹²⁶ Орехов В. Д. Прогнозирование в сложном окружении // XIV-й всеросс. симпозиум: «Стратегическое планирование и развитие предприятий». – М., 2013. – №5. – С. 108.

¹²⁷ 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	26 833	49%	6 073	19 067	6%
Конгресса	1960	9 000	8 127	-10%	3 039	8 025	-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

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 ЮНЕСКО¹²⁸, 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 специалистов в области R&D, но и в то время число людей, занимающихся сопровождением существующих знаний, было предельно малым.

¹²⁸ Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009-139. – Стат. ин-т ЮНЕСКО (ISU), 2009.

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 ВВП¹²⁹. 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 Scopus¹³⁰, 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 работе¹³¹ 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 профессий¹³² 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.

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

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

¹³⁰ Реферативная база данных Scopus.

¹³¹ Анисимов В.А. О законе возрастания сложности. – 2006.

¹³² Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов // Госстандарт России. – 1994. – №367.

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

Причина	Исходные позиции	Важный параметр
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 ΔZ можно оценить как по формулам (5.1), (5.2), так и по годовому объему публикаций и патентов в мире ΔP . 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 патентов¹³³ (в миллионах). Здесь с целью исключения двойного учета учтены только патенты, выдаваемые резидентам.

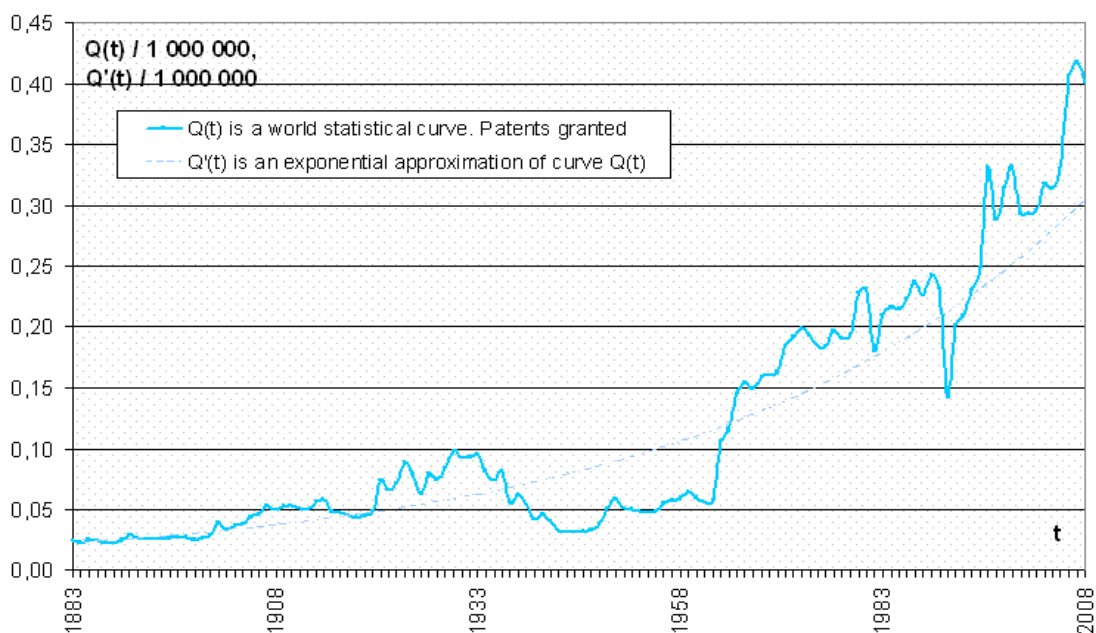


Рис. 5.3. Число выдаваемых в мире за год патентов (млн/год)

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

В то же время в базе Scopus представлено примерно 25 млн патентов¹³⁴. 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

¹³³ Цит. по: Немцов Э.Ф. Человечество становится всё изобретательнее. – 2011.

¹³⁴ Реферативная база данных Scopus.

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.

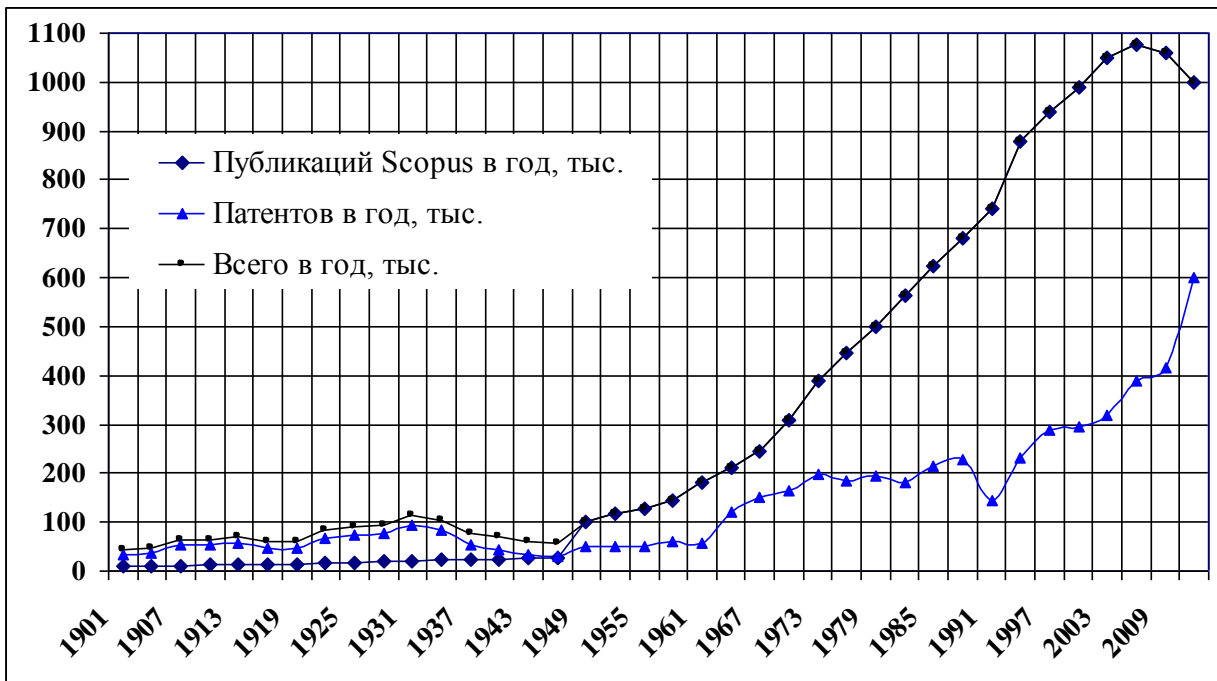


Рис. 5.4. Рост годового числа патентов и публикаций в мире

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 ΔZ 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. Капицы¹³⁵ 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.

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:

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

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

¹³⁵ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 69.

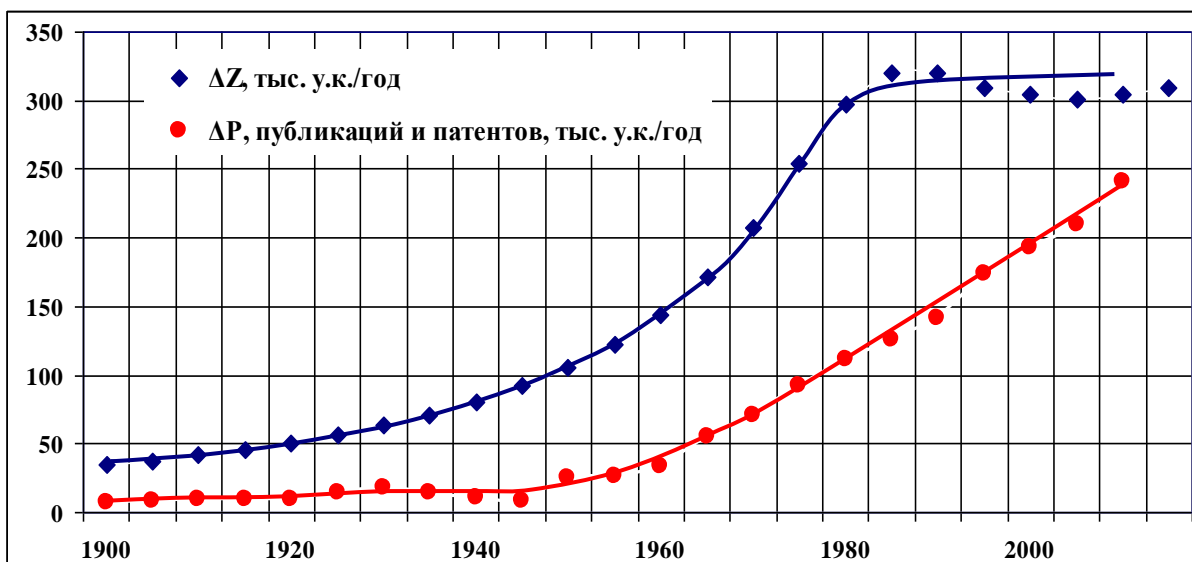


Рис. 5.5. Годовой прирост знаний, а также публикаций и патентов

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.

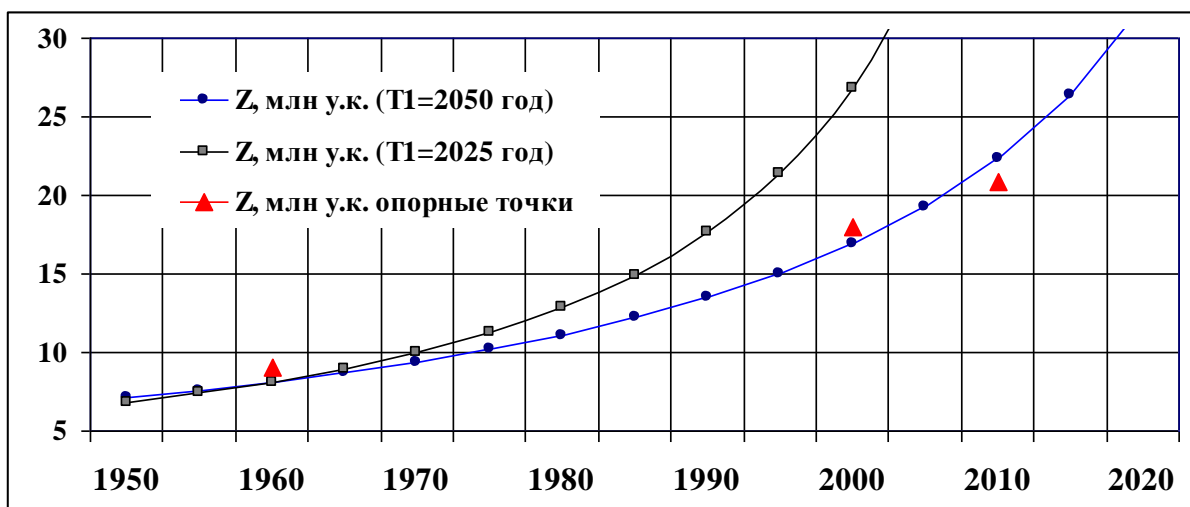


Рис 5.6. Сравнение аппроксимационных формул (5.1) и (5.4)

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).

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.

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. (T-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%

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.

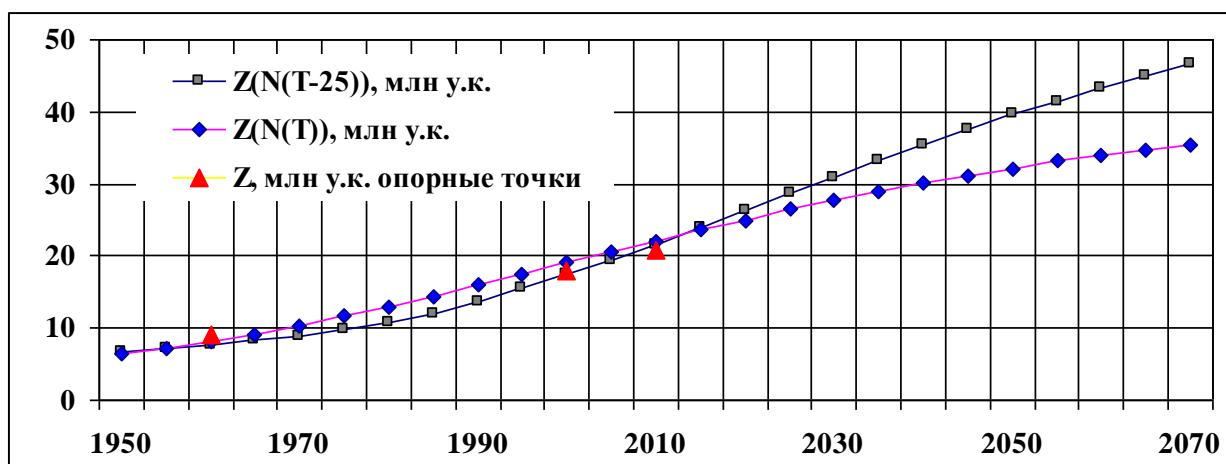


Рис 5.7. Сравнение аппроксимационных формул (5.2) и (5.5)

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 $\Delta P(T)$.

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.

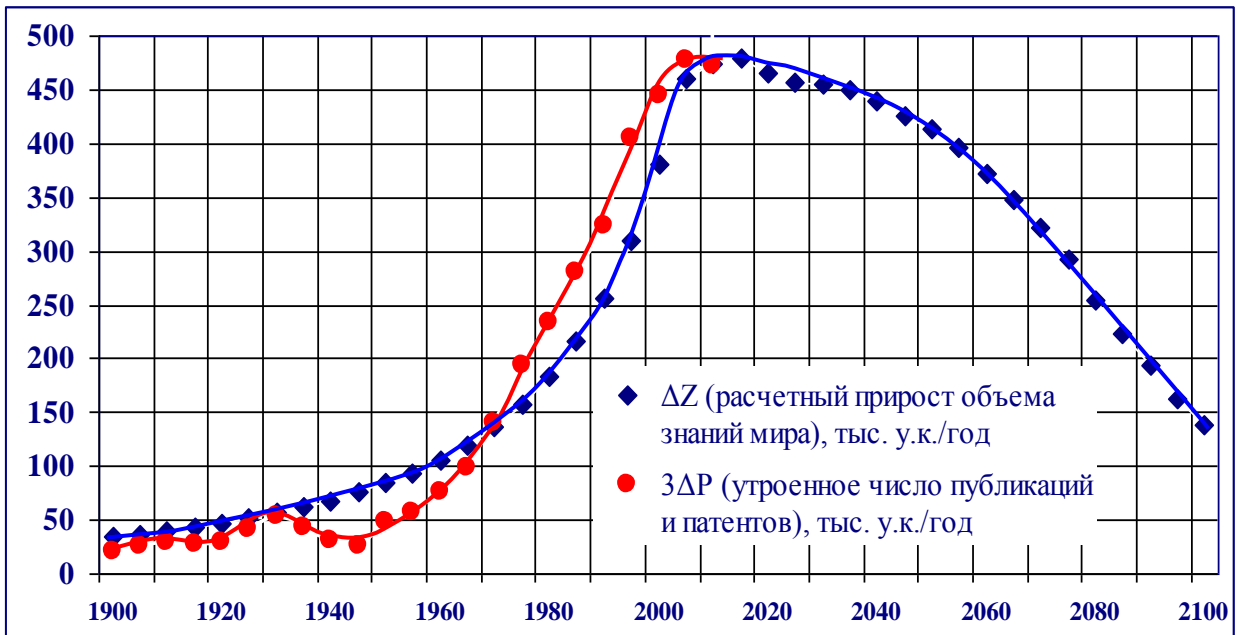


Рис. 5.8. Сравнение расчетного прироста знания с числом публикаций

При этом в 2010 году было зафиксировано 1 050 тысяч публикаций Scopus (в том числе выдано резидентам 550 тыс. патентов¹³⁶), что соответствует приросту публикаций $\Delta P = 158$ тыс. у.к., или 1/3 от прироста знания ΔZ . 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-страниц¹³⁷.

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.

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^{138, 139}. Соответствующие данные, полученные с использованием выражений (1.1), (5.1), (5.2), приведены в табл. 5.6.

¹³⁶ Реферативная база данных Scopus.

¹³⁷ Scopus. Content Coverage Guide, 2013.

http://cdn.elsevier.com/assets/pdf_file/0019/148402/contentcoverageguide-jan-2013.pdf

¹³⁸ Орехов В.Д. Знания в системе развития общества//Бизнес-образование, РАБО. – 2010. – №28 – С. 78.

¹³⁹ Орехов В.Д. О парной взаимосвязи длинных волн: Тр. XV междунар. научн.-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». – М., 2013. – С. 165.

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	Предфеодалная	0,10	0,11	1,54	1,41
630	Феодалная	0,14	0,18	1,54	1,41
1038	Предремесленная	0,20	0,27	1,54	1,41
1325	Ремесленная	0,29	0,42	1,54	1,41
1530	Возрождение	0,40	0,64	1,54	1,41
1674	Классическая наука	0,57	1,0	1,54	1,41
1776	Первая промышленная	0,80	1,5	1,54	1,41
1848	Вторая промышленная	1,13	2,3	1,53	1,41
1899	Предвестник НТР	1,59	3,6	1,53	1,40
1935	Научно-техническая	2,22	5,4	1,52	1,40
1961	Предкибернетическая	3,13	8,3	1,53	1,41
1979	Кибернетическая	4,38	12,7	1,53	1,40
2005	Предбиотехнологическая	6,45	20,6	1,62	1,47
2038	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.

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.

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
1342	Ремесленная	0,29	0,62	1,47	1,38	1330
1531	Возрождение	0,40	0,91	1,47	1,38	1500
1668	Классическая наука	0,56	1,33	1,47	1,38	1670
1770	Первая промышленная	0,78	1,96	1,47	1,40	1770
1844	Вторая промышленная	1,10	2,88	1,47	1,41	1845
1899	Предвестник НТР	1,59	4,25	1,47	1,44	1890
1939	Научно-техническая	2,33	6,24	1,47	1,47	1940
1968	Предкибернетическая	3,54	9,19	1,47	1,52	1980
1990	Кибернетическая	5,25	13,5	1,47	1,48	
2006	Предбиотехнологическая	6,53	19,8	1,47	1,24	2010
2026	Биотехнологическая	7,97	29,2	1,47	1,22	2038
2059	Предвестник революции знания	9,80	42,9	1,47	1,23	

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 опасения 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 тех-

нологий 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 причину¹⁴⁰, 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 инноваторов и предпринимателей, поскольку при меньших объемах переключение стереотипов мышления будет происходить у относительно малой части предпринимателей.

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

¹⁴⁰ Мировой экономический кризис (с 2008 года). – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

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.

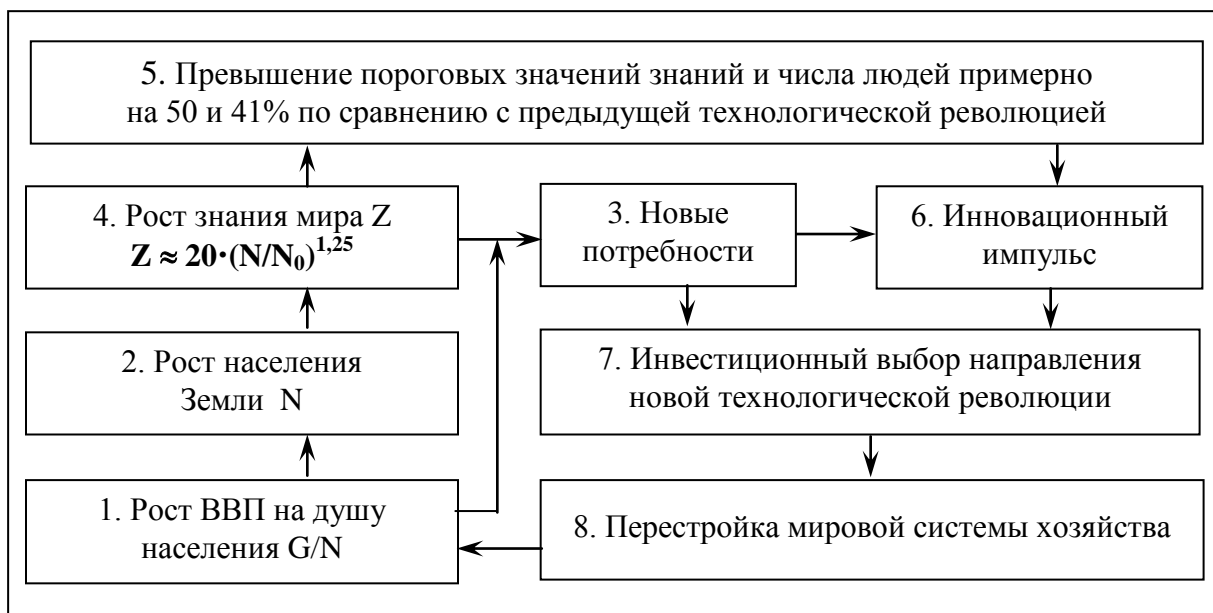


Рис. 5.9. Модель циклического развития человечества «волны знания»

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 примерно в 25 лет.

3. Рост ВВП на душу населения и знания приводит к возникновению новых актуальных потребностей человечества, однако бизнес не готов их удовлетворить.
4. Рост знания в определенный момент приводит к превышению порогового значения, характерного для начала технологических революций.
5. Превышение порогового значения в совокупности с качественно новыми потребностями людей и ростом спроса приводит к инновационному импульсу.
6. Инновационный импульс инициирует инвестиционный выбор направления новой технологической революции.
7. Массовые инвестиции в выбранное направление развития приводят к перестройке экономики, производства, законодательства, образования и всей системы мирового хозяйства.
8. Перестройка мирового хозяйства дает новый импульс росту ВВП.

В 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.

Глава 6. Начало развития человечества с точки зрения знания

Выявленные выше закономерности развития знания дают нам возможность более детально проанализировать некоторые моменты развития человечества в далеком прошлом. Конечно, результатам такого анализа сложно претендовать более чем на роль аргументированных гипотез, которые следует проверять с использованием других источников фактов, однако гипотезы – это очень важный инструмент познания и никакое продвижение в науке без них не происходит.

Тем не менее полученный в главе 5 предварительный результат о том, что на гиперболической стадии объем знаний человечества растет в степени, которая на 0,25 больше, чем скорость роста числа людей ($Z \approx Z_0 \cdot (N/N_0)^{1,25}$), дает основание отнести это увеличение к росту скорости мыслительных способностей человека.

Вместе с тем мы отсчитываем начало этого роста от условного времени начала развития человечества и вводим условную величину начального объема знаний человечества в момент его зарождения $Z_0 = 20$ у.к. Тем самым мы уже коснулись вопроса возникновения мышления и должны несколько детальнее определить свою позицию по данной важнейшей теме.

Отметим, что для анализа роста знания фактически мы использовали некоторую модель развития «разума и мышления», суть которой можно сформулировать так: *нет принципиальных отличий в разуме человека и его человекообразного предка в момент начала роста знания. Развитие мыслительных способностей человека в течение последних полутора миллионов лет происходило в основном путем количественного наращивания способностей.*

Следует отметить, что это достаточно общепризнанная модель и ее происхождение восходит к Чарльзу Дарвину, который в 1871 году в своей книге «Происхождение человека...»¹⁴¹ доказывал, что различие между разумом человека и животных имеет количественный, а не качественный характер.

Вместе с тем существуют и другие точки зрения. Так, Марк Хаузер утверждает¹⁴², что «наш интеллект отделен от интеллекта других животных огромной пропастью» и «происхождение наших когнитивных способностей в эволюции остается непонятным». Основными отличиями человека от животных являются:

1. Способность создавать практически бесконечный спектр различного рода высказываний путем комбинации слов, нот, действий или символов.
2. Умение комбинировать разнородные понятия.
3. Использование мысленных символов.
4. Способности к абстрактному мышлению.

6.1. Базовые структуры и функции человеческого мозга

Для того чтобы рассмотреть более детально этапы развития знания, необходимо уточнить используемые термины. Нередко такие слова, как сознание, разум, мышление и другие используются как синонимы, без конкретизации их сущности. Определимся

¹⁴¹ Дарвин Ч. Происхождение человека и половой подбор. – М., 2010.

¹⁴² Хаузер М. Д. Возникновение разума//В мире науки. – 2009. – №11. (Hauser M. D. Life Science links. Scientific American). <http://sciam.ru/journal/catalog/11-2009>

с ними более точно. При этом следует отметить, что у специалистов различных наук есть значительно различающиеся взгляды на данный вопрос. Мы здесь будем ориентироваться в основном на классификацию, представленную и аргументированную в обзорной работе по нейрофизиологии А.Г. Невзорова¹⁴³, но не только на нее.

«Мозг – центральный отдел нервной системы животных, обычно расположенный в головном отделе тела и представляющий собой компактное скопление нервных клеток и их отростков... У позвоночных животных (в том числе и у человека) различают головной мозг, размещенный в полости черепа, и спинной, находящийся в позвоночном канале»¹⁴⁴. Структура головного мозга человека показана на рис. 6.1¹⁴⁵, а основные разделы его коры на рис. 6.2.

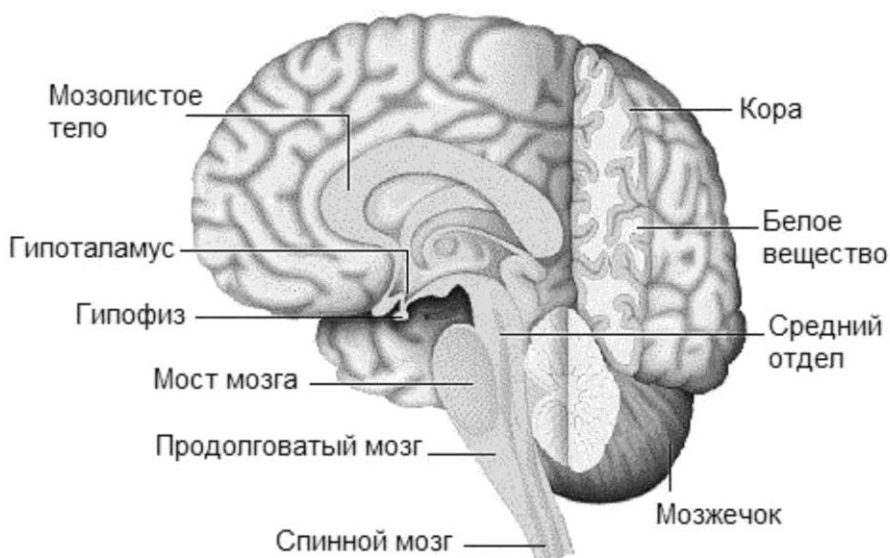


Рис. 6.1. Разрез головного мозга человека

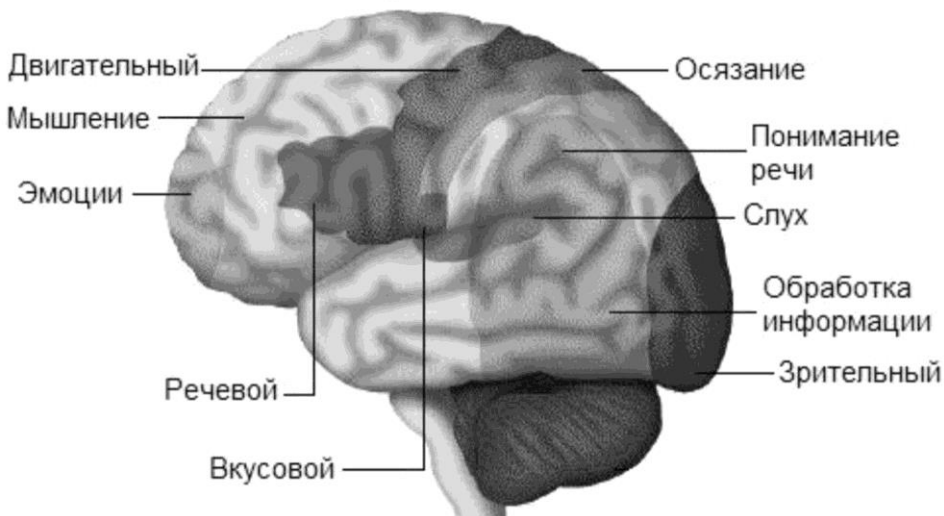


Рис. 6.2. Разделы коры головного мозга человека

¹⁴³ Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта. Опыт обобщения данных классической нейрофизиологии. – М., 2013. – С. 541.

¹⁴⁴ Мозг. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%9E%D0%97%D0%9E3>

¹⁴⁵ Головной мозг. – Веб-сайт: Наука, техника, технологии, 2015. <http://hi-intel.ru/403/12.html#L90>

Головной мозг управляет всеми жизненно важными процессами, происходящими в организме человека. Благодаря его работе человек может мыслить, чувствовать, слышать, видеть, осязать, двигаться¹⁴⁶.

Масса мозга нормальных людей колеблется от 1020 до 1970 граммов¹⁴⁷ (в среднем около 1350 граммов). У людей с отклонениями в развитии, которые обладали полноценным интеллектом, наблюдались примеры с объемом мозга от 350 до 650 см². Так, объем мозга Иоганна Швейцера (Гельвеция) составлял около 550 см²¹⁴⁸. Таким образом, прямой зависимости между массой мозга и умственными способностями человека нет. Вес головного мозга различных существ (в граммах) составляет¹⁴⁹: шимпанзе – 400, питекантроп – 900, слон – 5000, кашалот – 8000, неандерталец – 1500.

Мозг является биологическим органом, содержащимся в черепе человека и ответственным за основные процессы управления его телом и мышлением. Мозг содержит сложнейшую нейронную сеть, производящую и обрабатывающую огромное количество взаимосвязанных электрохимических импульсов. Внутренний мир человека, в том числе его разум, является продуктом работы мозга¹⁵⁰.

«Нейроанатомические, нейрофизиологические и нейроморфологические данные однозначно свидетельствуют о том, что никакого особого "человеческого отдела" как анатомической структуры в мозгу homo не существует, как нет у человеческого мозга и никаких уникальных физиологических свойств. Это хорошо развитый, эволюционно оформленный под крупное прямоходящее существо мозг млекопитающего. У него нет никаких особых "клеток разума", есть тот же самый набор из 56 видов нейронов, которые есть и у крысы, и у кролика, и у слона»¹⁵¹.

По мнению известного ученого в области неврологии Джеффа Хокинса, не существует теории, позволяющей детально разобраться, в чем заключается и как осуществляется работа мозга¹⁵².

Нейрон (*neuron*, греч.). Нейрон – это нервная клетка, основная структурная и функциональная единица мозга и нервной системы. Нейрон способен принимать сигналы, перерабатывать их в нервные импульсы и проводить к нервным окончаниям, контактирующим с другими нейронами или органами. Схема одного из характерных типов нейронов приведена на рис. 6.3¹⁵³.

Нейрон «состоит из тела клетки, или сомы, и двух типов внешних древоподобных ветвей: *аксона* ("передатчика") и *дендритов* ("приемников"). Тело клетки включает в себя ядро, которое содержит информацию о наследственных свойствах, и плазму, обладающую молекулярными средствами для производства необходимых нейрону материалов. Нейрон получает сигналы от других нейронов через дендриты и передает сигналы, сгенерированные телом клетки, вдоль аксона, который в конце разветвляется

¹⁴⁶ Строение головного мозга, значение и функции головного мозга. – БМЭ. <http://doktorland.ru/razvitie-37.html>

¹⁴⁷ Головной мозг человека. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

¹⁴⁸ Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 80, 86.

¹⁴⁹ Головной мозг. Раздел «Интересные факты». – Википедия, 2015.

¹⁵⁰ Мозг. – Википедия, 2015.

¹⁵¹ Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 60.

¹⁵² Хокинс Дж., Блейкли С. Об интеллекте. – М. – СПб. – Киев, 2007. – С. 20. http://www.archism.narod.ru/lib/bleikslj_sandra_ob_intellekte.pdf

¹⁵³ Физиология нервной системы. Спинной мозг. <http://medvuz.com/noz/53.php>

на волокна. На окончаниях этих волокон находятся *синапсы*, ...служащие для передачи и преобразования сигналов»¹⁵⁴.

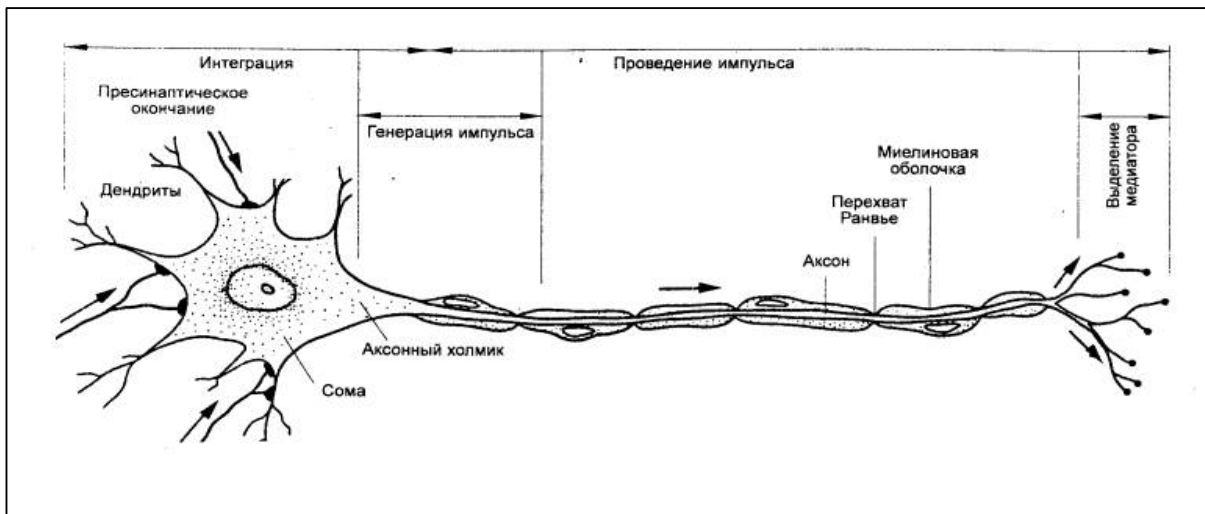


Рис. 6.3. Схема нейрона

В мозге человека находится, согласно различным источникам, от 10 до 100 млрд нейронов, каждый из которых имеет порядка 10 000 синапсов. Соединенные иерархическим образом нейроны формируют «нейронные сети», которые осуществляют переработку информации, поступающей в мозг из внешней среды и из самого организма, прогнозируют дальнейший ход событий и выработку решений по действиям в агрессивном окружении. Рассмотрим более детально, какие основные комплексы задач по обработке информации (сознание, разум, интеллект и т.д.) решают нейронные сети мозга.

Сознание (*sensus*, латин.). Так, «в философии сознание рассматривается как способность соотноситься, сознавать предмет (Гегель). При этом под "сознанием" понимается... фундаментальный способ, каким человек соотносен со своим предметом и миром вообще»¹⁵⁵.

Нейрофизиолог Наталья Бехтерева считает¹⁵⁶: Насчет сознания есть много формулировок, одна другой хуже. Годится и такая: «Осознание себя в окружающем мире... Сознание – феномен мозга, хотя и очень зависимый от состояния тела. Вы можете лишить человека сознания, пережав ему двумя пальцами шейную артерию».

Известный психоневропатолог Карл Вернике в своем программном труде «Основы психиатрии» утверждал: «Сознание нашего телесного существования целиком подчинено целостности органических ощущений, передающихся каждый момент с любой части нашего тела – коре»¹⁵⁷.

В обзорной работе по нейрофизиологии А.Г. Невзорова¹⁵⁸ утверждается, что сознание любого живого существа это «сумма всех его физиологических ощущений, выстраивающая для него реальную картину мира... Именно сознание является фундамен-

¹⁵⁴ Хокинс Дж., Блейкли С. Об интеллекте. – М. – СПб. – Киев, 2007. – С. 27.

¹⁵⁵ Сознание. Раздел: «Философские теории сознания». – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

¹⁵⁶ Бехтерева Н.П. Как поймать озарение. – 2015. <http://www.metodolog.ru/01426/01426.html>

¹⁵⁷ Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 236.

¹⁵⁸ Там же. С. 236, 238, 248.

ным, базовым явлением, на котором отчасти строится разум, а при создании особых условий – мышление и интеллект... И нейрофизиология и палеонтология не оставляют никаких сомнений... никакой принципиальной разницы меж сознанием homo (в его естественном состоянии) и других животных не существует».

Самосознание. Следующей по сложности важной функцией мозга человека является самосознание (близко по смыслу к понятию «личность»). «В философии самосознание есть сознание сознанием самого себя, рефлексия сознания относительно себя. Самосознание одновременно понимается и как акт (деятельность) рефлексии сознанием себя и как результат этой рефлексии – знание себя. Самосознание является условием того, что сознание сохраняет себя во времени – удерживает себя как одно и то же сознание»¹⁵⁹.

Основными проявлениями самосознания являются отношение к своему организму как к безусловной собственности и адекватное поведение во внешней среде. Это свойство, если не привносить в него избыточные функции, также присуще всем живым существам, оно появилось у них примерно 500 млн лет назад. Есть основания полагать, что такие базовые функции мозга, как сознание, самосознание, личность генерируются в стволе головного мозга¹⁶⁰, т.е. в его древней формации.

Разум (*ratio*, латин.). В обыденном представлении разумным является существо, воспринимающее, обучающееся, обладающее желаниями и эмоциями, делающее свободный выбор и демонстрирующее целесообразное поведение¹⁶¹. Разум нацелен на выживание, в отличие от мышления, нацеленного на познание. Разумные действия – это такие действия, которые соответствуют реальной ситуации со всеми ее нюансами. Разумно ведет себя большинство развитых животных, и их поведение свидетельствует о высоком уровне этих способностей. В отличие от разума процесс мышления – это рассуждение, обдумывание с использованием «внутреннего языка».

Вероятностное прогнозирование ситуации в окружающей среде и собственного поведения в соответствии с этими условиями является обязательным условием выживания живых организмов, и именно такую функцию обеспечивает разум. «Говоря о работе "примитивного" врожденного разума, обеспечивающего элементарное выживание, мы говорим об обязательном "узнавании" и четкой дифференциации примерно тысячи предметных позиций, о нескольких тысячах связей между ними и о сложно поддающихся подсчету количестве различных "понятных" явлений»¹⁶².

Таким образом, у каждого живого существа в процессе взросления и обучения старшими деятельность разума приводит к выработке некоторой внутренней системы идентификации существенных объектов (образов) и явлений, основанной на практике. К тому же это достаточно сложная система, которая для развитых животных содержит несколько тысяч понятий.

Однако в отличие от языка эти понятия не имеют стандартизованных, нормированных вне самого существа значений, поскольку они вырабатываются индивидуально у каждого субъекта в процессе обучения на практике и имеют только ориентировочное значение. Существенно также, что смысл таких нормированных значений невозможно передать, если нет понятного языка.

¹⁵⁹ Самосознание. – Википедия, 2015.

¹⁶⁰ Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 280, 323, 377.

¹⁶¹ Разум. – Энцикл. Кольера, 2015. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/4832/

¹⁶² Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 313.

6.2. Язык и внутренняя речь

Важнейшими функциями человеческого мозга, которые делают его мыслящим существом, являются язык и внутренняя речь.

Язык – это система обозначения элементов, явлений и событий мира, окружающего человека, его мыслей и чувств, обладающая определенным звуковым (знаковым, жестовым), лексическим и синтаксическим строем и служащая средством общения в человеческом обществе. Язык позволяет обозначить многообразие мира, придав каждой его детали, особенности или явлению звуковое символическое обозначение¹⁶³.

Следует отметить, что *речевой аппарат* человека не обладает особой уникальностью – существует масса животных, которые имеют значительно более специализированный и удачный речевой аппарат. Основной центр речи в мозгу человека называется «зона Брока», и расположен он в задней части нижней лобной извилины¹⁶⁴ (см. рис. 6.2). Уникальных отличий этой зоны у человека и других животных не обнаружено.

Центр *понимания* речи, ответственный за анализ продолжительных, последовательных сложноинтонированных звуков, называется «центр Вернике», он расположен в задней трети верхней височной извилины¹⁶⁵ (см. рис. 6.2). Эта структура мозга возникла более двух миллионов лет назад. Центры такого типа есть у ряда живых существ. Таким образом, и органы слуха и органы речи человека не являются уникальными образованиями и существовали у человекообразных задолго до появления *homo sapiens*.

Простые системы звуковых сигналов есть у многих живых существ. Так, обезьяны способны усваивать до нескольких десятков «слов-жестов»¹⁶⁶. Однако только у человека эта система стала всеобъемлющей и послужила основой для возникновения мышления. Поскольку язык является одним из ключевых факторов зарождения мышления, очень важно понять историю его происхождения.

Прямой функцией языка является *коммуникация* между людьми. Это очень сложная функция¹⁶⁷, поскольку требуется с использованием ограниченного набора символов передавать сложнейшие, если вдуматься, комплексные понятия о видах деятельности, имеющих место в жизни. Для обеспечения правильного понимания передаваемых значений используется комплекс средств коммуникации. В частности, речь дополняется средствами интонации, мимики и жестов, причем считается, что информационное содержание этих «дополнительных» компонент не менее объемное, чем собственно языка.

Еще более мощным средством, обеспечивающим сжатие информации при общении, является использование системы «стереотипов». Этот метод базируется на том, что в сообщении передается не вся информация о некотором событии, а лишь «сценарий» данного события из числа наиболее возможных (стереотип), а также некоторые отличительные черты передаваемого сценария¹⁶⁸. Предполагается, что и говорящий и слушающий примерно одинаково понимают варианты сценариев, возможные в данных обстоятельствах. В нестандартных ситуациях это приводит к сбоям коммуникации.

¹⁶³ Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. С. 210.

¹⁶⁴ Там же. С. 152.

¹⁶⁵ Там же. С. 163.

¹⁶⁶ Якушин Б.В. Гипотезы о происхождении языка. – М., 1984. – 136 с.

<http://oleshkov.info-tag.ru/doc/344.doc>

¹⁶⁷ Орехов В.Д. Маркетинг. Курс «Предприимчивый менеджер». – Кн. 3. – М., 2005. – С. 180. (электрон. учеб. курс: «Маркетинг в малом и среднем бизнесе» www.businesslearning.ru).

¹⁶⁸ Норман Д. Семантические сети: В сб. «Психология памяти». – М., 1998. – С. 360.

Для повышения ее безошибочности совместно с использованием стереотипов применяется принцип интерактивности. При этом второй из участников коммуникации может уточнить те моменты сообщения, которые вызывают его вопросы.

Отметим, что понимание различных слов языка людьми далеко не абсолютно точное. К тому же не все люди знают все слова языка, все их значения и все особенности их применения. Это отражает сложность самого явления коммуникации с помощью языка. Тем не менее наличие внешнего «стандарта» языка, поддерживаемого социумом, письменностью или СМИ, позволяет существовать языку на уровне, обеспечивающем взаимопонимание в рамках языковой группы.

Считается, что письменное сообщение обеспечивает правильное понимание только 14% передаваемой информации. С помощью личного общения и интерактивности точность понимания увеличивается примерно до 60%¹⁶⁹. Еще большая точность понимания передаваемого достигается при сочетании различных каналов коммуникации. Несмотря на относительно низкую точность передачи информации с помощью символического языка, набор понятий, используемых для коммуникации, послужил человеку и в качестве основы для формирования внутренней речи.

В настоящее время существует более 7 тыс. языков. «Методами сравнительно-исторического языкознания удаётся углубиться в историю языковых семей не более чем на 10 тыс. лет (т.е. до эпохи неолитической/аграрной революции). История языковых макросемей требует дальнейшего движения вглубь. Так, если существование индоевропейского языкового единства условно датируется 5 тыс. лет до н.э., то существование таких, например, макросемей, как ностратическая (или бореальная) макросемья или гипотетическая макросемья, в которую пытаются объединить языки северокавказские (абхазско-адыгские и нахско-дагестанские), енисейские, сино-тибетские в Старом Свете и языки на-дене в Новом Свете, относят к периоду, лежащему между 10 и 20 тыс. лет до н.э.»¹⁷⁰

Устоявшейся классификации языков в настоящее время нет, и разные авторы по-разному соединяют их в группы. Приближенная картина такова: происхождение «евразийской»¹⁷¹ группы языков относится примерно к 13–15 тысячелетию до н. э. Эта группа делится около 9-го тысячелетия до н.э. на «ностратическую», «синокавказскую», «шумерскую» «афразийскую» и др. Праязык, из которого произошла «евразийская» группа языков, называют «туритом», или «протбашенным» (до Вавилонской башни), и возник он примерно 20 тыс. лет назад. Однако некоторые авторы относят возникновение языка к 80 – 160 тысячелетию до н.э.

До сих пор не установлено, что послужило стимулом развития языка у человека. Совместная охота? Многие стайные животные занимаются совместной охотой и вполне обходятся без языка¹⁷² – для этого достаточно разума. Не подтверждается однозначно и «трудовая гипотеза»¹⁷³. В частности, отметим, что на протяжении более миллиона лет предки человека изготавливали в основном ограниченный набор простейших орудий типа расколотых камней, что не выходит за рамки способностей развитых животных. И эта их деятельность не приводила к возникновению языка. Однако можно достоверно

¹⁶⁹ Блэк С. Паблик Рилейшнз. Что это такое? – М., 1990.

¹⁷⁰ Золин П.М. Протоязык// Русс. энцикл. <http://www.russika.ru/t.php?t=1849>

¹⁷¹ <http://gallery.ykt.ru/galleries/old/history/332697.jpg>

¹⁷² Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 98.

¹⁷³ Там же. С. 217.

утверждать, что язык мог возникнуть только как способ коммуникации между пралюдьми.

Достаточно детальный анализ различных гипотез возникновения языка приведен в работе Б.В. Якушина. Он отмечает, что, согласно звукоподражательной теории Лебница и Де Бросса, которая была популярна в начале XVIII века: «Слова образовались благодаря стихийному, инстинктивному подражанию их звучаний тем впечатлениям, которые производили на первых людей окружающие их вещи и животные». «Дикарь ружье называет "пу", а птицу – "ку-ку". Междометия - суть первые слова»¹⁷⁴.

Э. Кондильяк¹⁷⁵ считал, что источником речи являются идеи, которые бывают «чувственными» и «абстрактными». Последние являются результатом суммирования и упорядочения первых. «Идеи чувственные образуют практическое знание, а абстрактные – теоретическое. Первое бессознательно и возникает вне языка. Второе невозможно без него. Слова, будучи знаками идей, являются орудием теоретического знания, с помощью их происходит классификация и упорядочение чувственных идей»¹⁷⁶.

А.Г. Козинцев утверждает¹⁷⁷: «Не мозг долгим эволюционным путем создавал язык, а язык, нарушив эволюционную постепенность, создал человеческий мозг. Началом начал было употребление орудий, затем возникла потребность в символизации, и лишь в ответ на эту потребность перестроился мозг... Специалисты по детской психологии показали, что три способности развиваются в онтогенезе рука об руку: общение, манипулирование предметами и подражание. Соединяясь, они дают символизацию. Все три качества прекрасно развиты у высших обезьян, а потому едва ли в филогенезе дело обстоит иначе».

Различные теории возникновения речи по-разному трактуют ведущую роль различных элементов речи. Так, Джеккендофф¹⁷⁸ считает, что «именно значение (а не синтаксические структуры) должно было быть первым генеративным компонентом, вызвавшим возникновение и дальнейшее развитие языка. Первая стадия была, скорее всего, выражена символическим использованием простейших вокализаций (или жестов), без какой-либо грамматической организации. На этой стадии, конечно, нет синтаксиса, но это уже палеолексикон, отражающий концепты-примитивы. Далее начинает появляться первичный синтаксис, дающий возможность дифференцировать, например, объект и субъект, маркируя это очередностью следования компонентов сообщения. И только потом, по мере усложнения выражаемой семантики и конвенциональных правил соотношения ее с фонологией, возникают синтаксические структуры»¹⁷⁹.

Внутренняя речь – следующий шаг на пути к мышлению. Собственно это и есть умение мыслить, т.е. оперировать «про себя» словами, обозначающими весь внешний и внутренний мир человека. Впервые гипотезу мышления как внутренней речи выска-

¹⁷⁴ Цит. по: Якушин Б.В. Гипотезы о происхождении языка. – М., 1984. – С. 21.

¹⁷⁵ Кондильяк Э.Б. Опыт о происхождении человеческих знаний //Философское наследие, Т. 81 – М., 1980.

¹⁷⁶ Цит. по Якушин Б.В. Гипотезы о происхождении языка. – М., 1984. – С. 30.

¹⁷⁷ Козинцев А.Г. Происхождение языка: новые факты и теории.

http://krotov.info/lib_sec/11_k/koz/inzev_03.htm

¹⁷⁸ Jackendoff, R. Foundations of language: Brain, meaning, grammar, evolution. New York: Oxford University Press, 2002.

¹⁷⁹ Цит. по: Черниговская Т.В. От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека: эволюция или революция? //Росс. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. – 2008. – 94, 9. – С.9.

<http://www.genlingnw.ru/Staff/Chernigo/publicat/Phys.pdf>

зал в 1869 году английский нейрофизиолог Г.Ч. Бастиан. Детально разработали эту теорию советские нейропсихологи Лев Выготский и Александр Лурия. Вот как характеризует внутреннюю (предикативную) речь А.Р. Лурия в своей работе «Язык и сознание»¹⁸⁰: «Внутренняя речь не является просто речью про себя... В подобном случае она протекала бы с той же скоростью, что и внешняя. Однако известно, что интеллектуальный акт принятия решения происходит довольно быстро, иногда за *десятые доли секунды*... Следовательно, внутренняя речь, выполняющая регулирующую и планирующую роль, имеет иное, чем внешняя, сокращенное строение».

Отмечая важное влияние фонетического языка на формирование *внутренней речи* у предков человека, нельзя отрицать наличия у него к этому времени внутренней, порожденной *разумом*, системы идентификации объектов реальности и прогнозирования их поведения. Природа, как правило, не создает новые необходимые ей системы, а адаптирует к нужным задачам то, что есть «под рукой». Поэтому сложно сомневаться, что эти две системы слились в одну, которая собственно и стала внутренней речью.

Конечно, если бы с помощью символического языка можно было бы адекватно описывать все многообразие реального мира и поведение его агентов, то в необходимости наличия двух источников формирования языка можно было бы усомниться. Но, как показано выше, символический язык не в состоянии обеспечить безошибочно даже основную свою функцию – коммуникативную. Ему необходим целый ряд дополнительных инструментов передачи информации: интонации, мимика, жесты, стереотипы, интерактивность, которые не могут быть использованы во внутренней речи (кроме стереотипов и, возможно, эмоциональной компоненты – доминанты). Ясно, что такой ущербный «помощник» мог бы и ухудшить функцию прогнозирования, выполняемую разумом. Поэтому, видимо, внутренний язык формировался на базе двух источников, причем важнейшая роль языка связана с нормированием понятий и поддержкой им обучения этим понятиям всего социума.

Упомянутая выше гипотеза Этьена Кондильяка о чувственных и абстрактных идеях как об источниках практического и абстрактного знания¹⁸¹ достаточно близка к данной логике двух источников, хотя апеллирование к идеям, в отсутствие языка, несколько не точно.

«Обычно во внутренней речи мысль выражается очень обобщенно в виде семантических комплексов, состоящих из фрагментов слов и фраз, к которым могут присоединяться различные *наглядные образы* и условные знаки, превращающие внутреннюю речь в индивидуальный код, отличный от устной и письменной речи. Однако в момент мыслительных затруднений внутренняя речь становится более развернутой, приближающейся к внутренним монологам»¹⁸².

Несложно заметить, что во внутренней речи человека присутствуют два достаточно хорошо различимых типа мышления. При одном из них решения принимаются практически мгновенно, когда требуется действовать или когда уже известен четкий алгоритм деятельности (навык). Иногда, конечно, это не оптимальные решения, в них не учитываются все влияющие факторы. При таком типе мышления различить применение языка можно лишь фрагментарно.

¹⁸⁰ Цит. по: Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. С. 225.

¹⁸¹ Кондильяк Э.Б. Опыт о происхождении человеческих знаний // Философское наследие, Т. 81 – М., 1980.

¹⁸² Выготский Л.С. Мышление и речь // Соб. соч. в 6 тт. – Т. 2. – М., 1982.

При втором типе мышления (языковом) происходит относительно медленное, хотя и быстрее, чем в темпе разговора, размышление с помощью абстрактных слов, символов, цифр и т.д. Здесь основной преградой мышлению выступает очень ограниченный объем оперативной памяти человеческого мозга, который содержит 7 ± 2 блока информации¹⁸³. Поэтому, размышляя «в уме», мы нередко замечаем, что мы «ходим по кругу». Тем не менее иногда «в уме» удается решить весьма сложные задачи. В качестве примера можно привести игру в шахматы «в уме», которую могут вести гроссмейстеры.

Следует учитывать, что основной поток информации человек получает по визуальному каналу. Именно с ним, в основном, связано сознание человека, и получаемую по нему информацию мозг может обрабатывать очень быстро. Планирование разумом передвижения человека в окружающей среде, а также управление движением рук и т.д. тоже имеют в основном визуальную основу. Память наряду с ассоциативным механизмом содержит относительно полную запись событий визуального типа. Вспомнить детали какого-либо события можно, вспомнив близкую к этому событию реперную точку времени и «прокрутив» ход действий до нужного момента.

Эти рассуждения свидетельствуют о том, что внутренняя система идентификации объектов и событий, возникающая в рамках разума, имеет визуальную природу и базируется на узнавании образов объектов природы и прогнозировании их передвижения. И эта система визуального типа стала одной из основ внутренней речи. Вторая часть внутренней речи, возникшая в более позднее время, базируется на языковом, абстрактном канале.

Известно, что разные люди предпочитают или абстрактное или образное мышление, восходящее к двум рассмотренным выше источникам внутренней речи. Существует теория, согласно которой¹⁸⁴ у части людей ведущим является правое полушарие мозга, а у других – левое. «Способность к речи, анализу, детализированию, абстракции обеспечивается левым полушарием мозга. Оно работает последовательно, выстраивая цепочки, алгоритмы, оперируя с фактом, деталью, символом, знаком, отвечает за абстрактно-логический компонент в мышлении. Правое полушарие способно воспринимать информацию в целом, работать сразу по многим каналам и, в условиях недостатка информации, восстанавливать целое по его частям. С работой правого полушария принято соотносить творческие возможности, интуицию, этику, способность к адаптации. Правое полушарие обеспечивает восприятие реальности во всей полноте многообразия и сложности в целом со всеми его составными элементами»¹⁸⁵. Однако большинству людей не удастся гармонично сочетать эти разные типы мышления, что связано со случайным процессом формирования внутренней речи при обучении человека.

Еще один различимый фактор внутренней речи – случайное перескакивание с одной ветки мысли на другую. Мы не в состоянии долго удерживать логику одной мысли, особенно в языковом поле, и мозг сам предлагает нам другую. На этом свойстве основан известный способ графической фиксации мыслей «карты памяти» Т. Бузена¹⁸⁶. Случайный фактор достаточно сильно проявляется в других процессах мышления, та-

¹⁸³ Миллер А.. Магическое число семь плюс минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию: В сб. «Психология памяти». – М., 1998.

¹⁸⁴ Рэпп С., Коллинз Т.Л. Новый максимаркетинг. – Челябинск, 1997.

¹⁸⁵ Межполушарная асимметрия. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

¹⁸⁶ Бьюзен Т., Бьюзен Б. Супермышление = The Mind Map Book. – М., 2007. – С. 320.

ких как ассоциативная память и т.д., что дает пищу для размышления о причинах его действия.

6.3. Способности мозга: от разума к мышлению

Рассмотрим далее наиболее сложные функции человеческого мозга, которые делают его мыслящим существом.

«**Мышление** – высшая ступень человеческого познания, процесс отражения в мозге окружающего реального мира, основанный на двух принципиально различных психофизиологических механизмах: образования и непрерывного пополнения запаса понятий, представлений и вывода новых суждений и умозаключений. Мышление позволяет получить знание о таких объектах, свойствах и отношениях окружающего мира, которые не могут быть непосредственно восприняты при помощи первой сигнальной системы»¹⁸⁷. Там же можно увидеть еще одно определение: «высший этап обработки информации человеком, процесс установления связей между объектами или явлениями окружающего мира».

Мыслительные процессы направлены на решение некоторых задач или проблем, актуальных для человека. Мотивы, для начала акта мышления могут быть внешние (адаптивные) или внутренние (генеративные). Первой фазой процесса мышления является осознание проблемной ситуации, включая постановку целей, планирование мыслительной деятельности и формулировку гипотез. Мыслительный процесс, как правило, включает в себя такие этапы, как поиск информации о явлении, понимание взаимосвязи между факторами, генерация вариантов решения, отбор лучших вариантов, проверка адекватности найденного решения и, возможно, повторение всего этого пути, пока не будет найдено удовлетворительное решение. В ходе мыслительного процесса используются такие операции, как сравнение, анализ, синтез, абстракция, обобщение и др.¹⁸⁸

Мы также будем иметь в виду, что мышление в отличие от разума бывает только у существ, владеющих языком, запасом слов (нормативной системой), которые позволяют обозначать всевозможные явления действительности и порождения воображения, а также оперировать с ними как с абстрактными категориями. Навыки мышления (ум), безусловно, усиливают возможности разума, позволяют более точно прогнозировать и планировать свои действия.

Следует отметить, что в большинстве энциклопедических словарей и других источников функции разума, мышления, сознания или не различаются, или определяются друг через друга. Но поскольку именно при переходе от разума к мышлению собственно появляется то особое свойство, которое отделяет человека от других животных, мы будем использовать представленное выше различие этих терминов, не углубляясь дальше в детали.

Интеллект. Существует несколько подходов к трактовке этого понятия, например, интеллект – это глобальная способность действовать разумно, рационально мыслить и хорошо справляться с жизненными обстоятельствами¹⁸⁹. Согласно исследованиям Терстоуна, интеллект включает следующие основные способности: оперировать числами,

¹⁸⁷ Мышление (психология). – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

¹⁸⁸ Столяренко Л.Д. Основы психологии. М.: Феникс, 1997. <http://www.persev.ru/book/osnovy-psihologii>

¹⁸⁹ Там же.

использовать слова, понимать речь, ориентироваться в пространстве, помнить, уметь рассуждать и воспринимать сходства и различия.

Интеллект обычно реализуется при помощи других способностей, таких как умение познавать, обучаться, мыслить логически, анализировать и систематизировать информацию, определять её применимость, находить связи, закономерности и отличия, ассоциировать её с подобной и т.д. Многие исследователи считают, что уровень общей интеллектуальной активности человека постоянен во времени.

В качестве индикатора уровня интеллекта широко используется коэффициент интеллекта (IQ). За последние 64 года коэффициент IQ по результатам тестирования 200 000 жителей ЕС и США увеличился примерно на 20% (эффект Флинна)¹⁹⁰. Примерно у 16% людей интеллект заметно снижен (IQ < 84) и столько же имеют повышенный интеллект (IQ > 116).

Творческое мышление. У людей «среднего ума» интеллект и творческие способности обычно связаны друг с другом. При IQ > 120 корреляция между творческими и интеллектуальными способностями не обнаружена¹⁹¹. Творческая одаренность характеризуется несколькими параметрами: большим количеством новых идей, скоростью переключения на новые задачи, оригинальностью, любознательностью, способностью к постановке проблем и умению решать нестандартные проблемы, способностью к разработке гипотез. Для выявления творческих способностей разработан ряд тестов. Наличие творческих способностей очень важно для специалистов в области R&D.

По данным нейрофизиологии и гистологии мозга ни навыки мышления, ни интеллект не передаются, не закрепляются и не наследуются. Более того, интеллект в его сегодняшнем понимании, естественно, не является врожденным качеством¹⁹². «Необученный мозг необходим для мышления, но необученный мозг недостаточен для осуществления этих функций»¹⁹³. Каждый младенец требует значительных усилий по его обучению и умению пользоваться коллективным интеллектом людей.

Иллюстрацией данного утверждения является феномен низкого уровня интеллекта детей, выросших вне человеческого общества (Маугли). Всех их характеризовало незнание человеческого языка, животное поведение, незнание основ общественных отношений. Практически никогда усиленные попытки их обучения не давали серьезных положительных результатов, кроме случаев обнаружения их в раннем возрасте¹⁹⁴.

Если обратиться к аналогии с компьютером, то мышление и интеллект – это своего рода сверхсложный комплекс программ, который нужно сформировать в мозгу (аналог компьютера) методами обучения. В то же время сознание, самосознание и в определенной степени разум сразу заложены в мозг и могут обеспечивать жизнедеятельность ребенка тотчас после его рождения. Хотя, конечно, и они с возрастом развиваются.

Следует отметить, что несмотря на многочисленные попытки разработать теорию интеллекта, успешных результатов получено не было. Более того, «за последние 80 лет никаких новых теорий интеллекта не оформилось»¹⁹⁵.

¹⁹⁰ С каждым поколением люди становятся умнее – британские ученые. – 2015.

<http://orensmi.ru/news/s-kazhdym-pokoleniem-lyudi-stanovyatsya-umnee-britanskije-uchenye/>

¹⁹¹ Столяренко Л.Д. Основы психологии. М.: Феникс, 1997. <http://www.persev.ru/book/osnovy-psihologii>

¹⁹² Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 186.

¹⁹³ Harlow H. Harlow M. Learning to Think. Sci. Amer., 1949, vol. 181 (цит. по: Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта. Опыт обобщения данных классической нейрофизиологии. – М., 2013. – С. 301).

¹⁹⁴ Невзоров А.Г. Происхождение личности и интеллекта... – М., 2013. – С. 193.

¹⁹⁵ Там же. С. 186.

Подводя итог изложенному выше обзору основных функций (атрибутов) мозга и их наличия или отсутствия у разумных существ, сведем их в табл. 6.1. Отметим, что хотя наличие развитой руки или прямохождение не имеют непосредственного отношения к мозгу, но умение управлять ими и влияние их наличия на развитие мышления отмечается множеством авторов.

Таблица 6.1. Мозг и основные атрибуты разума и мышления

Мозг и атрибуты разума и мышления	Наличие у животных и людей
Мозг, сознание, самосознание	Есть у всех развитых животных
Разум и внутренняя система идентификации объектов и явлений	Есть у всех развитых животных (не нормирована)
Система коммуникации между существами с помощью звуков, мимики, жестов	Есть у многих развитых животных
Социализация, групповая охота и защита	Есть у ряда развитых животных
Использование орудий труда	Есть у некоторых животных
Рука, прямохождение, крупный мозг	Есть начиная с человекообразных
Навыки сложных работ, праязык	Начало перехода к мышлению
Нормированная внутренняя речь, коммуникации для обучению языку	Развитие внутренней речи и мышления
Мышление, интеллект, творчество	Есть только у человека

Таким образом, уже около двух миллионов лет назад предки человека имели:

1. Развитый и достаточно крупный мозг, обладающий разумом и потенциально способный осуществлять мыслительную деятельность.

2. Хорошо развитые руки и способность к прямохождению, которая освободила руки от функции передвижения и дала им возможность заниматься трудом и охотой.

3. Вполне удовлетворительные для речевой коммуникации речевой и слуховой аппараты, которыми управляли адекватные структуры мозга, а также социальные потребности в коммуникации.

Тем не менее еще длительное время речь и мышление у человека, видимо, не возникали. Достоверная археологическая информация о том, что человек стал мыслящим, относится к последним 40 тыс. лет истории. Однако не исключено, что это произошло значительно раньше. Так, в работе Черниговской Т.В.¹⁹⁶ отмечается: «Артефакты, найденные в пещерах Южной Африки на реке Klasies свидетельствуют о том, что по крайней мере 115 тыс. лет назад люди были способны мыслить символами и говорить¹⁹⁷». «Полностью сформированный синтаксический язык как необходимое условие обмена и передачи символической информации может косвенно быть датирован на основе сопоставления с абстрактными наскальными изображениями, датируемыми примерно 75 тыс. лет назад¹⁹⁸».

Как было отмечено выше, формирование языка не является одноэтапным процессом. Его происхождение «рассматривается как длительный процесс медленного и по-

¹⁹⁶ Цит. по: Черниговская Т.В. От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека: эволюция или революция? // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.– 2008. – С. 9.

¹⁹⁷ Wirz, S. Variability in the Middle Stone Age lithic sequence, 115 000 – 60 000 years ago at Klasies River, South Africa, *Journal of Archeological Science*. 29.2002. P. 1001–1015.

¹⁹⁸ Henshilwood, Chr., d'Errico, F., Vanhaeren, M., Nièkerk, K. van, Jacobs, Z. Middle Stone Age Shell Beads from South Africa, *Science*, 16 April, 2004, Vol. 304, No 5669. P. 404.

степенного овладения способностью к абстрагированию и обобщению, дифференциации сферы восприятий и представлений, увеличения их количества и сочетаний, превращения семантически аморфных первичных понятий в абстрактные понятия с константным содержанием, отрыва мыслительных актов от конкретного действия и превращения мышления в самостоятельную сферу психической деятельности»¹⁹⁹.

Таким образом, можно выделить следующие этапы развития языков:

1. Внутренняя система идентификации разумом объектов мира.
2. Язык образов, жестов, имитация природных звуков в дополнение к п. 1.
3. Язык с элементами синтаксиса, выделение объекта и субъекта.
4. Внутренняя речь как сочетание пп. 1–3 и их развитие.
5. Язык, включающий в себя абстрактные понятия (параллельно с п. 4).
6. Предъязык.
7. Развитый праязык «турит».
8. Евразийская группа языков.
9. Языки письменные.
10. Совершенствование языков.

Следует отметить, что тот тип мышления, который возник у наших предков, существенно отличался по своим принципам от современного, а особенно от того, который стал формироваться после научных революций. Так, в работе «Этюды из истории поведения»²⁰⁰ Л.С. Выготского и А.Р. Лурия отмечается: «Постоянное употребление логических механизмов, абстрактных понятий глубоко видоизменяет работу нашей памяти. Примитивная память одновременно и очень верна, и очень аффективна. Она сохраняет представления с огромной роскошью деталей и всегда в том же порядке, в каком они в действительности связаны друг с другом»²⁰¹.

Другая особенность мышления примитивных людей связана с тем, что у них, как и у детей, очень развита так называемая «эйдетическая» (образная, фотографическая) память, которая позволяет длительное время сохранять реально воспринимаемые образы или ощущения. Поэтому «способ восприятия, мышления и представления примитивного человека указывает на то, что он в своем развитии стоит чрезвычайно близко к эйдетической фазе»²⁰². Таким образом, быстрый рост объема мозга, используемого для разума и мышления, позволил предкам человека оперировать с большим количеством запоминаемой видеоинформации, но первоначально она весьма слабо анализировалась на основе обобщенных понятий.

Внешняя и внутренняя речь, совместно возникнув на первом этапе истории человеческого мышления, затем фактически развивались относительно независимо. Фонетические языки находили себе опору сначала в трудовой и социальной коммуникации, а затем в письменности. Внутренняя же речь, породившая феноменом мышления, развивается у каждого человека самостоятельно, «как получится». И хотя она нормируется внешним языком и поддерживается научением в социуме или письменными инструментами, но на целенаправленное выращивание реальных методов мышления и творче-

¹⁹⁹ Генинг В.Ф., Смирнов С.В., Захарук Ю.Л. и др. Проблемная ситуация в современной археологии. – Киев, 1988. – 288 с. <http://arheologija.ru/istoki-formirovaniya-problemnoy-situatsii-v-sovremennoy-arheologii-paleolita>

²⁰⁰ Выготский Л.С., Лурия А.Р. Этюды из истории поведения. – М., 1993.

²⁰¹ Выготский Л.С., Лурия А.Р. Память примитивного человека: В сб. «Психология памяти». – М., 1998. – С. 392.

²⁰² Там же. – С. 396.

ства современное образование влияет достаточно косвенно. Это связано с тем, что процесс мышления происходит в нейронных сетях мозга и контролировать его параметры очень сложно. А что мы не умеем измерять, тем не можем и управлять. К тому же спрос на творческих людей до последнего времени был достаточно ограниченный. В целом модель формирования языков и мышления можно представить так, как показано на рис. 6.4.

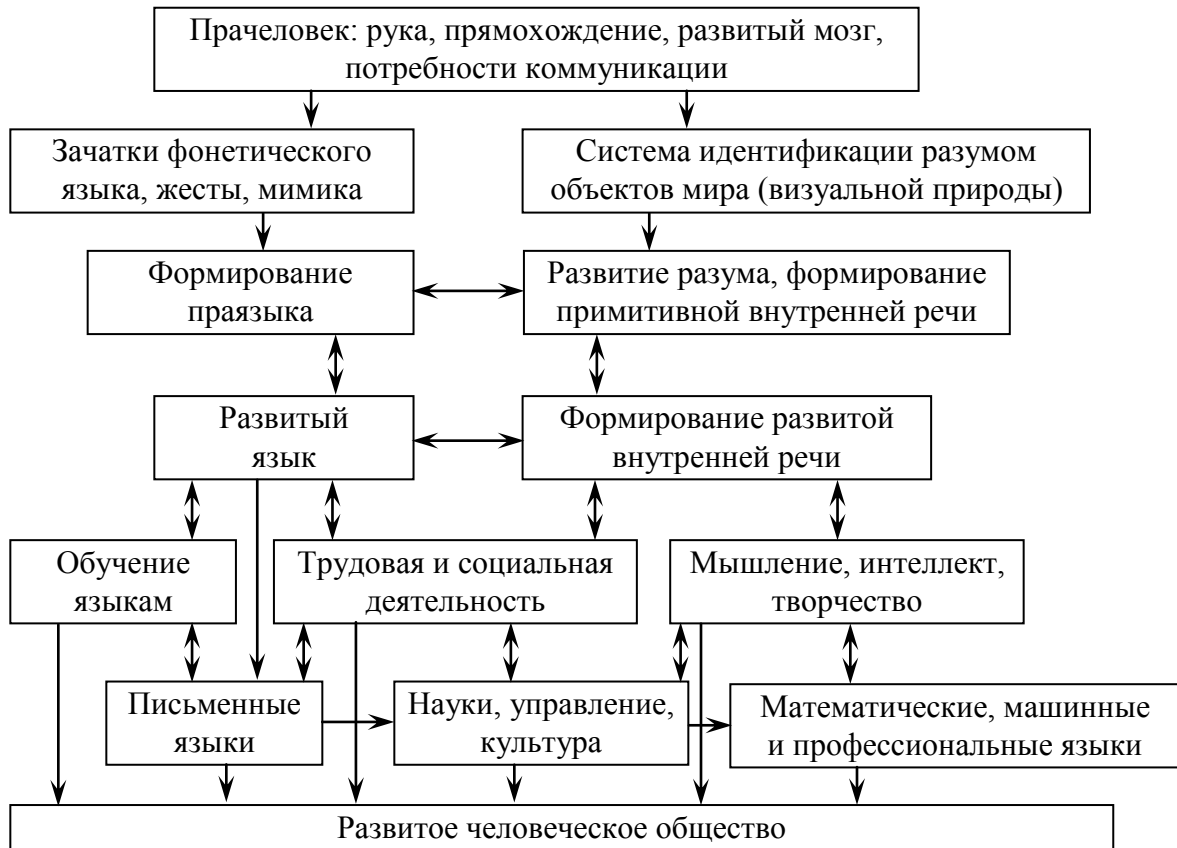


Рис. 6.4. Модель формирования языка и мышления человека

6.4. Парадокс митохондриальной Евы

Как показали генетические исследования^{203, 204, 205, 206} ДНК, примерно 150–200 тыс. лет назад численность *homo sapiens* уменьшилась до минимального размера порядка 10 тыс. чел. Такое явление в истории человечества происходило минимум дважды, и его называют «бутылочное горлышко». Именно снижение численности популяции до столь малого размера привело к удивительной генетической однородности современного человечества. Поскольку первоначально эти исследования базировались на анализе митохондриальной ДНК, которая наследуется по женской линии, в оборот вошел термин «митохондриальная Ева», обозначающий ту группу женщин, которые условно являются прародительницами всей популяции.

²⁰³ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 230.

²⁰⁴ Янковский Н.К., Боринская С.А. Наша история, записанная в ДНК. Митохондриальная Ева. //Природа. – 2001. – №6. http://www.amgpgu.ru/Evolution/Lectures/Anthropology/Mit_genom.html

²⁰⁵ Боринская С.А. О митохондриальной Еве и генетическом разнообразии человека. <http://antropogenez.ru/article/76/>

²⁰⁶ Roberts, E. Evolution. The Human Story. Dorling Kindersley, 80 Strand London WWC2R Or1, A Penguin comp., 2011. (Русс. пер. Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. – С. 178).

К этому времени численность человечества в долговременном плане, согласно формуле фон Форстера (1.1), должна была достигать около 1 млн чел., объем знаний порядка 400 у.к. (см. табл. 5.9), а условное число профессий ~ 11. Если численность человечества уменьшилась до столь малого размера, то объем накопленного знания не мог сохраниться, и в дальнейшем человечество должно было бы пройти путь порядка миллиона лет по возобновлению утерянного знания. Как разрешить противоречие между данными генетиков и логикой развития знания человечества? Можно предположить несколько вариантов.

Вариант 1. Резкое уменьшение численности человеческого племени на кратковременный промежуток времени (порядка одного поколения) в результате катастрофы или эпидемии, в течение которого даже 10 000 человек могли сохранить все знания человечества. Затем численность человечества, сохранявшего свои знания, быстро увеличилась. Не исключено, что знания могут сохраняться в таком малочисленном сообществе при благоприятных условиях и несколько поколений.

Вариант 2. Ко времени «бутылочного горлышка» человек уже владел развитым языком, внутренней речью и мышлением. Значительная часть знаний человечества была потеряна, но язык сохранился, что позволило людям после восстановления численности быстро накопить новые знания.

Вариант 3. Знание человечества действительно было потеряно на многие десятки тысяч лет, и картина роста численности человечества в этот период отличается от гиперболической (данные о численности популяции в этот период весьма отрывочные).

Вариант 4. Другие ветви человечества (неандертальцы, «денисовский человек» и т. д.²⁰⁷) умеренно пострадали в этой катастрофе, сохранили общечеловеческое знание и передали его сапиенсам (это возможно, если уже существовал язык, который позволил передавать знание). Позднее они вымерли, не сохранив своих непосредственных генетических наследников.

Вариант 5. Методы запоминания примитивных людей, в том числе эйдетические, способны запечатлевать большие объемы информации, вполне сравнимые с объемом памяти человечества в период второго бутылочного горлышка ($Z \sim 400$ у.к.), и передавать их на протяжении многих поколений. Это позволило сохранить большую часть знания человечества и позднее развернуть его в приемлемую для использования форму.

Есть данные, отчасти подтверждающие гипотезу 4. Так, «установлено, что на протяжении продолжительного времени артефакты мустьерского типа изготавливались как неандертальцами, так и расселяющимися группами людей современного типа, и скорее всего на начальном этапе современные люди копировали мустьерскую технику неандертальцев в районах их совместного обитания»²⁰⁸. Отмечается также, что в пещерах Схул, Табун и Кафзех на севере Израиля найдены отложения, в которых чередуются остатки неандертальцев и людей современного типа²⁰⁹.

Видимо, приведенный список вариантов не исчерпывает все возможности и проверкой их адекватности должны заниматься специалисты в области генетики и археологии. Однако ясно, что очень важно найти достоверный вариант трансформации знания человечества на протяжении всей истории, согласующийся с теорией бутылочного горлышка.

²⁰⁷ Четыре вида древних людей. – М., 2013. <http://ria.ru/science/20131218/984995767.html>

²⁰⁸ Цит. по: Черниговская Т.В. От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека: эволюция или революция? // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2008. – С. 5.

²⁰⁹ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 225, 323.

Для ответа на данный вопрос желательно было бы знать, обладали ли неандертальцы речью? Однозначного ответа на этот вопрос нет. Однако уровень развития гейдельбергского человека, который жил до «бутылочного горлышка» и предположительно был прародителем и людей, и неандертальцев, свидетельствует о том, что определенная форма языка уже у него, видимо, была.

Сами неандертальцы обладали достаточно высокими навыками изготовления орудий труда и некоторыми элементами культуры. Но самое главное – они имели мозг, размер которого был больше, чем у *homo sapiens*. Как мы знаем, мозг предназначен не только для разумной деятельности, но и для управления телом человека, поэтому такое увеличение размера мозга давало значительные ресурсы для мыслительной деятельности. Учитывая ту целеустремленность, с которой рос мозг разумных существ в течение трех миллионов лет, крайне невероятно, что это произошло случайно.

Можно задать вопрос: почему все же культура неандертальцев была менее развита, чем у кроманьонцев? Видимо, ответ заключается в том, что примерно 74 тыс. лет назад неандертальцы пережили резкое сокращение численности (бутылочное горлышко), которое связывают с извержением вулкана Тоба на Суматре²¹⁰.

Но если неандертальцы к этому времени владели речью, то это означает, что она появилась до того, как пути человека и неандертальцев разошлись. Очень маловероятно, что такой феномен, как речь и мышление возникли независимо у двух разных популяций. А это означает, что первичный толчок к возникновению речи и мышления произошел не позже чем 350 тыс. лет назад. Поэтому вероятность реализации гипотез 2 и 4, а также их совместного действия достаточно велика.

Отметим также, что численность человечества в формуле фон Форстера (1.1) должна относиться не только к *homo sapiens*, а ко всем его ветвям, включая неандертальцев, денисовских людей и т.д. Вполне возможно, что в то время на Земле существовали и другие ветви потомков *homo erectus*, которые не оставили значимых следов в генофонде современного человечества, но вносили вклад в его знание.

Тем не менее гипотеза о бутылочных горлышках как причине задержки в формировании мышления человека выглядит достаточно правдоподобной.

6.5. Хронология развития человечества и перехода к мышлению

Рассмотренные выше изменения функций мозга предков человека желательно соотнести с хронологией соответствующих археологических находок. С этой целью вначале отразим в виде табл. 6.2 то наиболее существенное, что характеризует данные изменения.

Согласно данным, приведенным в табл. 6.2, стартовой позицией для развития человечества является *ardipithecus ramidus*²¹¹, который жил примерно 4,4 млн лет назад и имел уже достаточно человекообразный вид, как следует из рис. 6.5, однако размер его мозга был даже меньше, чем у современных развитых обезьян – $Q \approx 350 \text{ см}^2$.

²¹⁰ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 296.

²¹¹ White *et al.* *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids. *Science*, 02.10.2009.

Таблица 6.2. Хронология археологических находок человекообразных

Дата находки (Т), тыс. лет до н.э., объем мозга (Q), см ³ , место	Находки, характеристики
Т = 4500...4300 Q = 300...370 Эфиопия ^{212, 213, 214}	<i>Ardipithecus ramidus</i> . Часть скелета и черепа «Арди», кости других индивидов. Всеядность, прямохождение, рука человеческого типа, уменьшенные клыки (рис. 6.5)
Т = 3700...3000 Q = 387...550 Эфиопия ^{215, 216, 217}	<i>Australopithecus afarensis</i> . Скелет «Люси», кости других индивидов. Прямохождение, есть черты человека и обезьяны. Косвенное свидетельство использования орудий
Т = 3500...3300 Кения ^{218, 219, 220}	<i>Kenyanthropus platyops</i> . Район Ломекви возле озера Туркана. Найден деформированный череп, челюсть и зубы
Т = 3500...3200 Кения ²²¹	Район Ломекви возле озера Туркана, 2011 год. Найлены самые древние из известных человечеству орудий труда – около 20 пластин и «наковальни»
Т = 3300...2100 Q = 428...625 Южная Африка ^{222, 223}	<i>Australopithecus africanus</i> . Череп «мисс Плес» найден в гроте Стеркфонтейн в известняковых пещерах «колыбель человечества». Имеет сходство с австралопитеком афарским, но размер мозга крупнее.
Т = 2400...1600 Q = 500...800 Танзания ²²⁴	<i>Homo habilis</i> (человек умелый). Олдувайское ущелье. Рост размера мозга. Более приспособлена для прямохождения нога. Таз адаптирован для рождения крупноголового детей. Уменьшены зубы. Кисть приспособлена к труду. Орудия из гальки олдувайского типа (чопперы, отщепы, чешуйчатая галька). Включение в рацион мяса
Т = 1900...1500 Q = 600...910 Африка ²²⁵	<i>Homo ergaster</i> (человек работающий). Первая находка – челюсть (Кения – Кооби Фора), затем скелет «мальчик из Турканы»; есть находки в Италии. Рассматривается как промежуточное звено между <i>homo habilis</i> и <i>homo erectus</i> ²²⁶ .

²¹² Арди (ардипитек). – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

²¹³ Марков А. В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 72.

²¹⁴ White *et al.* *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids. *Science*, 02.10.2009.

²¹⁵ Люси (австралопитек). – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

²¹⁶ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 106.

²¹⁷ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. – С. 79.

²¹⁸ Leakey, M. G., et al (2001). New hominin genus from eastern Africa shows diverse middle Pliocene lineages, *Nature*, Volume 410, p. 433–440.

²¹⁹ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. – С. 75.

²²⁰ Яковенко Л.В. Новая ветвь в генеалогическом древе человека, 2015 (По материалам *Nature*, 2001, V. 410) <http://bio.1september.ru/article.php?ID=200102206>

²²¹ M. Balter. World's oldest stone tools discovered in Kenya. *Science*, DOI: 10.1126/science.aab2487. 14 April 2015. <http://news.sciencemag.org/africa/2015/04/world-s-oldest-stone-tools-discovered-kenya>

²²² Австралопитек африканский. – Википедия, 2015.

https://ru.wikipedia.org/wiki/Australopithecus_africanus

²²³ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. – С. 88, 89.

²²⁴ Человек умелый. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

²²⁵ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. – С. 116.

²²⁶ Марков А. В. Происхождение и эволюция человека: Докл. в Ин-те биологии развития РАН 19 марта 2009 г.

	Высокий рост – до 1,8 м. Найдены различные орудия, в том числе более эффективные обоюдоострые рубила
T = 1750 Q = 600...775 Грузия ^{227, 228, 229}	<i>Homo georgicus</i> . Дмансия. Заселение Евразии. Череп старого человека и еще четыре скелета. Забота о стариках. Черты Хабилиса и Эректуса. Кости крупных животных. Примитивные каменные орудия олдувайского типа
T = 1800...50 Q = 750...1300 Танзания ^{230, 231}	<i>Homo erectus</i> (человек прямоходящий). Олдувайское ущелье – обгорелые кремниевые орудия и куски обожженной глины. Увеличение потребления мяса. Навыки охоты и разделки туш каменными орудиями. Уменьшение зубов. Предположительно готовили пищу на огне, разделение труда. Освоил Евразию около 1,3 млн лет назад
T = 1200...500 Q = 1000 Испания ²³²	<i>Homo antecessor</i> . Пещера Сима-дель-Элефанте. Нижняя челюсть. Примитивные каменные орудия, расколотые кости. Умелые охотники на крупных зверей, каннибалы
790...750 Израиль ^{233, 234}	<i>Homo heidelbergensis</i> . Стоянка Гешер Бенот Иаков. Древний очаг. Пища: мясо (слоны, парнокопытные, собачьи), орехи, злаки, фрукты, моллюски, крабы, рыба (до 1 м). Орудия: бифасы, отщепы, палки (в том числе шлифованные), скребки, наковальни и молотки для орехов. Разнообразное питание, производство орудий труда, обработка их огнем, социум, разделение пространства для разных видов работ. Скорее всего был прообраз речи
T = 800...200 Q = 1100...1400 Германия ²³⁵	<i>Homo heidelbergensis</i> . Близ г. Гейдельберга найдена челюсть с крупными зубами и кости древних животных: слона, носорога, бизона, лошади, льва; каменные орудия шеельского типа. Видимо, умелые охотники, копы с каменными наконечниками
T = 800...200 Q = 1100...1400 Германия ²³⁶	<i>Homo heidelbergensis</i> . Шенинген. Копья из стволов молодых елей, острые концы обожжены. Заселение Старого Света потребовало более активного использования огня, строения жилищ, новых орудий
T = 325 Армения ^{237, 238}	Нор Гехи 1. Найдено большое количество каменных орудий бифасной и левалузской техники зафиксированных между

²²⁷ Дмансийский гоминид. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

²²⁸ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. – С. 110.

²²⁹ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 176.

²³⁰ Там же. – С. 160, 164.

²³¹ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. – С. 124, 168.

²³² Там же. С. 207.

²³³ Alperson-Afil N., Sharon G., Kislev M., et. al. Spatial Organization of Hominin Activities at Gesher Benot Ya'aqov, Israel, *Science*. 2009. V. 326. P. 1677. DOI: 10.1126/science.1180695.

²³⁴ Неймарк Е. Предки Homo sapiens разумно разграничивали жилое пространство. 2015. <http://elementy.ru/news/431226>

²³⁵ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011. С. 218.

²³⁶ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 218.

²³⁷ Adler D., S., Gasparian B. et al. Early Levallois technology and the Lower to Middle Paleolithic transition in the Southern Caucasus. *Science* Vol. 345 no. 6204 pp. 1609-1613. DOI: 10.1126/science.1256484. September 2014. <http://www.sciencemag.org/content/345/6204/1609.abstract?sid=2b05ef73-3259-427a-9a1c-437b4b910276>

²³⁸ Находки Каменного века в Армении привели к удивительным выводам. Новости Армении. 2015. <http://news.am/rus/news/231032.html>

	слоями лавы. Свидетельство того, что <i>изобретение</i> техники Леваллуа произошло независимо в разных популяциях
T = 350...28 Q = 1200...1750 Европа ²³⁹	<i>Homo neanderthalensis</i> . Найдено несколько полных скелетов и фрагменты более 270 особей, а также орудия, изготовленные по развитой левалузской технологии: рубило, скребло-нож, отбойник, шило, нуклеус. Найдены следы очагов. Есть свидетельства ухода неандертальцев за стариками и ранеными. Ареал обитания: Европа и Центральная Азия
T = 195±5 Q = 1300 Эфиопия ²⁴⁰	<i>Homo sapience</i> (с некоторыми чертами неандертальцев). Пос. Кибиш, р. Омо. Два черепа, другие кости. Кости млекопитающих, птиц, рыб. Орудия: бифасы средней сложности
T = 200...160 Восточная Африка ²⁴¹	<i>Homo sapience</i> . Митохондриальная Ева. I волна исхода из Африки 115–135 тыс. лет назад. II волна исхода из Африки 85–90 тыс. лет назад ²⁴²
T = 127±16 Аравийский полуостров ²⁴³	<i>Homo sapience</i> . Грот Джебель Файя, слой С. Достаточно развитые орудия, в том числе левалузская технология. Считается, что далее двинулись в Азию и Австралию
T = 115 Южная Африка ²⁴⁴	<i>Homo sapience</i> . Пещеры на реке Klasies. Свидетельства того, что люди были способны мыслить символами и говорить
T = 120...80 Передняя Азия ²⁴⁵	Пещеры на севере Израиля (Схул, Табун, Кафзех). Чередование слоев с остатками неандертальцев и <i>homo sapience</i>
T = 71...72 Южная Африка	Культура Still Bay, пещера Бломс. Тонко обработанные наконечники копий, костяные остроконечники, камни и кости с геометрическими узорами, ожерелья из ракушек. Культура отмечена в разных местах Африки и затем исчезла
T = 65...60 Южная Африка	Культура Howieson`s Poort. Орудия, аналогичные Still Bay. Найдены костяные наконечники стрел. Культура существовала в разных местах Южной Африки и затем исчезла
T = 40 (48) Австралия ²⁴⁶	Озеро Манго, Новый Южный Уэльс. Захоронения мужчины и женщины. Мужчина покрыт красной охрой, женщина кремирована. Среднепалеолитический уровень. С тех пор это население Австралии было в изоляции
T = 42 Россия	Воронежская обл., стоянки Костенки. Верхнепалеолитические изделия. Просверленные раковины (видимо, с черноморского побережья – 500 км), ожерелья, изделия из кости. Жилища из костей мамонта. Кости крупных животных
T = 40...30 Q = 1300...1440	<i>Кроманьонцы</i> . Грот Кро-Маньон. Пять скелетов. Сложные жилища, одежда из шкур животных, охота, рыбная ловля,

²³⁹ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. С. 317.

²⁴⁰ Там же. С. 222.

²⁴¹ Там же. С. 228.

²⁴² Марков А.В. Происхождение и эволюция человека: Докл. в Ин-те биологии развития РАН 19 марта 2009 г. http://evolbiol.ru/markov_anthropogenes.htm

²⁴³ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 344.

²⁴⁴ Цит. по: Черниговская Т.В. От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека: эволюция или революция?//Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2008. – С. 9.

²⁴⁵ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 323, 225.

²⁴⁶ Там же. С. 350.

Франция ²⁴⁷	собираательство. Постройка жилищ, одежда из шкур. Орудия труда и охоты (наконечники копий, ножи, скребки, свёрла, долота, гарпуны, иглы, копьёметалка, лук, сети и др.). Материалы: камень, кость, дерево, бивень, рог. Наскальная живопись, скульптура (в том числе из обожженной глины), резьба по кости, украшения и др. Животное – собака. Начало формирования родовых общин
T = 40±4 Германия ²⁴⁸	Пещера Холе-Фельс. Начало эпохи Ориньяк. Женская статуэтка из мамонтовой кости. Флейты из костей и бивня мамонта (восемь изд.). Широкое распространение развитой культуры
T=37...42 Румыния	В Румынии в 2002 г. обнаружили челюсть человека (образец Oase 1), в ДНК которого от 6 до 11% генома происходит от неандертальцев ^{249, 250}
T = 33...19 Франция ²⁵¹	Пещера Ориньяк. Кроманьонская внешность. Развитые орудия, кремниевые пластины, костяные наконечники копий. Изобразительное искусство. Древнейшие лунные календари и изображения созвездий. Наборы знаков на костях и рогах животных, на мелких кусках камня, а иногда и на стенах пещер в виде наборов полумесяцев или линий. Флейты. Долговременные жилища. Охота на мамонта, дикую лошадь, северного оленя, шерстистого носорога
T = 30...25 Россия ²⁵²	Стоянка Сунгирь (г. Владимир). Хорошо сохранившиеся скелеты мужчины и двух подростков. Дротики и копья (до 2,4 м) из выпрямленного бивня мамонта, кремниевые орудия. Бусинки из кости мамонта (около 10 тыс. шт.) с отверстиями. Три диска с отверстиями в виде лепестков (восемь и десять по кругу и один в центре), жезлы. Фигурка лошади (сайги) с точечным узором (свидетельство навыков счета: две линии по двадцать точек и две по пять) ²⁵³

Далее развитие происходило прежде всего в направлении роста объема мозга и у *australopithecus africanus*, который появился примерно 3,3 млн лет назад, он составил $Q \approx 550 \text{ см}^2$, что на 65% больше, чем у *ardipithecus ramidus*. Поскольку значительная часть мозга обеспечивает управление телом живого существа, такой прирост объема увеличивает ресурсы мозга для выполнения функций разума в несколько раз. Таким образом, можно считать, что первые предки человека, существенно продвинувшиеся в развитии разума, возникли примерно 3,3 млн лет назад.

Вторым важным проявлением разумности стало использование примитивных орудий труда. До последнего времени считалось, что изготавливать орудия труда стал впервые «человек умелый» (*homo habilis*), который появился примерно 2,4 млн лет назад и

²⁴⁷ Биология// Совр. илл. энцикл. Гл. ред. А.П. Горкин. – М., 2006.

²⁴⁸ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С 364.

²⁴⁹ Qiaomei F., et al, An early modern human from Romania with a recent Neanderthal ancestor. Nature, 2015, doi:10.1038/nature14558 <http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature14558.html>

²⁵⁰ В геноме румынского предка современного человека обнаружено около 10% генов неандертальца. Вести. 2015. <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2633186>

²⁵¹ Ориньякская культура. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

²⁵² Сунгирь. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%F3%ED%E3%E8%F0%FC>

²⁵³ Стоянка Сунгирь. http://rozamira.ucoz.ru/publ/transfizicheskoe_poznanie/istorija/stojanka_sungir/21-1-0-856

имел объем мозга почти вдвое больше, чем *ardipithecus ramidus*. Однако в 2011 году в Кении были найдены каменные орудия труда, которые были изготовлены около 3,3 млн лет назад (см. табл. 6.2).

Эти два проявления (значительный рост размеров мозга и навыки владения орудиями труда) можно считать критериями возникновения первых разумных существ в диапазоне 3,3–2,4 млн лет назад, что значительно раньше, чем мы приняли первоначально. Изменение объема мозга у предков человека в течение всей истории показано на рис. 6.6.

На рис. 6.6 указана начальная дата (Т) существования различных типов гоминов в млн лет до н.э. и объем мозга в литрах. Видно, что размер мозга рос довольно монотонно. Однако следует помнить, что это достаточно редкие находки, а различия в размерах мозга даже современного человека могут отличаться более чем в два раза.



Рис. 6.5. *Ardipithecus ramidus*

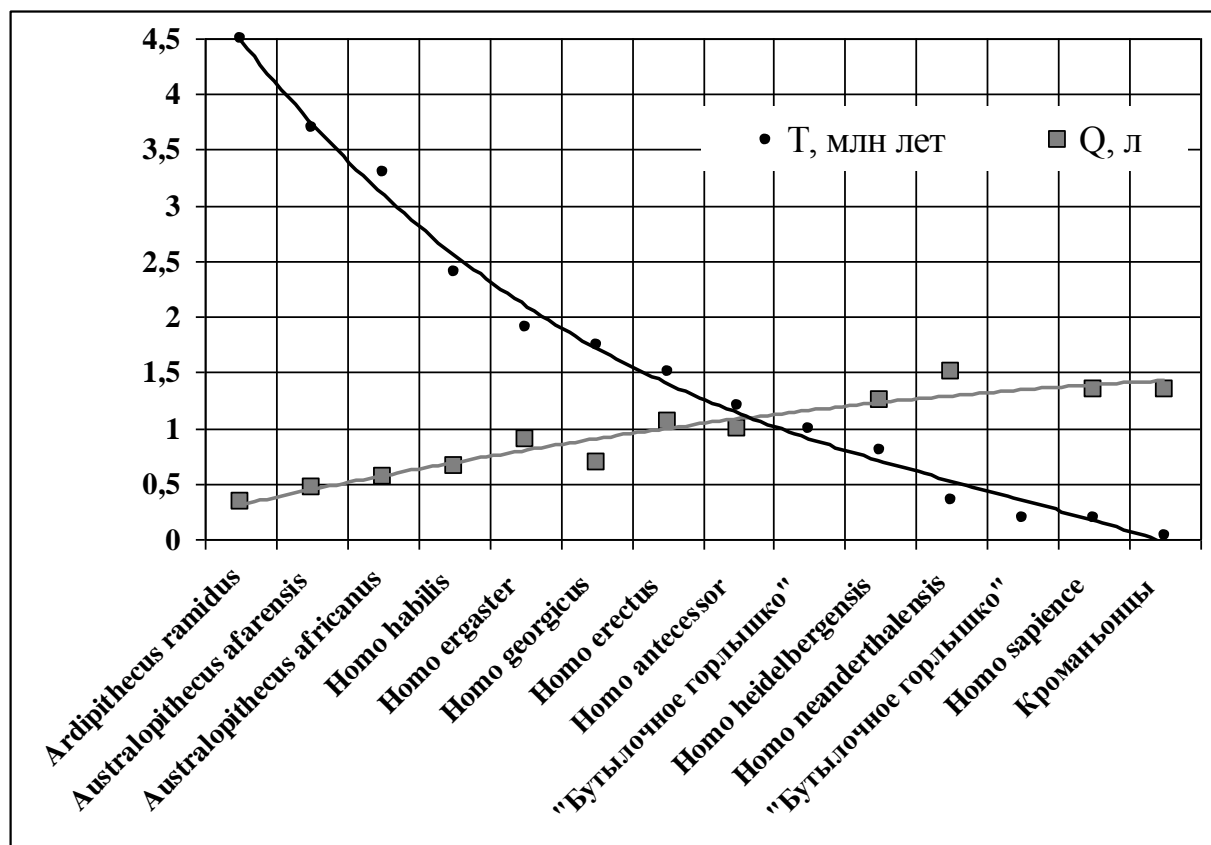


Рис. 6.6. Динамика изменения объема мозга предков человека

У *homo erectus*, который появился около 1,8 млн лет назад, объем мозга составляет $Q \approx 1000 \text{ см}^3$, т.е. не намного меньше, чем у современного человека. Нужно отметить, что эректусы весьма преуспели по уровню развития разума, а мышления: использовали различные орудия из камня для охоты и разделки туш, а также, видимо, огонь и разделение труда. Около 1,3 млн лет назад они распространились по всей Евразии, в частности в Грузию, Китай и Индонезию.

Можно предположить по уровню их развития, что у них появились зачатки речи, а возможно, и внутренней речи. Сравнивая с уровнем развития других найденных представителей человекообразных в диапазоне ± 700 тыс. лет, можно говорить об экстремуме развития. Если соотнести современные данные о уровне развития *homo erectus* с заложенным в формулу (5.2) значением $Z_0 = 20$ у.к., то, видимо, эта величина занижена и реально в тот период она была выше. Вызывает сомнение также значение числа человекообразных в указанный период согласно формуле Форстера ($N \approx 120\ 000$), поскольку жили они уже не только в Африке, но и в Евразии.

Далее почти на 700 тыс. лет наблюдается определенное замедление в развитии человекообразных, хотя не исключено, что артефакты более развитых предков человека еще будут обнаружены. Однако известно, что около 1 млн лет назад наши предки прошли через бутылочное горлышко и, видимо, потеряли значительную долю своего знания, которое к этому времени должно было составлять около 50 у.к.

Следующий пик разумного поведения человекообразных фиксируется около 770 тыс. лет назад, когда появился *homo heidelbergensis* с объемом мозга $Q \approx 1000 \dots 1400$ см², что больше, чем у *homo erectus*. Численность популяции, согласно формуле Форстера, составляла около 300 000 чел., а объем знаний $Z \approx 70$ у.к. Этот предок человека использовал разнообразные орудия, включая копья, бифасы, отщепы, палки (в том числе шлифованные), скребки, наковальни и молотки для орехов. Он весьма разнообразно питался: мясо (парнокопытные, слоны, собачьи), орехи, злаки, фрукты, моллюски, крабы, рыба.

Характерно наличие социума, разделение пространства для разных видов работ, организация производства орудий труда, в том числе обработка их огнем. Гейдельбергский человек распространился в Европу, а значит, достаточно хорошо владел огнем, умел делать жилища и одежду. Судя по уровню его деятельности, можно предположить, что он имел прообраз речи и владел зачатками мышления.

Примерно 350 тыс. лет назад $(500 \pm 200)^{254}$ произошло разделение эволюционных линий *homo sapiens* и *homo neanderthalensis*. Неандертальцы приспособились жить в холодном климате Европы, а затем заселили центральную Азию. Их размер мозга стал больше, чем у *homo sapiens*. Они изготавливали разнообразные орудия, использовали очаг, сохраняли в своем сообществе стариков и раненых и достаточно успешно лечили их. Считается, что неандертальцы наверняка обладали членораздельной речью²⁵⁵.

Примерно 150–200 тыс. лет назад африканская популяция *homo sapiens* прошла через второе бутылочное горлышко. Судя по уровню сложности их орудий труда после этого, значительная часть знания популяции была потеряна, хотя, возможно, сохранилась в других популяциях.

В то же время именно это привело к появлению вида *homo sapiens*, который затем развился в современное человечество. Через относительно короткий для возникновения разума период (порядка 50 000 лет) эта популяция стала заселять другие континенты, что свидетельствует о высоком потенциале развития, видимо, в связи с сохранением навыков речи и мышления.

Еще один пик развития человека фиксируется в археологических находках примерно 40 тыс. лет назад с появлением кроманьонцев, стоянки которых найдены в разных регионах мира. Они использовали сложные кремневые, костяные и деревянные ору-

²⁵⁴ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 218.

²⁵⁵ Там же. С. 313.

дия труда и охоты (копья, ножи, скребки, свёрла, долота, гарпуны, иглы, копьёметалки, луки, сети и др.), строили жилища и имели одежду из шкур. Началось формирование родовых общин, широко распространена развитая культура: наскальная живопись, украшения, скульптуры, флейты, древнейшие календари и т.д. Вне всякого сомнения, они имели достаточно развитый язык и мышление.

Так, среди находок на стоянке Сунгирь возле города Владимир (28–20 тыс. лет назад) найдены многочисленные изделия из бивня мамонта (копья, дротики, украшения). Одежда трех погребенных была украшена примерно 10 тыс. бусинок из бивня мамонта, что свидетельствует об умении делать отверстия и организовывать труд многих людей. Другие находки, в частности фигурка лошади (сайги)²⁵⁶, свидетельствуют о навыках счета (рис. 6.7): фигурка украшена двумя рядами точек по 20 в линию и двумя по 5 в линию.



Рис. 6.7. Фигурка лошади (сайги) со стоянки Сунгирь, 25 тыс. лет назад

И хотя человечеству еще предстояло пройти длинный путь своего развития, включая неолитическую революцию, создание производящего хозяйства и письменности, основное свое изобретение оно уже совершило – сформировало язык и мышление.

Но путь к такому результату был достаточно сложный, он дважды прерывался бутылочными горлышками и снова возобновлялся. Потери развития в первом бутылочном горлышке были отчасти компенсированы тем, что основным приобретением человека к этому времени был генетический рост объема мозга и способностей действовать руками и, возможно, общаться с помощью звуков.

К периоду второго бутылочного горлышка человек уже, видимо, умел пользоваться речью и внутренней речью, а также были параллельные популяции, которые могли сохранить и затем передать часть общего знания пралюдей.

Динамика роста числа людей была не столь монотонной, как следует из формулы Форстера (1.1), поскольку прерывалась бутылочными горлышками, но после относительно коротких спадов численность снова возрастала, так как сохранялся уровень развития. Таким образом, к формуле Форстера следует относиться как к выражению порядка величины, от которой были локальные отклонения, особенно в начальный период развития человечества, когда его устойчивость к различным катаклизмам была невысока.

Проведенный анализ также показывает, что за начало истории людей следует принять дату ранее 1,6 млн лет до н.э., как предложено С.П. Капицей, поскольку эта дата близка к локальному максимуму развития пралюдей (появление *homo erectus*) и уже

²⁵⁶ Стоянка Сунгирь. http://rozamira.ucoz.ru/publ/transfizicheskoe_poznanie/istorija/stojanka_sungir/21-1-0-856

близкому к homo sapiens объему мозга. Видимо, за начало следует брать дату значительного выросшего, по сравнению с исходным видом, объема мозга и овладения орудиями труда $T \approx 2,8$ млн лет до н.э. или даже раньше.

6.6. Технологические революции прошлого

Выше мы рассматривали закономерности следования технологических революций, в основном начиная с «новой эры». Вместе с тем в главе 1 мы отметили, что ряд авторов продолжают последовательность технологических революций в прошлое начиная с зарождения человечества (С.П. Капица, см. табл. 1.1) и даже ранее (А.Д. Панов, см. рис. 1.2). Полученные нами в главе 4 формулы для дат технологических революций (4.1) и их предвестников (4.2), а также вывод о знаниевой природе технологических революций позволяют по-новому рассмотреть периодичность ключевых событий прошлого. Их хронология представлена в табл. 6.3 в соответствии с работами С.П. Капицы и других авторов^{257, 258, 259}. В некоторых строках ключевые достижения практически отсутствуют, и в них указаны события, связанные со взаимодействием человека и неандертальцев. В табл. 6.3 даны также оценочные значения количества людей, объема накопленного знания, в соответствии с выражениями (1.1), (5.1), а также примерного числа профессий²⁶⁰ – N_p (5.3).

Таблица 6.3. Знания и этапы развития человечества

Год	Технологическая революция (эпоха) или ключевые события	N, млн	Z, тыс. у.к.	N_p
–2 840 000	Начало истории человечества. Быстро выросший размер мозга – $Q \approx 600 \text{ см}^2$, использование простейших орудий труда			
–1 420 000	Homo erectus, $Q=900 \text{ см}^2$. I пик развития: использование орудий и огня, заселение Евразии; признаки разумного поведения	0,14	0,03	1
–710 000	Homo heidelbergensis, $Q=1000\text{--}1400 \text{ см}^2$. II пик развития: копье, очаг, социум, заселение Евразии; зачатки мышления и речи	0,3	0,07	3
–354 000	Возникновение нескольких рас разумных существ (отделение от неандертальцев), возможно, возникновение речи и мышления	0,6	0,17	6
–176 000	Homo sapiens, $Q=1300 \text{ см}^2$. Бутылочное горлышко 2. Речь, овладение огнем	1,2	0,4	12
–87 000	Успешная волна расселения homo sapiens. Контакты с неандертальцами	2,3	1,0	22
–42 500	Кроманьонцы. Пик развития: язык, мышление, культура, общины, очаг	4,5	2,3	45

²⁵⁷ Марков А.В. Эволюция человека. Обезьяны, кости, гены. – М., 2013. – С. 464.

²⁵⁸ Всемирная история. Библиотека Гумер. http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/History/vsem_ist/01.php

²⁵⁹ Робертс Э. Эволюция. Происхождение человека. – М., 2011.

²⁶⁰ Анисимов В.А. О законе возрастания сложности эволюционирующих систем, или Что день грядущий нам готовит. – 2006. <http://www.yugzone.ru/articles/438>

-20 200	Доминирование homo sapience (исчезновение неандертальцев). Изделия из кости	9	5,5	90
-9 100	Производящее хозяйство, поселения	18	13	180
-3 550	Письмо, бронза, рабство, мореплавание	36	31	359
-760	Железный век, осевое время, наука	72	74	718
630	Феодальная революция	143	176	1 434
1 326	Ремесленная революция	286	417	2 861
1 674	Классическая наука	570	987	5 698
1 848	Промышленная революция	1 130	2 323	11 299
1 939	Научно-техническая революция	2 333	6 240	23 330
1 990	Кибернетическая революция	5 240	13 500	52 400
2 026	Биотехнологическая революция	7 970	29 200	79 700

Можно заметить, что начиная с неолитической революции и появления производящего хозяйства все технологические революции, которые прогнозируются с помощью формулы (4.1) (включая предвестников, которые здесь не приведены), следуют достаточно закономерно. В предыдущий же период значительные прорывные события следуют скорее через одну революцию.

Основные результаты главы 6

Знание человечества несколько раз за время своей истории терялось за счет «бутылочных горлышек». Таким образом, формула Форстера на начальном этапе развития человечества является выражением порядка величины, от которой были локальные отклонения.

Частичное сохранение знания при прохождении бутылочных горлышек могли обеспечить: речь как социально сохраняемый пакет знаний и навыков мышления, примитивные виды памяти и др.

Одной из важных возможностей развития и сохранения знания человечества является участие в этом процессе других ветвей разумных существ, не сохранившихся до настоящего времени, например неандертальцев.

Зачатки речи и мышления, вероятно, возникли у homo sapience и homo neanderthalensis до их разделения на два вида, т.е. примерно 350 тыс. лет назад.

За дату начала развития человечества целесообразно выбрать 2 840 000 год до н.э., соответствующий значительному росту размеров мозга и началу использования орудий.

Существует общая хронологическая закономерность следования революций на протяжении всей истории, но на начальных этапах развития достоверные проявления существенных сдвигов в развитии разума и мышления следуют реже, чем после неолитической революции.

Пики развития пралюдей и их распространения по планете Земля приблизительно соответствуют хронологии технологических революций.

Глава 7. Связь роста знаний и ВВП мира

Важнейшим элементом цикла оборота знаний (см. рис. 5.1) является производство. За меру объема производства используется мировой ВВП – G , а за производительность труда – его величина на душу населения $g = G/N$. В данной работе, как правило, мы используем величину ВВП, определенную по паритету покупательной способности (ППС). Рассмотрим взаимосвязь мирового ВВП с объемом знания человечества.

7.1. Аппроксимация роста мирового ВВП

Как отмечалось выше, выражение для ВВП мира приближенно выражается формулой²⁶¹ (1.11):

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

Уровень G/N в современную эпоху настолько велик, что линейный член в данной формуле относительно мал и ВВП, в основном, пропорционален квадрату числа людей. Однако это зависимость порядка величины, и, как показано на рис. 1.7, отклонения от нее достаточно значительные.

На рис. 7.1 приведен график аппроксимации мирового ВВП²⁶² зависимостью типа (1.11) в долл. 1990 года с коэффициентами m и γ , уменьшенными на 10% по сравнению с предложенными авторами (это примерно соответствует величине дефлятора между 1995 и 1990 годом, см. Приложение 3). Временная шкала ранее 1935 года неравномерная.

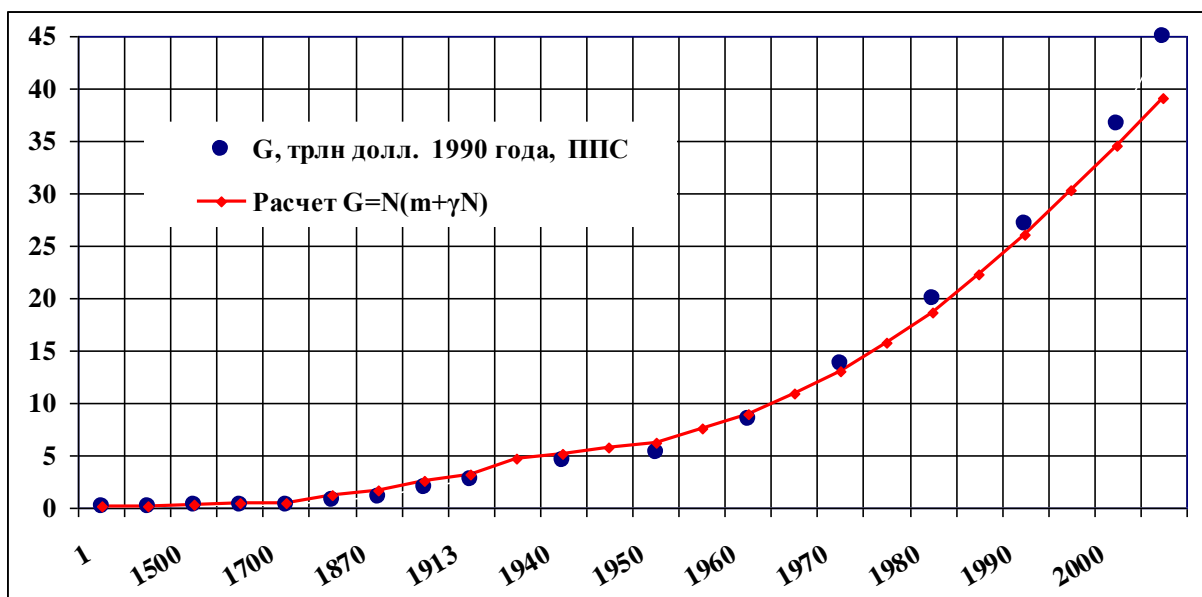


Рис. 7.1. Аппроксимация ВВП мира зависимостью типа $G = N \cdot (m + \gamma \cdot N)$

Графически аппроксимация на рис. 7.1 выглядит относительно приемлемой, однако погрешность аппроксимации составляет в 2005 году – 10%, в 1950 – 22%, в 1820 – 76%, что весьма неточно. Видно, что в левой части графика аппроксимационная кривая дает завышенные значения, а в правой – заниженные, т.е. степень, в которой входит в формулу численность населения Земли, должна быть несколько выше, чем вторая.

²⁶¹ Коротчаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.

²⁶² Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD.GCDC, 2010.

Формула (1.11) позволяет сделать прогноз динамики мирового ВВП. Соответствующий график представлен на рис. 7.2. Здесь для расчета до 2008 года использовались данные А. Медиссон²⁶³, а позднее данные по численности населения из работы С.П. Капицы²⁶⁴.

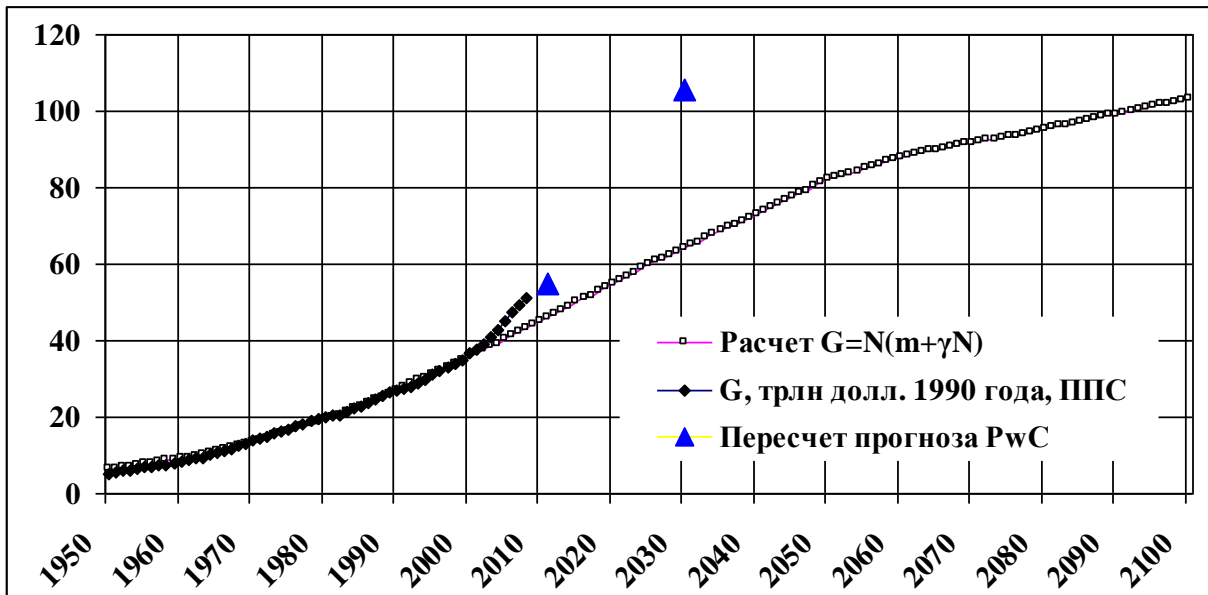


Рис. 7.2. Прогноз ВВП мира согласно зависимости типа $G = N(m + \gamma \cdot N)$

Здесь же приведены статистические данные по мировому ВВП в международных долларах 1990 года по ППС, согласно А. Медиссон, а также результат пересчета прогноза PwC²⁶⁵ по росту крупнейших экономик мира. При этом было принято, что ВВП двадцати крупнейших стран мира, как и в 2011 году, составляет 79% мирового ВВП, а дефлятор 2013–1990 годов равен 1,595 (см. Приложение 3). Из рис. 7.2 видно, что график аппроксимационной формулы (1.11) лежит значительно ниже, чем статистические данные по ВВП после 2005 года, а также значительно ниже прогноза PwC.

7.2. Прогноз роста мирового ВВП с учетом роста знания

Существенным недостатком аппроксимационных подходов является то, что они не учитывают такую важную компоненту, как влияние на ВВП роста знания, а соответственно и не имеют фундаментальной основы для прогнозирования будущего.

Как было показано выше, объем знания человечества может быть выражен формулой типа (5.2). По аналогии с ней проверим, насколько удачной является аппроксимация ВВП мира с помощью следующей формулы:

$$G = k \cdot N \cdot (m + N^{1,25}). \quad (7.1)$$

Соответствующая зависимость приведена на рис. 7.3. Здесь $k = 0,65$, $m = 0,25$, N в млрд чел., G в трлн долл. 1990 года, временная шкала ранее 1935 года неравномерная. Видно, что при аппроксимации формулой типа (7.1) погрешность аппроксимации снижается по сравнению с формулой (1.11) и в рассмотренных точках после 1950 года

²⁶³ Maddison A. Historical Statistics of the World Economy: 1-2008 AD. GGDC, 2010.

²⁶⁴ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. –М. – 2012. –С. 69.

²⁶⁵ Hawksorth, J., Chan, D. The World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. 2013.

не превосходит 6,5%. Однако при $T < 1890$ года погрешность достаточно высока и составляет 20% в 1820 году и 44% в 1-м году.

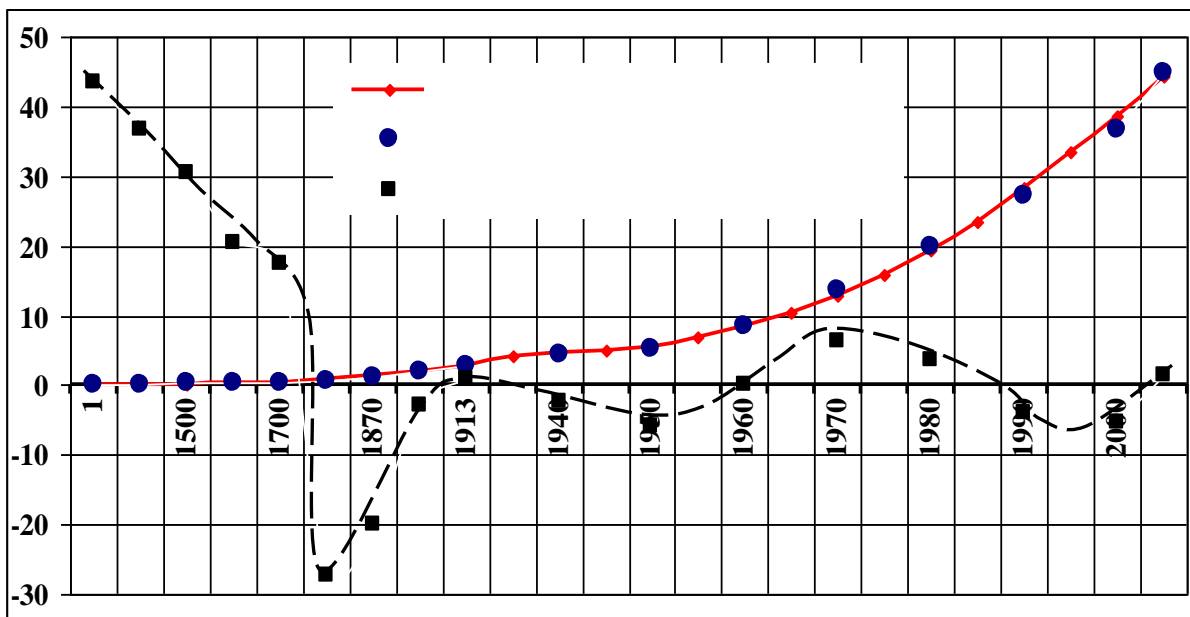


Рис. 7.3. Аппроксимация ВВП мира зависимостью типа $G=kN(m+N^{1,25})$

Для целей прогнозирования столь давние времена не представляют большого интереса, и можно ограничить диапазон рассматриваемых дат 1950 годом, но значительно более детально (с шагом в один год) проанализировать флуктуации ВВП мира. Соответствующий вариант аппроксимационной кривой приведен на рис. 7.4 ($k = 0,65$, $m = 0,25$). Видно, что при таком рассмотрении обнаруживаются точки, в которых погрешность аппроксимации доходит до 8,8%.

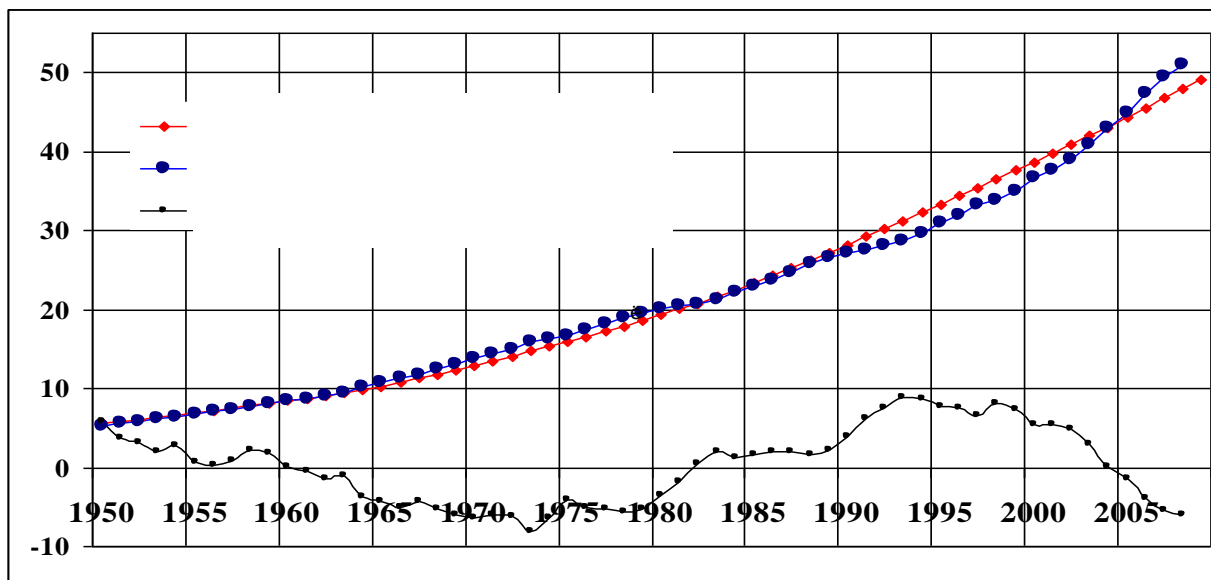


Рис. 7.4. Аппроксимация ВВП мира зависимостью $G=kN(m+N^{1,25})$ с шагом в один год

При $T > 1950$ года наличие коэффициента m незначительно улучшает аппроксимацию, и его без заметного ухудшения погрешности можно принять равным нулю, несколько увеличив коэффициент k . В этом случае выражение для мирового ВВП приобретает вид

$$G = k \cdot N^{2,25}. \quad (7.2)$$

Такой вариант аппроксимационной кривой приведен на рис. 7.5 ($k = 0,67$). Там же дан график погрешности аппроксимации в сравнении со значениями ВВП по А. Мэдиссон. Максимальное отклонение не превосходит 9,4% по сравнению с 8,8% по формуле (7.1), т.е. незначительно хуже.

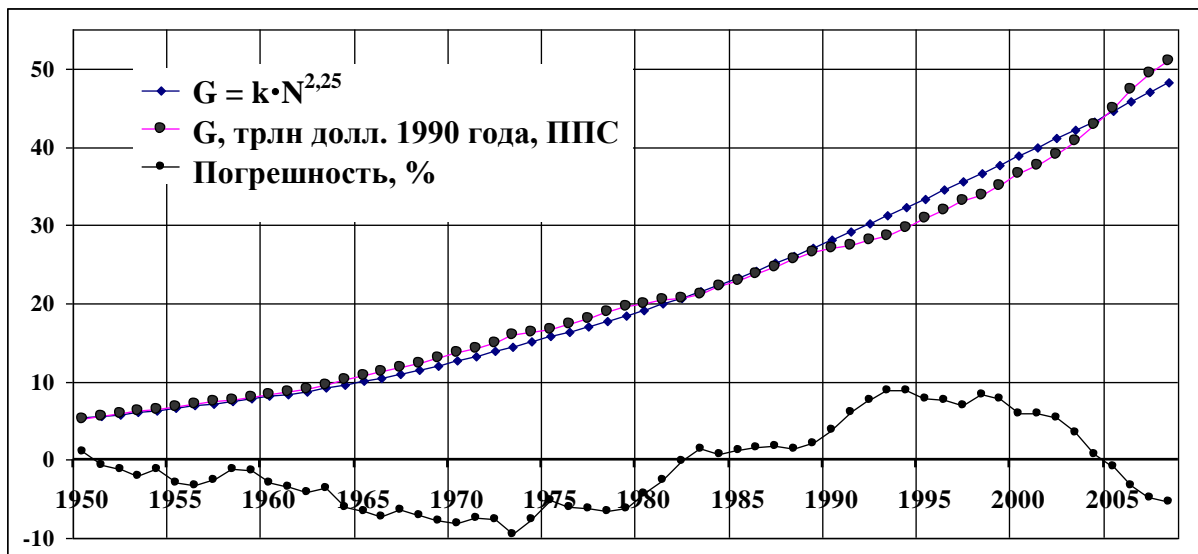


Рис. 7.5. Аппроксимация ВВП мира зависимостью типа $G = kN^{2,25}$

Выше было показано, что связь объема знаний с численностью человечества довольно точно выражается соотношением (5.2) $Z \approx 20 \cdot (N/N_0)^{1,25}$. Эта формула в размерных величинах (при размерности Z – млн у.к., N – млрд чел., с учетом того, что $N_0 = 10^5$ чел. = 10^{-4} млрд чел.) приобретает вид

$$Z = 2 \cdot N^{1,25}. \quad (7.3)$$

В то же время, как было показано выше, выражение (7.2) $G = k \cdot N \cdot (m + N^{1,25})$ позволяет аппроксимировать зависимость $G(T)$ лучше, чем формула (1.11). Сравнивая выражения (7.1) и (7.3), можно сделать вывод, что мировой ВВП можно вычислить по формуле типа²⁶⁶

$$G = k \cdot N \cdot (m + Z). \quad (7.4)$$

Это очень интересный результат. Если вернуться к главе 3, в которой мы анализировали рост человечества, а конкретно к дифференциальному уравнению роста численности человечества (3.1), то мы увидим, что второй член в уравнении пропорционален объему знания. *Фактически это значит, что гиперболический рост человечества связан с ростом знания человечества, которое пропорционально численности человечества.*

²⁶⁶ Орехов В.Д. Вопросы прогнозирования ВВП мира: Тр. XV междунар. науч.-практ. конф. «Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения». – М., 2013. – С. 172.

Как было показано выше, при времени $T > 1950$ года наличие коэффициента m незначительно улучшает аппроксимацию и его без заметного ухудшения погрешности можно принять равным нулю. Таким образом, выражение для мирового ВВП приобретает вид

$$G = k \cdot N \cdot Z. \quad (7.5)$$

Это очень важный результат, поскольку простота данной формулы и достаточно высокая точность определения с ее помощью ВВП мира свидетельствуют о ее фундаментальности. Она также соответствует нашему представлению о значении знания для развития мировой экономики. Эта формула означает, что средняя производительность труда одного человека прямо пропорциональна объему знаний всего человечества

$$g = G/N = k \cdot Z. \quad (7.6)$$

Тем самым мы показали, что выражения (7.1) и (7.2) являются не просто аппроксимационными формулами, а, вероятно, несут в себе фундаментальный смысл.

Таким образом, формула типа (7.1) должна быть эффективной для прогнозирования ВВП мира на достаточно большие промежутки времени. Соответствующий прогноз в графическом виде представлен на рис. 7.6. Сравнение данного графика и представленного на рис. 7.2 показывает, что он значительно лучше согласуется как с данными А. Медиссон²⁶⁷, так и с прогнозом PwC²⁶⁸, чем формула (1.11). (Для пересчета прогноза ВВП согласно PwC в ценах 2011 года к ценам 1990 года использовались значения дефлятора, приведенные в Приложении 1).

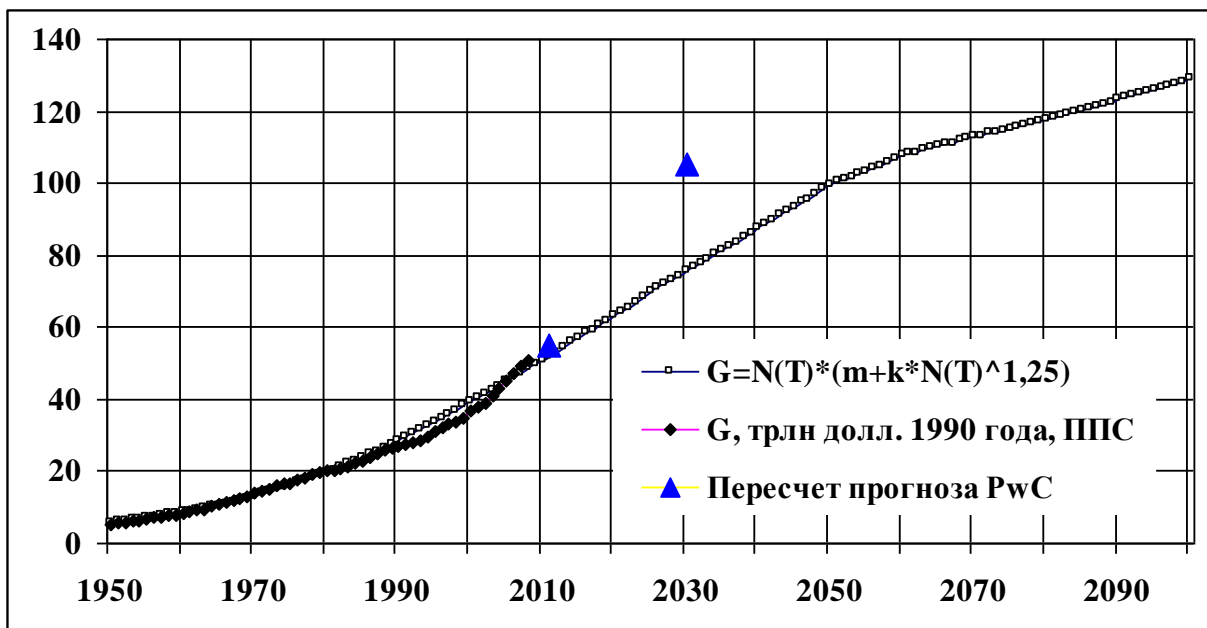


Рис. 7.6. Прогноз ВВП мира согласно зависимости типа $G = N \cdot (m + \gamma \cdot N^{1,25})$

ВВП мира в 2100 году, согласно данному прогнозу, возрастет примерно на 20% по сравнению с прогнозом по формуле (1.11). Тем не менее прогноз на 2030 и 2050 годы по формуле (7.1) значительно ниже, чем прогноз PwC.

²⁶⁷ Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD. GGDC, 2010.

²⁶⁸ Hawksorth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. 2013.

Как было показано выше, за счет учета того факта, что новое поколение не сразу начинает создавать дополнительное знание, а с задержкой на величину порядка 25 лет, формула (5.2) более корректна в виде (5.5)

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

Следовательно, и прогноз величины ВВП может быть несколько улучшен с использованием вместо (7.1) формулы типа

$$G = k \cdot N(T-25)^{2,25}. \quad (7.7)$$

Однако, как видно из рис. 5.7 и табл. 5.3 и 5.5, формула (5.5) в диапазоне времени $T = 1950 \dots 2015$ год не отличается более высокой точностью, чем (5.2). Вместе с тем она, предположительно, лучше характеризует объем знаний человечества после 2015 года.

Соответствующий прогноз ВВП мира с помощью формулы (7.5) дан на рис. 7.7 при $m = 0$, $k = 1,6$, N – млрд чел., G – трлн долл. 1990 года по ППС. Там же для сравнения приведены значения ВВП по А. Медиссон²⁶⁹ и прогноз PwC²⁷⁰.

Видно, что данные этого прогноза наиболее хорошо согласуются с данными А. Медиссон после 2000 года и объемом ВВП согласно PwC на 2011 и 2030 годы. В послевоенный период 1950–1960 годов прогноз завышен до 30%, а в период 1970–1990 годов прогноз занижен до 20%.

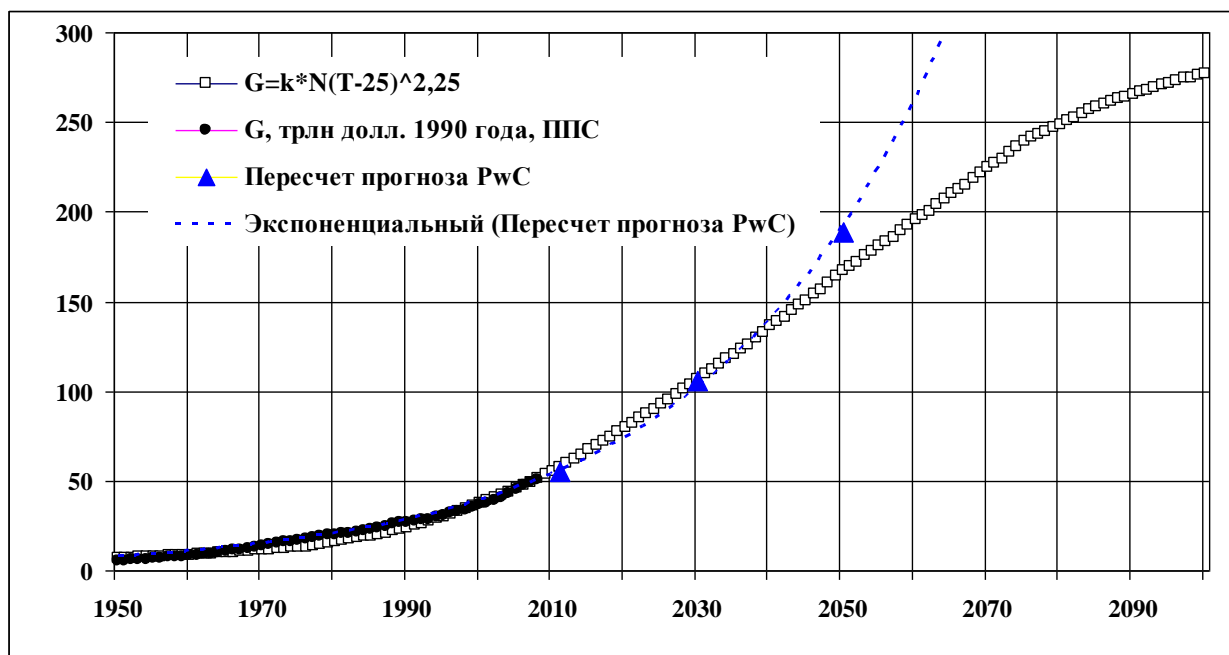


Рис.7.7. Прогноз ВВП мира согласно зависимости типа $G = k \cdot N(T-25)^{2,25}$

Прогноз ВВП мира на 2100 год согласно выражению (7.7) практически вдвое больше, чем по прогнозам в соответствии с формулами (1.11) и (7.1). Столь большое влияние сдвига по времени на уровень мирового ВВП указывает на то, что необходимо в дальнейшем найти способ более точного определения величины сдвига. Вполне возможно, что он составляет не 25, а 30 лет.

²⁶⁹ Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD. GGDC, 2010.

²⁷⁰ Hawksorth, J., Chan, D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. 2013.

Прогностическая кривая проходит примерно на 12% ниже прогноза PwC на 2050 год. Следует, однако, отметить, что столь малое различие этих двух прогнозов на 2050 год можно считать вполне хорошим согласованием для такого долгосрочного прогноза.

Вместе с тем точки прогноза PwC достаточно хорошо аппроксимируются экспонентой, и согласно ему удвоение ВВП мира должно происходить примерно за 20 лет, причем скорость роста ВВП увеличивается со временем. Представляется, что это дает неправильное представление о тенденции роста ВВП в будущем после 2050 года.

Согласно представленному в данной работе прогнозу (рис. 7.7), между 2010 и 2080 годом наблюдается широкая зона, в которой в результате демографического перехода ВВП мира растет практически линейно, увеличиваясь за 70 лет в пять раз. Затем ВВП мира быстро выходит на постоянный уровень около 280 трлн долларов (в ценах 1990 года по ППС). Приближенное уравнение прямой, описывающей мировой ВВП (в трлн междунар. долл. 1990 года по ППС),

$$G = 2,76 \cdot (T - 1990). \quad (7.8)$$

Характерно, что при этом мировой ВВП с 2010 по 2030 год удвоится примерно за 20 лет, затем с 2030 по 2060 год удвоение произойдет за 30 лет, а далее с 2060 по 2080 год вырастет всего на 25% за 20 лет, т.е. темп роста ВВП будет постоянно снижаться от примерно 3,5 до 1,1% в год. При этом численность населения Земли к 2080 году будет уже практически близкой к стабильному уровню порядка 10 млрд чел.

Как видно из результатов оценки прогностических зависимостей для ВВП мира, системные факторы, а также фактор знания человечества играют существенную роль в точности прогнозирования, и ошибки прогнозов могут быть довольно существенными.

7.3. ВВП и прогноз параметров следующих революций

Интересно рассмотреть, как меняется ВВП мира между технологическими революциями. Соответствующая информация дана в табл. 7.1 в долл. 1990 года по ППС. При этом для определения G до 1968 года включительно использовалась формула (7.1), а после – (7.7).

Видно, что между революциями ВВП мира меняется примерно вдвое. Это соответствует тому, что за данное время производство объема знаний на количество людей тоже меняется примерно вдвое. Заметна также тенденция второго порядка, в соответствии с которой рост ВВП между технологическими революциями на стадии гиперболического роста возрастает от 1,7 до 2,5, а после 1968 года уменьшается. Аналогично ведет себя и производство ZN .

Кроме того, важно, что данный подход фактически дает нам возможность прогнозировать некоторые аспекты технологических революций, которые произойдут примерно через 50 и 100 лет, хотя о содержании этих революций мы можем только предполагать. В частности, прогноз параметров революции начала XXII века сделан из предположения, что объем знаний и соответственно ВВП увеличивается практически без роста числа людей. Не исключено, впрочем, что эта революция произойдет до начала XXII века.

Существенным фактором также является то, что средний ВВП на душу населения к этому времени составит около 33 000 междунар. долл. 1990 года по ППС или порядка 50 тыс. долл. 2014 года. Это в несколько раз больше, чем в настоящее время, и примерно соответствует ВВП на душу населения богатых крупных стран мира.

Таблица 7.1. Рост ВВП мира между технологическими революциями

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млн	Z, млн у.к.	G, трлн долл.	Рост G, раз	Рост ZN, раз
1342	Ремесленная	0,29	0,62	0,087	1,7	2,0
1531	Возрождение	0,40	0,91	0,15	1,7	2,0
1668	Классическая наука	0,56	1,33	0,27	1,8	2,0
1770	Первая промышленная	0,78	1,96	0,50	1,9	2,1
1844	Вторая промышленная	1,10	2,88	0,98	2,0	2,1
1899	Предвестник НТР	1,59	4,25	2,10	2,1	2,1
1939	Научно-техническая	2,33	6,24	4,74	2,3	2,2
1968	Предкибернетическая	3,54	9,19	11,8	2,5	2,2
1990	Кибернетическая	5,25	13,5	27,1	2,3	2,2
2006	Предбиотехнологическая	6,53	19,8	47,4	1,7	1,8
2026	Биотехнологическая	7,97	29	100	2,1	1,8
2059	Предвестник революции знания	9,80	43	192	1,9	1,8
21XX	Революция XXII века	10,5	72	346	1,8	1,8

Самый сложный вопрос: сможет ли человечество увеличить объем знаний после 2060 года без увеличения населения мира? Для этого придется, как минимум, совершить определенную революцию в методах создания знания и превращения их в реальные материальные блага. И именно поэтому такую революцию можно называть революцией знания.

Основные результаты главы 7

Мировой ВВП в современную эпоху прямо пропорционален суммарному объему знаний человечества

$$G = k \cdot N \cdot Z.$$

Выражение для прогноза величины мирового ВВП в будущем с учетом времени взросления трудовых ресурсов имеет вид

$$G = k \cdot N(T-25) \cdot (m + N(T-25)^{1,25}),$$

оценки с помощью которого хорошо согласуются с прогнозом компании PwC.

Между 2010 и 2080 годом находится зона, в которой в результате демографического перехода мировой ВВП (по ППС в трлн междунар. долл. 2010 года) растет примерно линейно, согласно уравнению

$$G = 2,76 \cdot (T - 1990).$$

Глава 8. Система создания знания

Как было показано выше, будущее человечества во многом зависит от того, какими темпами будет расти знание и удастся ли в ходе ближайших технологических революций создать возможности роста знания без роста числа людей. В связи с этим рассмотрим современную систему создания знания человечества.

8.1. Число работников НИОКР в мире

Как уже отмечалось, согласно данным ЮНЕСКО²⁷¹, за пять лет – с 2002 по 2007 год – количество ученых в мире выросло с 5,8 до 7,1 млн человек с темпом роста 4,1% в год. По данным Institute for Statistics, число ученых в 2004 году было на 12% меньше²⁷².

Одновременно с этим увеличиваются инвестиции в исследования и разработки. Так, в 2007 году на R&D в среднем по всем странам выделялось 1,74% ВВП (в 2002 году – 1,71%). 70% мировых расходов на эти цели приходится на Евросоюз, США и Японию. Таким образом, число ученых составило около 0,1% населения мира и для их научной работы требуется примерно в 17 раз большая доля ВВП.

Рассмотрим, как изменялось число ученых в разные эпохи развития человечества. Согласно СЭС²⁷³, в XVII веке (напомним, что 1670 год соответствует началу второго этапа научной революции, см. табл. 5.7) число ученых начинает удваиваться каждые 10–15 лет. Данные о числе ученых в мире приведены в табл. 8.1 и на рис. 8.1, на котором также дан график экспоненты (8.1) с десятикратным темпом роста за 50 лет (удвоение примерно за 15 лет).

$$N_S = 10^{T/50-33}. \quad (8.1)$$

Таблица 8.1. Численность ученых в мире

Время	Ученых, тыс.	Время, год	Ученых, тыс.
На рубеже XVIII—XIX веков ²⁷⁴	~ 1	1975 ²⁷⁵	4 900
В середине XIX века	10	2002	5 800
В 1900 году	100	2007	7 100

Видно, что представленная в табл. 8.1 информация о числе ученых достаточно хорошо согласуется с экспонентой до 1970 года. Но эта зависимость означает, что ко времени учреждения академии наук Франции в 1666 году в мире было всего два ученых и на одного ученого приходилось порядка 500 000 у.к. знаний.

Можно сделать вывод, что ни создать, ни использовать этот знаниевый потенциал такое малое количество ученых не могло. Столь малое число ученых в прошлом также не согласуется с существованием античной науки и ученых эпохи Возрождения.

²⁷¹ Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009–139.–2009.

²⁷² В конце 2004 года в мире насчитывалось 5 млн 521,4 тыс. ученых. *Institute for Statistics*, 2006. –2015. <http://www.fhr.ru/index/news,17670,0.html>

²⁷³ Советский энциклопедический словарь. – М., 1987.

²⁷⁴ Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл». <http://biofile.ru/his/2038.html>

²⁷⁵ СССР в цифрах в 1975 году. – М., 1976.

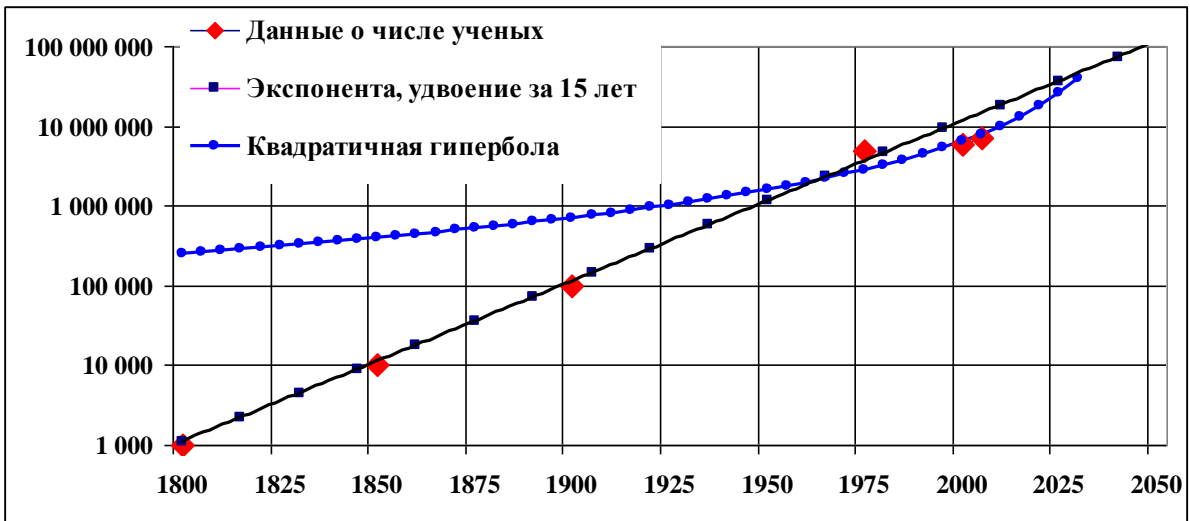


Рис. 8.1. Численность ученых в мире

Видимо, противоречие заключается в том, кого считать ученым. Если принять, что ученые – это те люди, которые занимаются исследованиями и разработками, т.е. созданием знаний и разработкой на их основе новых продуктов, то их количество должно логичным образом соотноситься с приростом объема знаний. Особенно это относится к современной эпохе, поскольку сейчас созданием нового знания занимаются в основном специально обученные люди.

Если предположить, что существует однозначная связь между созданием нового знания и числом ученых и разработчиков, то можно оценить их число N_S через производительность научного труда одного ученого $\Delta Z_{S1}(T)$. Для этого воспользуемся тем, что в настоящее время, как было показано в главе 5, $\Delta Z_{S1} = 6,8\%$ у.к. в год на одного ученого или разработчика. Примем также, что с удалением в прошлое производительность научного труда, согласно формуле (5.4), уменьшается обратно пропорционально времени в степени 0,25. Соответственно

$$\Delta Z_{S1}(T) = K_S / (2050 - T)^{0,25}. \quad (8.2)$$

Здесь $K_S = \Delta Z_{S1} (2050 - 2007)^{0,25} = 0,175$. При этом за технологическую революцию (включая предшественников) производительность научного труда возрастает примерно на 8%, как показано в табл. 8.2.

Количество ученых должно быть примерно равно или больше, чем отношение прироста знания к производительности научного труда одного человека. Определив годовой прирост знания через дифференциал уравнения (5.4) и отнеся его к производительности труда одного ученого по формуле (8.2), получим выражение для числа ученых в прошлом, которое представляет собой квадратичную гиперболу.

$$N_S = 16 \cdot 10^9 / (2050 - T)^2. \quad (8.3)$$

Соответствующая кривая приведена на рис. 8.1 и в табл. 8.2. Согласно выражению (8.3), число ученых до 1950 года было значительно больше, чем согласно экспоненциальной зависимости с удвоением за 15 лет.

Из рис. 8.1 также видно, что после 1980 года число ученых стало значительно отставать по темпам роста от экспоненты с удвоением за 15 лет. К 2050 году, согласно и экспоненте и гиперболе, число ученых должно превысить 100 млн человек, что сего-

дня маловероятно. Вероятно, что в ближайшее время скорость роста числа ученых будет соответствовать экспоненте с удвоением примерно за 20 лет.

Таблица 8.2. Рост числа научных работников

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млрд	Z, млн у.к.	Ns, тыс.	Ns/N, %	ΔZ_{S1} , % у.к.	ΔZ , тыс. у.к. в год
52	Предфеодалная	0,10	0,11	4	0,004	2,6	0,1
630	Феодалная	0,14	0,18	8	0,006	2,9	0,2
1038	Предремесленная	0,20	0,27	16	0,008	3,1	0,5
1325	Ремесленная	0,29	0,42	31	0,011	3,4	1,0
1530	Возрождение	0,40	0,64	59	0,015	3,7	2,2
1674	Классическая наука	0,57	1,0	113	0,020	4,0	4,5
1776	Первая промышленная	0,80	1,5	213	0,027	4,3	9,2
1848	Вторая промышленная	1,13	2,3	392	0,035	4,6	18
1899	Предвестник НТР	1,59	3,6	700	0,044	5,0	35
1935	Научно-техническая	2,22	5,4	1 203	0,054	5,3	64
1968	Предкибернетическая	3,54	9,2	2 358	0,067	5,8	137
1990	Кибернетическая	5,25	13,5	4 382	0,083	6,3	276
2006	Предбиотехнологич.	6,53	19,8	6 917	0,106	6,8	470

Обратим внимание еще раз на данные о количестве ученых в современном мире²⁷⁶: «За пять лет количество ученых в мире значительно выросло – с 5,8 до 7,1 миллиона человек. Это произошло прежде всего за счет развивающихся стран: в 2007 году число учёных здесь достигло 2,7 миллиона, по сравнению с 1,8 миллиона пятью годами раньше». Таким образом, число ученых в развитых странах, в которых уже произошел демографический переход, выросло с 4 до 4,4 млн за 5 лет, т.е. всего на 10%, по сравнению с 50%-ным ростом в развивающихся странах (~9% в год). Тем не менее в развитых странах число ученых составляет около 0,44%, а в развивающихся – в десять раз меньше.

Нужно отметить, что в отношении Китая, который является основным драйвером роста числа ученых и активности в области НИОКР в развивающемся мире, численность работников, относящихся к R&D, после 2009 года подверглась значительной корректировке (порядка 20% в сторону уменьшения²⁷⁷). При этом количество ученых до 2009 года не было скорректировано. В результате данные о числе ученых в развивающихся странах вблизи 2007 года следует уменьшить примерно на 10%, а в мире – на 5%. Темпы роста числа ученых в развивающихся странах за этот период существенно завышены, хотя и остаются более высокими, чем в развитых странах.

Для анализа научной активности лидирующих стран мира выделим из них двадцатку наиболее успешных по различным показателям, влияющим на научную деятельность^{278, 279, 280} (табл. 8.3). Страны ранжированы по среднему арифметическому пя-

²⁷⁶ Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009-139. 2009.

²⁷⁷ Адамс Дж., Пендлбери Д., Стембридж Б. Строительные кирпичики БРИК. – Thomson Reuters, 2013. http://wokinfo.com/media/pdf/brick_russian.pdf

²⁷⁸ Данные Мирового банка. Индикаторы. 2014. <http://data.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC/>

ти показателей. В виде исключения в список включена Индонезия, хотя при ранжировании ее место было за Аргентиной и ЮАР, однако было учтено, что эта страна занимает четвертое место в мире по численности населения, поэтому учет активности данной страны важен с точки зрения долгосрочного прогнозирования.

Видно, что такая двадцатка достаточно хорошо соответствует группе стран, известных как «Большая двадцатка», а также странам, рассмотренным в прогнозе PwC²⁸¹. Для дальнейшего анализа выделим среди этих стран четыре группы (при разделении на две группы стран С6 и D6 ко второй из этих групп были отнесены более быстро развивающиеся страны):

G4 (Большая четверка): США, Япония, Германия, Великобритания.

B4 (БРИК): Китай, Россия, Индия, Бразилия.

С6: Франция, Италия, Канада, Испания, Польша, Нидерланды.

D6: Южная Корея, Турция, Иран, Мексика, Австралия, Индонезия.

Таблица 8.3. Позиции, занимаемые лидирующими странами мира

Страна	ВВП (ППС)	Население	Публикации	Число ученых	Инвест. в R&D	Среднее
1. США	1	3	1	1	1	1
2. Китай	2	1	2	2	2	2
3. Япония	4	10	5	3	3	5
4. Индия	3	2	9	9	8	6
5. Германия	5	16	4	5	4	7
6. Россия	6	9	13	4	10	8
7. Бразилия	7	5	15	11	9	9
8. Великобритания	8	21	3	8	7	9
9. Франция	9	22	6	7	6	10
10. Южная Корея	12	27	12	6	5	12
11. Италия	11	23	8	13	12	13
12. Канада	13	38	7	10	11	16
13. Испания	14	29	10	12	14	16
14. Турция	16	18	20	15	20	18
15. Мексика	10	11	28	24	23	19
16. Иран	18	17	23	17	22	19
17. Австралия	17	51	11	14	13	21
18. Польша	19	36	19	16	24	23
19. Нидерланды	21	64	14	18	16	27
20. Индонезия	15	4	61	36	36	30

На рис. 8.2 представлена динамика роста числа ученых в этих четырех группах стран, включая прогноз до следующей технологической революции 2026 года на основе аппроксимации. Видно, что темпы роста в странах БРИК значительно выше, чем в группе G4. За 18 лет число ученых в странах БРИК увеличилось примерно вдвое,

²⁷⁹ SCImago Journal&Country Rank, 2014. <http://www.scimagojr.com/countryrank.php>

²⁸⁰ Якшонок Г.П. Публикации международного уровня: критерий оценки и рекомендации по подготовке. – 2012. http://news.tpu.ru/uploads/images/doc/2014/3/YAkshonok_G_P.Publikatsiya_megdunarodnogo_urovnnya_A_pril2012.pdf

²⁸¹ Хоксворт Дж., Тивари А. Мир в 2050 году. Ускорение процесса изменения баланса экономических сил в мире: проблемы и возможности. – 2011.

т.е. средний темп роста составил около 4%, а в странах G4 – около 2% в год. При этом темп роста числа ученых в странах БРИК возрастает, а в G4 – падает. Это ведет к тому, что около 2018 года число ученых в странах БРИК станет больше, чем в G4, и в дальнейшем разница будет достаточно быстро увеличиваться.

Аналогично ведут себя и две другие группы стран. Темп роста в группе D6 даже выше, чем в B4, и составляет около 5,5% в год, а в группе C6 – вдвое меньше. Уже в 2014 году число ученых в группе D6 превысило их число в C6, и в дальнейшем разница будет довольно быстро нарастать.

В среднем по «двадцатке» темп роста с 1996 по 2014 год составил около 3% в год, что соответствует удвоению числа ученых за 23 года. Тем не менее темп роста меньше, чем согласно данным ЮНЕСКО²⁸² (4,1% в год), что связано прежде всего с упомянутой выше поправкой по количеству ученых в Китае²⁸³.

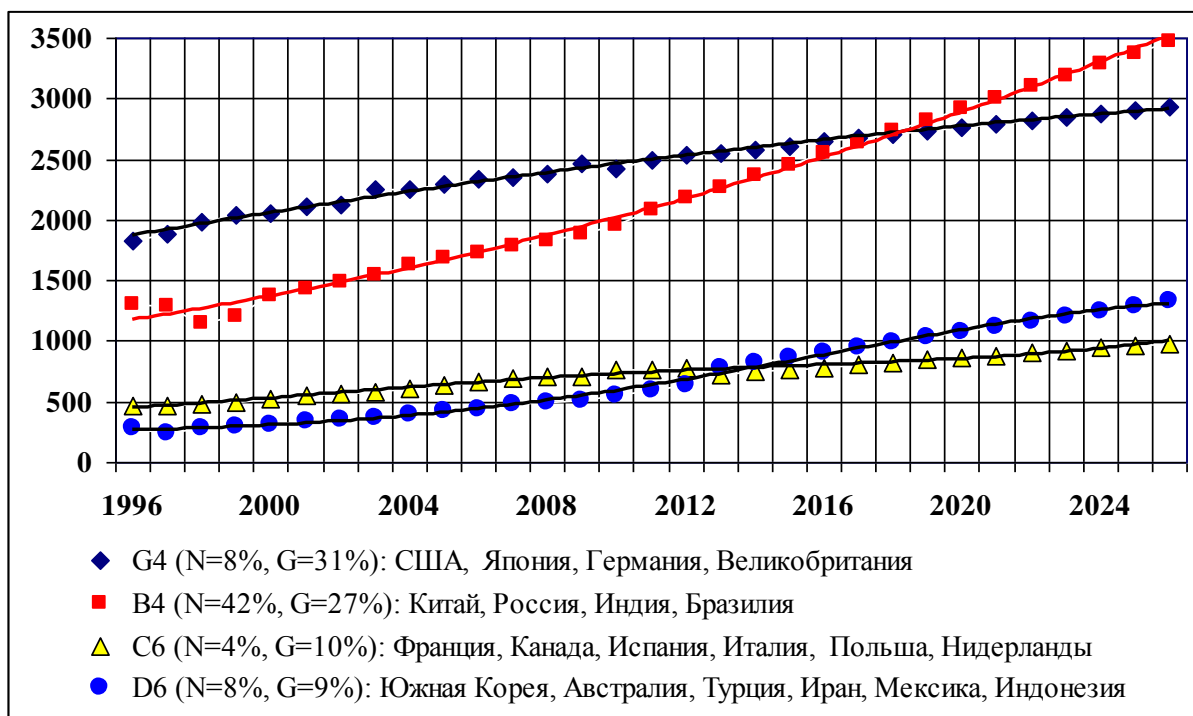


Рис. 8.2. Число ученых в различных группах стран «двадцатки» (тысяч)

Отметим, что число ученых в «двадцатке» составляет около 78% от суммарного числа ученых в мире. Число ученых в следующих 25 странах составляет еще около 10% их мировой численности, и темп роста их количества составляет также около 3% в год. Таким образом, в сумме темп роста числа ученых остается лишь немного медленнее экспоненциального и тенденция к замедлению роста числа ученых пока проявляется не очень сильно.

Согласно прогнозу, представленному на рис. 8.2, темп роста числа ученых на следующие десять лет составит около 2,5% в год (удвоение за 28 лет). К дате следующей технологической революции 2026 года число ученых достигнет около 11 млн чел., причем в рамках «двадцатки» лишь около четверти этого прироста дадут развитые страны групп G4 и C6. Обращает также внимание то, что группы B4 и D6 обладают в четыре

²⁸² Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009–139. 2009.

²⁸³ Адамс Дж., Пендлбери Д., Стембридж Б. Строительные кирпичики БРИК. – Thomson Reuters, 2013.

раза большим человеческим потенциалом, чем G4 и C6, и приближаются к ним по объему ВВП, что может послужить важной основой для дальнейшего развития стран в этих группах.

8.2. Система создания знания

Существенно, что система создания *нового* знания в мире состоит из двух значительно различающихся подсистем, действующих на базе развитых и развивающихся стран. Эти две системы можно представить так, как показано на рис. 8.3^{284, 285, 286} (здесь речь идет об общепринятом понимании понятия «развивающиеся» страны, в отличие от принятого в предыдущем разделе).

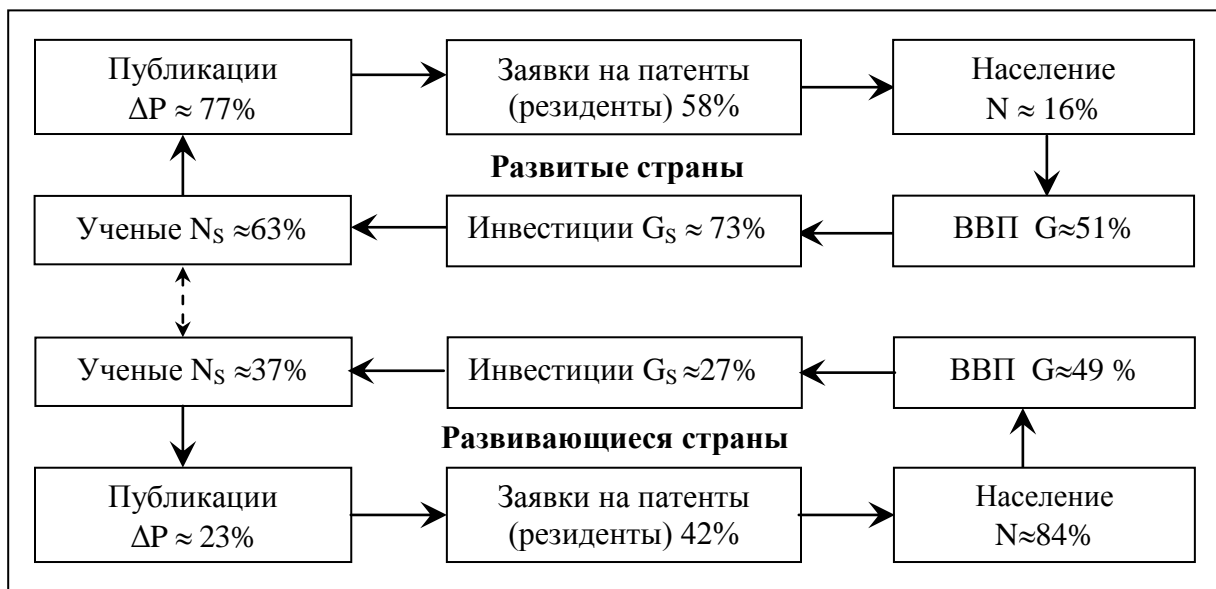


Рис. 8.3. Система создания знания в современном мире (2011 год)

Видно, что при примерно равном объеме ВВП этих двух групп в развитых странах значительно больше число ученых и объем инвестиций в R&D и соответственно больше доля публикаций и заявок на патенты.

Если рассмотреть систему входа-выхода научной деятельности в стране, то ее упрощенно можно представить так, как показано на рис. 8.4.

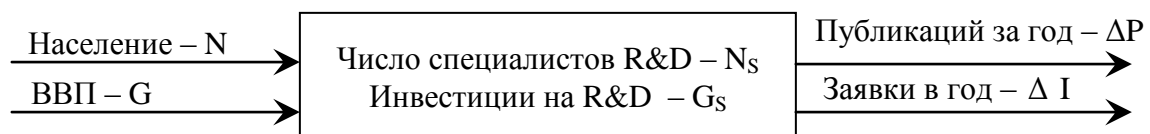


Рис. 8.4. Схема входа-выхода «научной деятельности»

Нередко в рейтингах научной активности все эти шесть параметров суммируются с некоторыми весами. Однако эффективность результатов научной деятельности зависит от того, насколько хорошо происходит преобразование входных ресурсов во внут-

²⁸⁴ SCImago Journal&Country Rank. 2014. <http://www.scimagojr.com>

²⁸⁵ Якшнонок Г. П. Публикации международного уровня: критерий оценки и рекомендации по подготовке. –2012.

²⁸⁶ Gaze, L., Breen, J. The Research & innovation performance of the G20. Thomson Reuters, 2014. <http://sciencewatch.com/grr/the-g20-nations>

рение, а внутренних в выходящие (результаты). Поэтому суммирование, по сути, не позволяет отличить эффективность научной деятельности от наличия хороших входных условий, которые могут базироваться на успешной рыночной деятельности, или наличия богатых природных ресурсов.

Используя в качестве показателя уровня входов, выходов и внутренних процессов среднее арифметическое соответствующих показателей, можно получить более компактную характеристику систем создания знания развитых и развивающихся стран, которое показано на рис. 8.5. Видно, что эффективность преобразования входных ресурсов во внутренние факторы для развитых стран эффективнее примерно в четыре раза. Это связано с тем, что ВВП на душу населения в развивающихся странах меньше, чем в развитых, более чем в пять раз. Соответственно значительно сложнее выделить инвестиции на научную деятельность. Эффективность же преобразования научных ресурсов в выходные результаты у развитых и развивающихся стран примерно одинакова.



Рис. 8.5. Входы и выходы системы создания знания различных групп стран

Следует также отметить, что результативность НИОКР слабо взаимосвязана с численностью населения этих двух групп стран (см. рис. 8.3) и значительно лучше соответствует выделяемым инвестициям на научную деятельность и числу ученых. Может показаться, что это противоречит полученному выше выводу о взаимосвязи объема знаний с числом людей. Однако тот вывод был получен применительно к человечеству как целостной системе, внутри которой всегда есть более и менее развитые страны и между ними происходит взаимодействие, позволяющее одним группам стран более активно заниматься созданием знания, используя ресурсы других стран, т.е. человечество не является аддитивной системой.

К тому же сейчас человечество как система в результате демографического перехода существенно преобразуется. Отметим также, что лидирующие страны постоянно меняются и на смену одним приходят другие.

8.3. Расходы на НИОКР

Поскольку одним из наиболее сильно влияющих на научную активность факторов являются инвестиции в R&D (GERD – gross domestic expenditure on R&D), важно понимать их динамику. На рис. 8.6 представлен график роста этих инвестиций в зависимости от времени (с 1980 по 2011 год) для США, Европейского сообщества и Китая, т.е. для лидеров научного развития²⁸⁷ в млрд долл. 2005 года по ППС (в суммарные расходы лидеров включены также инвестиции в R&D Японии и Южной Кореи).

²⁸⁷ Science and Engineering Indicators, 2014, National Science Foundation, Arlington, VA (NSB 14-01). <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-4/c4s2.htm#s2>

Видно, что расходы на R&D в США увеличились примерно вдвое за 18 лет с 1981 по 1999 год, т.е. росли с темпом 4% в год, что несколько выше, чем темп роста ВВП в этот период²⁸⁸ (3,5%). С 2000 по 2010 год темп их роста составил около 2% в год, что также выше, чем темп роста ВВП США за этот период (1,5%). Для ЕС темп роста расходов на R&D примерно в полтора раза превышал темп роста ВВП.

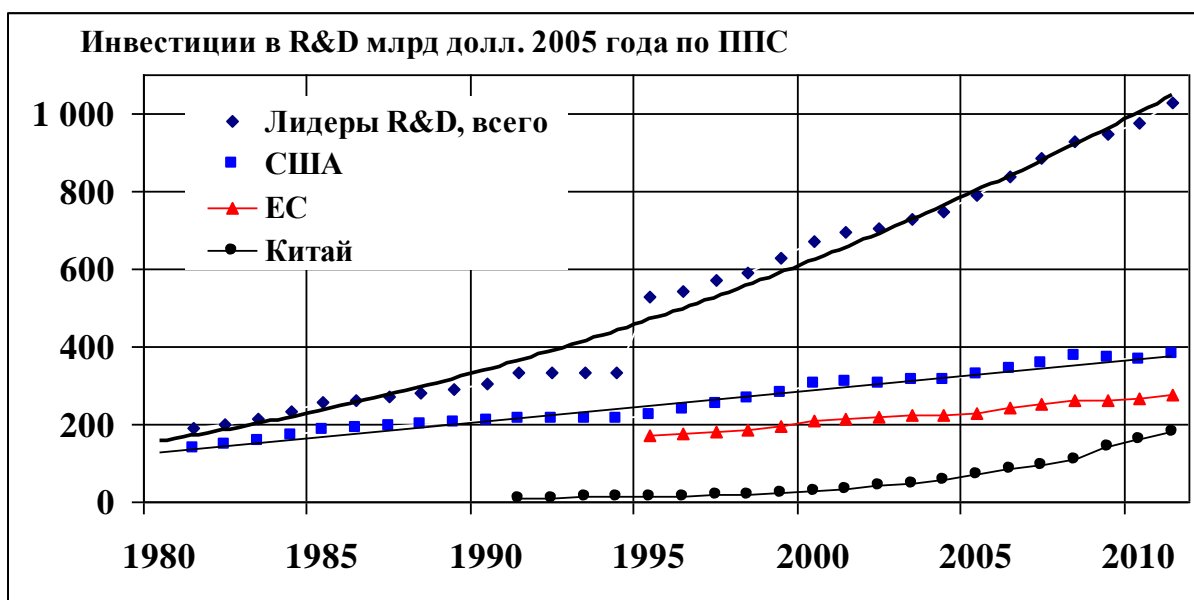


Рис. 8.6. Рост инвестиций в R&D в мире

Темп роста расходов на R&D в Китае значительно выше и составляет около 20% в год на протяжении последних 20 лет, что вдвое выше темпа роста ВВП (9,4% в год). Таким образом, основные лидирующие в области R&D страны и сообщества увеличивали инвестиции в R&D со скоростью, превышающей скорость роста ВВП.

Модель преобразования характеристик, связанных с научной деятельностью стран «двадцатки», можно представить в виде табл. 8.4. Здесь жирным шрифтом выделены основные характеристики, а обычным – коэффициенты преобразования, которые получены делением выходного параметра на входной (см. рис. 8.4).

Таблица 8.4. Преобразование характеристик научной деятельности «двадцатки»

	N,%	G/N	G,%	Gs/G, %	Gs, %	$\Delta P/Gs$	$\Delta P/G$	$\Delta P, %$	G/ ΔP	G,%
G4	8	3,9	31	2,68	0,83	47	1,3	39	0,8	31
B4	40	0,7	27	1,37	0,37	68	0,9	25	1,1	27
C6	4	2,8	10	1,70	0,17	106	1,8	18	0,6	10
D6	8	1,1	9	1,44	0,13	77	1,1	10	0,9	9
GD20	60	1,3	77	1,95	1,50	61	1,2	91	0,8	77

На рис 8.7 отношение Gs/G представлено в виде зависимости от ВВП на душу населения в данной группе (в единицах среднего ВВП на душу населения в мире; по дан-

²⁸⁸ Экономические показатели стран мира. – Сайт Ereport.ru, 2015.
<http://www.ereport.ru/stat.php?razdel=country>

ным Всемирного банка²⁸⁹ по ППС за 2012 год). Можно заметить, что доля ВВП, выделяемая на научную деятельность G_s/G в данной группе стран (коэффициент преобразования ВВП в средства на научную деятельность), достаточно монотонно зависит от ВВП на душу населения. При этом чем ниже ВВП на душу населения, тем меньше G_s/G , поскольку при низком уровне жизни населения трудно выделять средства на науку.

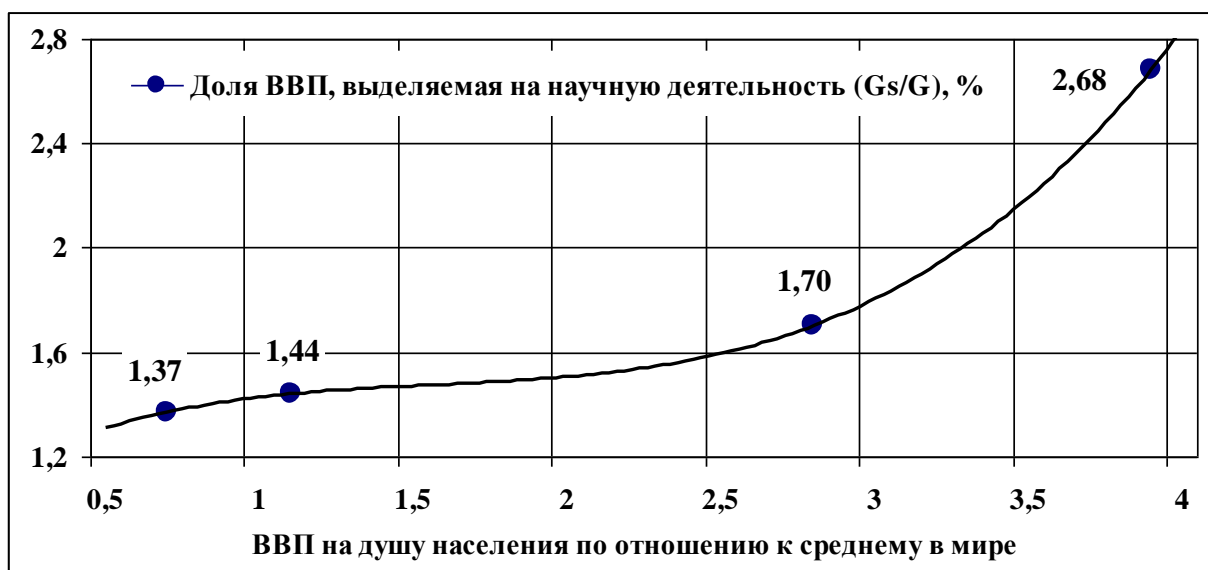


Рис. 8.7. Зависимость доли ВВП, выделяемой на R&D, от ВВП на душу населения

Данная зависимость дает основание для более детального рассмотрения поведения доли ВВП, выделяемой на R&D, в различных странах мира. Соответствующий график, отражающий долю расходов на R&D²⁹⁰ в 55 странах мира, значимых в научной сфере, представлен на рис. 8.8 по состоянию на 2012 год. Для того чтобы показать взаимосвязь этих двух показателей для конкретных стран, они отложены по оси ординат, причем ВВП на душу населения нормирован на 20 000 междунар. долл. 2012 года по ППС.

Несмотря на существенный разброс данных по сравнению с кривой тренда, можно отметить ряд существенных факторов. Видно, что явным лидером по величине превышения уровня тренда является Китай, который выделяет на R&D примерно в 2,5 раза больше средств, чем в соответствии с трендом. В области богатых стран лидерами по сравнению с трендом являются Израиль, Южная Корея, Япония, Швеция и др.

Россия выделяет средств на R&D больше, чем в соответствии с трендом и своим ВВП на душу населения, но не намного. Это позволяет отнести Россию к странам, идущим по пути инновационного развития, но пока недостаточно активно. Бразилия и Индия также инвестируют в R&D больше, чем в соответствии со своим уровнем ВВП на душу населения.

²⁸⁹ World Bank, Indicators, Research and development expenditure (% of GDP), 2013.

<http://data.worldbank.org/indicator/gb.xpd.rsdv.gd.zs>

²⁹⁰ Там же.

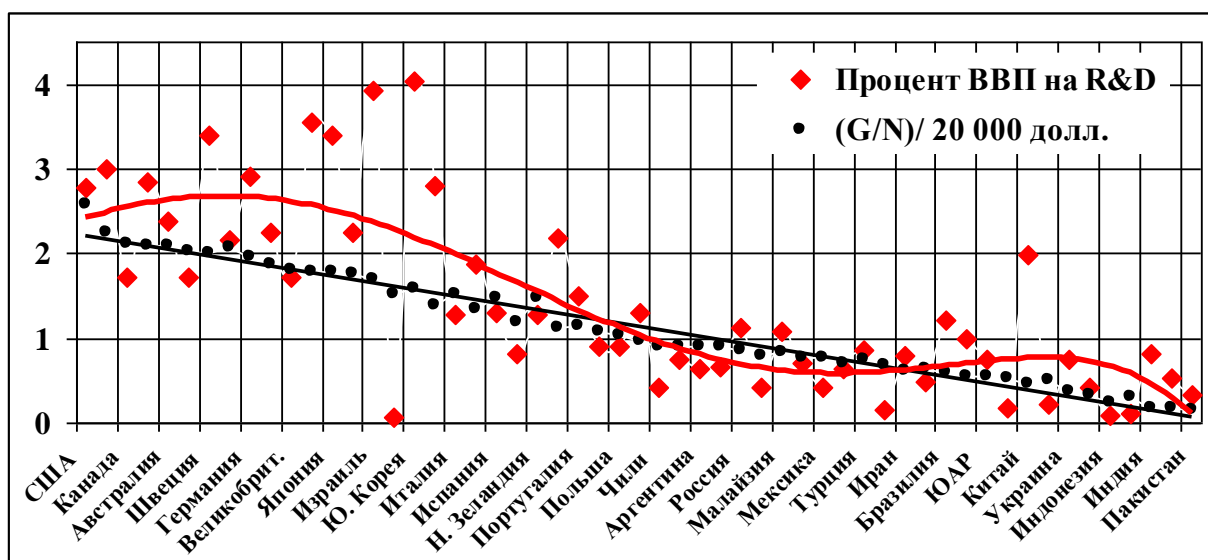


Рис. 8.8. Взаимосвязь доли ВВП, выделяемой на R&D (в %), и ВВП на душу населения

Рассмотрим также общие закономерности структуры этого графика.

Зона менее 5000 долл. на душу населения (ордината менее 0,25). Видно, что в странах с ВВП на душу населения менее этой величины уровень затрат на науку часто составляет менее 0,5% и редко превышает 0,9%, что понятным образом связано с уровнем жизни. Больше других (до 0,8%) тратят Индия и Пакистан, что, возможно, связано с их военным противостоянием, в том числе с желанием создать ядерное оружие. Лидером по минимизации вложения средств в науку является четвертая по численности населения в мире страна – Индонезия, часто включаемая в «двадчатку» лидеров мира (количество ученых в этой стране уменьшается).

Зона от 5000 до 15000 долл. на душу населения (ордината менее 0,75) – это зона «надежды». Страны стремятся вырваться из бедности и вкладывают средства в науку как инструмент развития. Наиболее активно в этом плане преуспел Китай, который тратит около 2% ВВП на R&D, что более чем вдвое превышает уровень вложений в R&D в данной зоне. Весьма активно действуют Бразилия, Иран, Турция – потенциальные лидеры будущего экономического развития в мире.

Зона от 15 000 до 25 000 долл. на душу населения – ее можно назвать «зона спокойствия». Страны тратят меньше средств (0,8–1,6%) на науку, чем это соответствует их уровню ВВП на душу населения. Впрочем, и получают меньше, чем могли бы (G/N ниже прямой линии, см. рис. 8.8). Относительными лидерами в этой зоне являются Россия, Малайзия, Португалия и Эстония.

Зона от 25 000 до 36 000 долл. на душу населения – это относительно узкая зона, в которой значительная доля стран резко увеличивают инвестиции в R&D до 3,5% и даже выше, видимо, чтобы занять лидирующее положение в мире. К этой зоне относятся такие страны, как Южная Корея, Израиль, Япония, Финляндия.

Свыше 36 000 долл. находится «вторая зона спокойствия». Страны тратят на R&D на уровне 1,8–3,0%, хотя могли бы значительно увеличить затраты, но не делают этого.

Несложно заметить, что закономерности, обнаруженные на рис. 8.8, находят свое отражение и на рис. 8.8, хотя и в смягченном виде, из-за того, что в группы, выделенные в рамках «двадчатки», входят страны с различным уровнем G/N.

8.4. Публикационная активность стран мира

В качестве источника данных о публикационной активности в настоящее время широко используется портал SCImago Journal & Country Rank (SJR)²⁹¹, представляющий в свободном доступе в удобной форме рейтинги журналов и стран на основе анализа научных публикаций в Интернете с использованием информации, содержащейся в базе данных Scopus (Elsevier B.V.), и с применением известного алгоритма Google PageRank™. Отметим, что зависимость числа публикаций, зарегистрированных в системе SCImago Journal & Country Rank (SJR), в мире от времени имеет S-образную форму (рис. 8.9). Объем публикаций в мире, согласно Scopus, также имеет аналогичную S-образную форму (см. рис. 1.11), однако он происходит на значительно большем временном интервале. Не исключено, что в случае SCImago это связано с переходом к электронной форме публикаций.



Рис. 8.9. Число публикаций в мире, зарегистрированных в системе SCImago

Графики доли публикаций (в %) в различных группах стран, согласно SCImago, представленные на рис. 8.10, показывают, что доля стран большой четверки G4 в суммарном годовом объеме публикаций (ΔP) убывает достаточно монотонно, что позволяет аппроксимировать дальнейшее поведение публикационной активности этой группы стран.

Вместе с тем доля публикаций стран БРИК постоянно повышается. Можно прогнозировать, что около 2020 года доля публикаций этих стран превысит долю стран G4. Это вполне естественно с учетом того, что уже сейчас ВВП (по ППС) этих стран примерно равны (по данным МВФ и Всемирного банка, ВВП стран БРИК превысил ВВП стран G4 в 2011 году, а по данным ЦРУ – пока меньше)²⁹².

Как показано выше, количество научных работников к этому времени в рассматриваемых группах стран также сравнивается. Поскольку ВВП стран БРИК быстро растет, это дает возможность увеличивать долю отчислений на R&D, не вызывая сильных социальных протестов, несмотря на относительно невысокий ВВП на душу населения.

²⁹¹ SCImago Journal & Country Rank (SJR), 2014. <http://www.scimagojr.com>

²⁹² Список стран по ВВП (ППС). – Википедия, 2014.

В сумме эти две группы стран дают около двух третьих всего числа публикаций в мире. Отметим также, что на рис. 8.10 участники групп указаны в порядке убывания их публикационной активности.

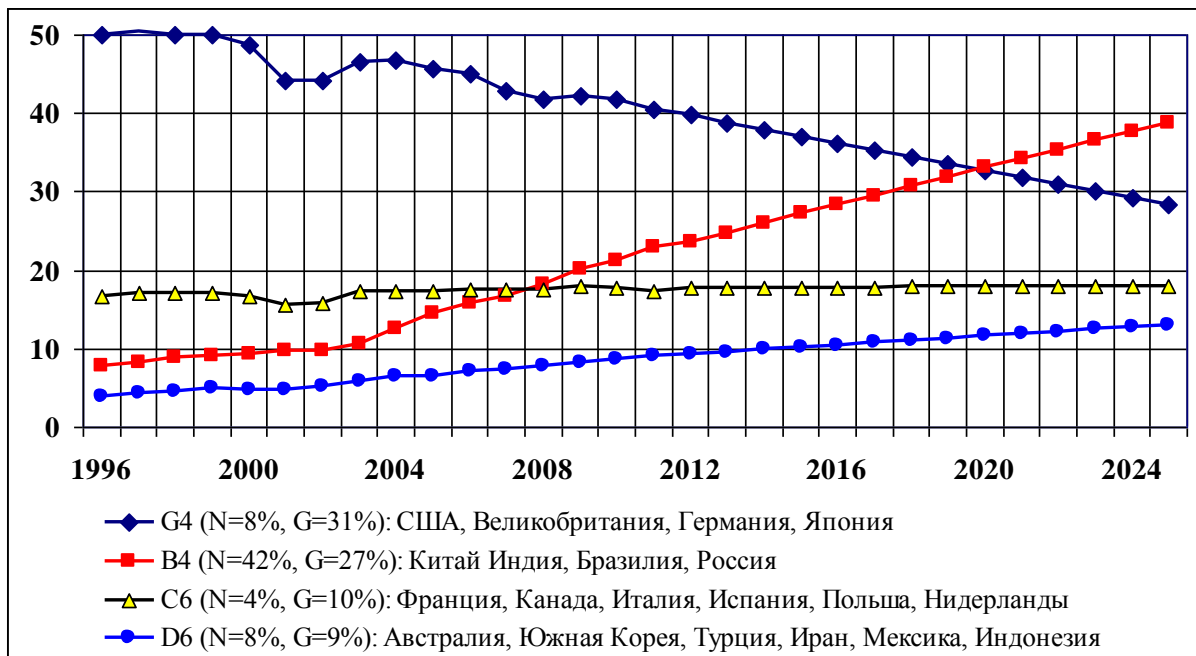


Рис. 8.10. Доля научных публикаций различных групп стран по SCImago (в %)

Страны С6, Д6 также являются взаимно дополняющими, причем доля научных публикаций группы С6 практически постоянна (см. рис. 8.10), а доля группы Д6 довольно быстро увеличивается, хотя и остается значительно меньше, чем С6 (они могут сравняться около 2045 года). Обращает на себя внимание то, что доля традиционно передовых в этой области стран в основном снижается. Стабильный уровень группы С6 связан с ростом публикаций в Испании и Польше. Суммарная доля стран С6 и Д6 в мировом объеме публикаций составляет около 28%.

А вместе научная «двадцатка» G4, B4, C6, D6 обеспечивает около **91%** мирового объема публикаций, согласно данным SCImago. Это значительно больше, чем вклад «двадцатки» в мировой ВВП (около 80%), число ученых (78%) и численность населения (62%), причем доля данной «двадцатки» быстро растет. В 1996 году она составляла только **78%**, в 2011 году – **91%**, а к 2026 году, если ориентироваться на приведенные на рис. 7.10 аппроксимационные зависимости, может составить **~99%**.

Столь важный результат желательно проверить по альтернативным данным. На рис. 8.11 показаны зависимости, аналогичные приведенным на рис. 8.10, но по данным Science and Engineering Indicators Национального научного фонда США (NSF)^{293, 294, 295}.

Хотя картина роста объема научных публикаций в разных группах в целом такая же, но есть и существенные различия, в частности темпы роста публикаций в странах

²⁹³ Science and Engineering Indicators, 2014, National Center for Science and Engineering Statistics, Arlington, VA (NSB 14-01), 2014 <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-4/c4s2.htm#s2>

²⁹⁴ Марков А. Мировая статистика научно-технического развития: Китай рвется вперед, Россия сдает позиции. – 2010. http://21region.org/news/world_news/52818-mirovaya-statistika-nauchno-texnicheskogo-razvitiya-kitaj-rvetsya-vpered-rossiya-sdaet-pozicii.html

²⁹⁵ Рейтинг стран мира по уровню научно-исследовательской активности. – Science and Engineering Indicators 2014. Центр гуманит. технол. <http://gtmarket.ru/ratings/scientific-and-technical-activity/info>, 2014.

БРИК существенно ниже и дата достижения ими уровня стран G4 отодвигается на значительно более позднее время – не на 2020, а примерно на 2028 год. Суммарная доля публикационной активности «двадцатки», по этим данным, в 2013 году несколько ниже (84%, а не 91% и не растет со временем, а сокращается).

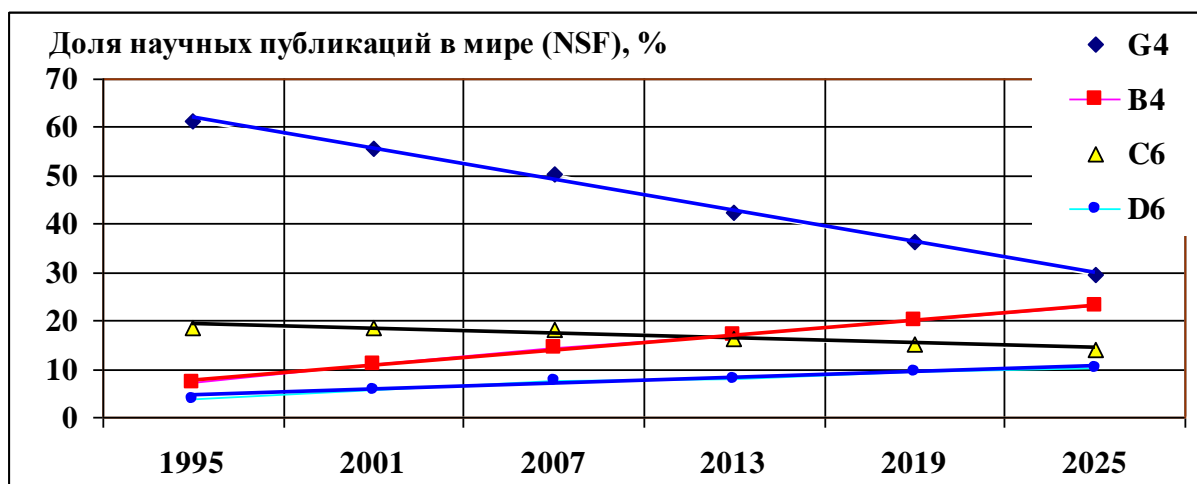


Рис. 8.11. Доля научных публикаций групп стран в мире согласно NSF

Аналогичный график (рис. 8.12) был также построен по данным Web of Science, приведенным в работе Thomson Reuters²⁹⁶.

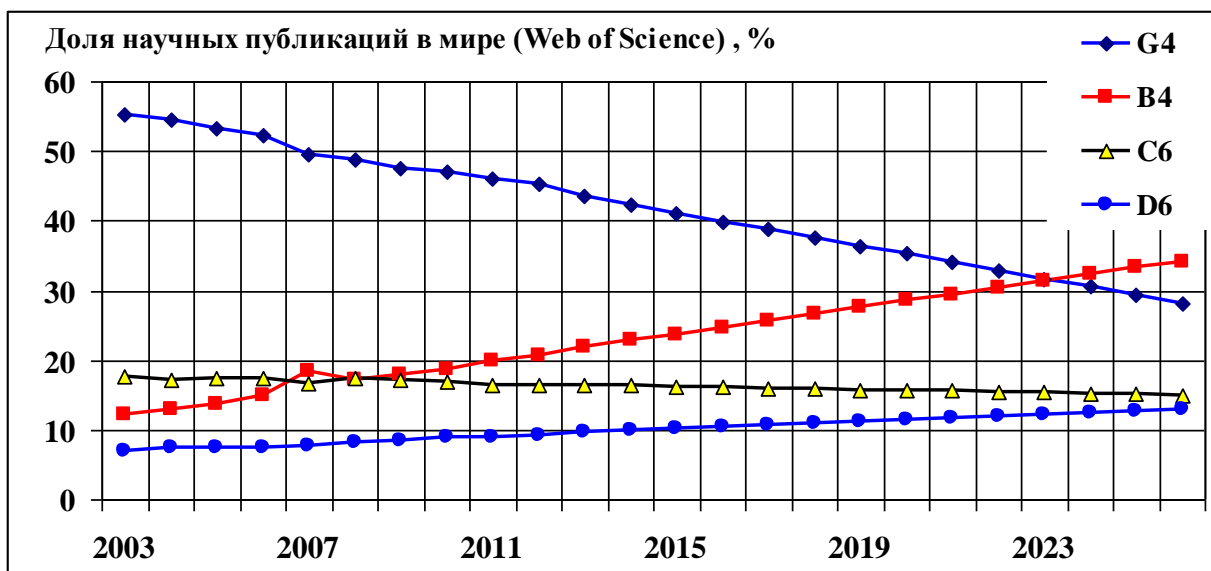


Рис. 8.12. Доля научных публикаций групп стран в мире согласно Web of Science

Поскольку в данном обзоре не приведены данные по Испании, Польше и Нидерландам, но есть информация о публикациях в Евросоюзе в целом, вместо этих трех стран была включена треть публикаций по странам ЕС без Германии, Великобритании, Франции и Италии. В группе D4 отсутствует Иран. В качестве суммарного числа публикаций в мире приближенно использовалась сумма публикаций в приведенных в работе стран, включая все страны ЕС, а также Аргентину, Саудовскую Аравию и ЮАР. Видно, что этот график аналогичен приведенным на рис. 8.10, 8.11, но также несколько

²⁹⁶ Gaze, L., Breen, J. The Research & innovation performance of the G20, Thomson Reuters, 2014.

отличается от них. Здесь равенство объема публикаций стран БРИК и G4 достигается примерно в 2023 году.

В связи с тем что данные различных источников по объему публикаций различных стран заметно различаются, важно сравнить их между собой. На рис. 8.13 приведены данные по суммарному объему публикаций в мире, согласно различным указанным выше источникам.

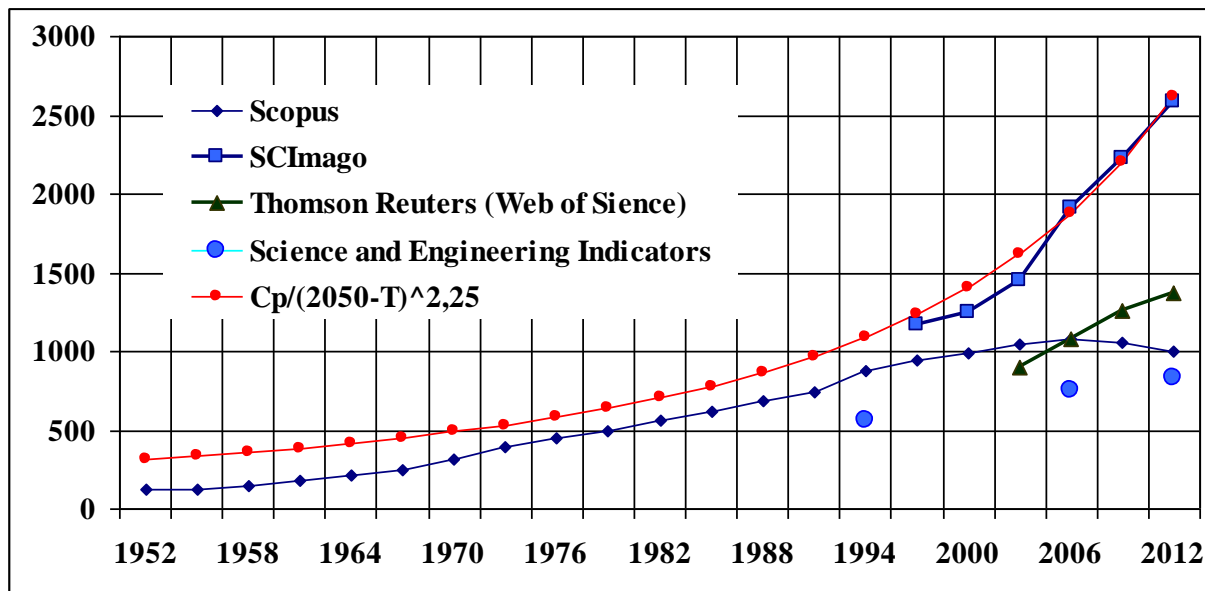


Рис 8.13. Объем публикаций в мире согласно различным источникам (тыс.)

Там же приведена кривая, соответствующая зависимости (5.4), дифференцируя которую мы получим, что ежегодный объем публикаций в мире (в у.к.) выражается формулой

$$\Delta P = 2,81 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{2,25}. \quad (8.4)$$

Если принять, что объем средней публикации равен 0,15 у.к., а объем проиндексированных в интернет-изданиях научных публикаций составляет 50% от объема вновь создаваемого за год знания, то для определения числа проиндексированных публикаций в формуле (8.4) коэффициент при гиперболе необходимо взять равным $C_p = 9,4 \cdot 10^9$. Гипербола с данным коэффициентом и приведена на рис. 8.13.

Видно, что эта гипербола достаточно хорошо согласуется с объемом публикаций SCImago. Данные Scopus соответствуют 1/3 потока знаний в мире, поэтому она лежит ниже. Снижение объема публикаций в базе Scopus в последние годы может быть связано с переходом к интернет-публикациям, что видно из сравнения с SCImago. Данные же Thomson Reuters и Science and Engineering Indicators отличаются более высоким уровнем отбора публикаций, а также более высокими барьерами для публикаций неанглоязычных авторов.

Следует отметить, что гипербола (5.4) и соответственно формула (8.4) имеют ограничение по зоне применимости и нельзя эту зависимость пролонгировать далеко в будущее. Далее следует использовать формулу типа (5.5), а объем публикаций будет выходить на «полку», что заметно на рис. 8.9, но сложно проследить на рис. 8.13.

Результаты анализа коэффициентов преобразования ВВП²⁹⁷ (G) и средств, выделяемых на R&D (Gs) в различных группах стран в публикации (здесь ΔP выражено в долях мирового объема публикаций, G в долях от мирового ВВП, а Gs в долях ВВП данной группы стран) представлены на рис. 8.14 в соответствии с данными табл. 8.4.

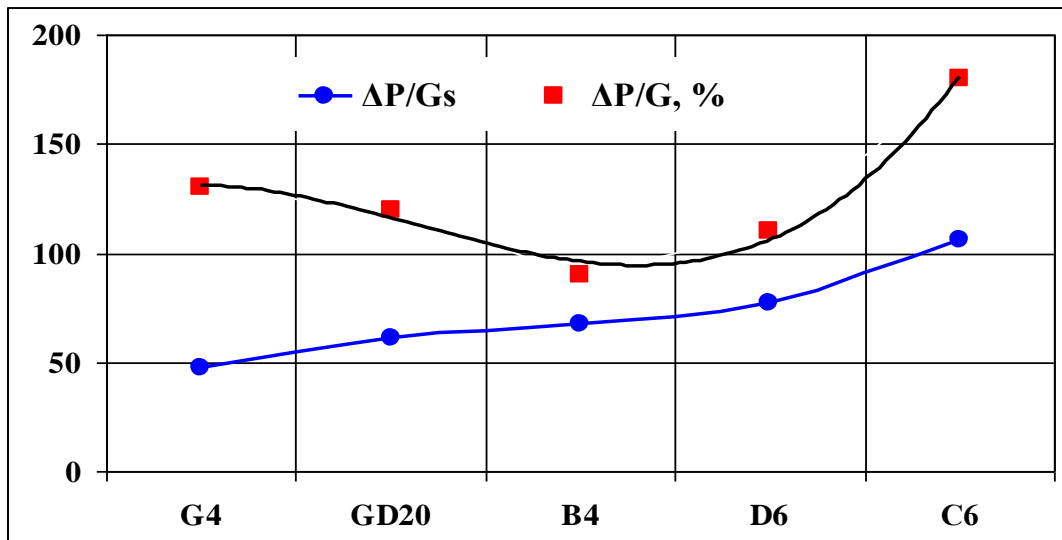


Рис. 8.14. Преобразование ВВП и средств на R&D в публикационную активность

Видно, что наиболее эффективно преобразуют инвестиции в R&D в публикационную активность страны группы С6. Наименее эффективно это делают страны группы G4, но это происходит за счет относительно высоких затрат на науку, и в результате ВВП преобразуется в публикационную активность достаточно эффективно.

Наименее эффективно преобразуют ВВП в публикационную активность (малое отношение $\Delta P/G$) страны БРИК, которые вынуждены выделять мало средств на научную деятельность. Но эффективность преобразования средств, выделяемых на научную деятельность, у них на среднем уровне и выше, чем в G4.

Связь между годовым объемом публикаций (среднее за 1996–2013 годы по SCImago²⁹⁸) и ВВП (по ППС) стран за 2013 год, по данным МВФ, показана на рис. 8.15 в логарифмическом масштабе, причем ВВП отнесено к 50 млрд долл. для представления двух графиков в одном масштабе. Для отражения характеристик крупных стран типа Индонезии, которые имеют относительно низкую публикуемость, в правой части графика ряд малых по величине ВВП стран не приведены, что привело к резкому снижению кривой публикуемости в этой зоне.

Видно, что наличие ВВП порядка 50 млрд долл. соответствует объему публикаций в 1 000 статей в год. Для таких стран, как Китай, Индия, Россия, Бразилия, Иран, Мексика, Аргентина, Индонезия подобный объем публикаций достигается при примерно вдвое большем объеме ВВП, что связано, в частности, с относительно более низкими отчислениями на науку, чем в развитых странах. Наоборот, для развитых стран, в частности Германии, Великобритании, Франции, Италии, Швеции, Израиля, Норвегии, соответствующий объем публикаций достигается при меньшем ВВП.

²⁹⁷ В данном разделе используются данные МВФ по ВВП (по ППС), опубликованные в Википедии, 2014. <https://ru.wikipedia.org>

²⁹⁸ SCImago Journal & Country Rank (SJR), 2014. <http://www.scimagojr.com>

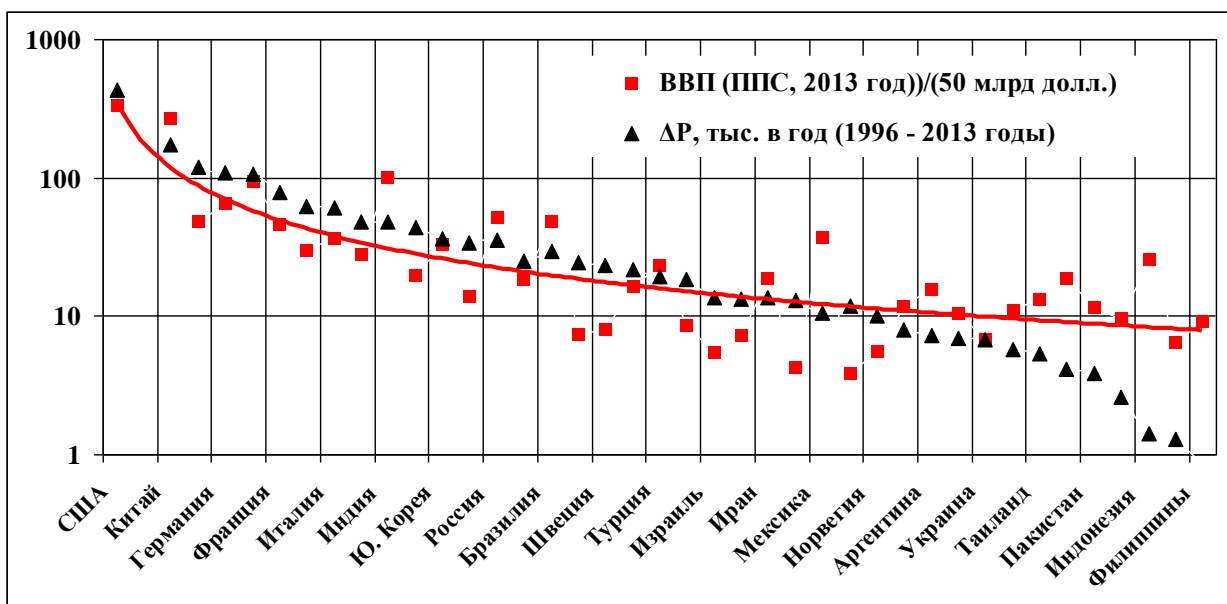


Рис. 8.15. Годовое число публикаций по SCImago и ВВП научно активных стран

График на рис. 8.15 дает общее представление о конверсии ВВП в производство знаний, однако логарифмический масштаб и осреднение данных по публикациям за 18 лет делают незаметными более тонкие эффекты. Более подробно коэффициент конверсии ВВП в публикации для различных стран представлен на рис. 8.16 в виде отношения ВВП различных стран к числу публикаций по SCImago²⁹⁹ ($G/\Delta P$) в млн долл. 2013 года по ППС.

Видно, что отношение $G/\Delta P$ меняется в широких пределах – от 10 млн долл. на публикацию для развитых стран до 100 млн долл./публ. для развивающихся стран (Мексика, Нигерия, Индия, Аргентина и др.). Это связано с тем, что развивающиеся страны выделяют меньше средств на инвестирование R&D. Для стран – лидеров научного развития $G/\Delta P$ лежит в пределах 20–40 млн долл./публ. Россия примыкает к зоне лидеров со смещением в сторону развивающихся стран, что также связано с ограниченным финансированием R&D. Для развитых стран Европы величина $G/\Delta P$ лежит в диапазоне 10–20 млн долл./публ.

В качестве показателя эффективности публикационной активности более уместно использовать отношение объема инвестиций в R&D к числу публикаций по SCImago ($G_S/\Delta P$ – стоимость одной публикации в тыс. междунар. долл. 2013 года по ППС). Зависимость данного показателя от объема инвестиций страны в R&D в сотнях млн долл. представлена на рис. 8.17.

Согласно основной тенденции, заметной на рис. 8.17, чем больше средств выделяет страна на R&D, тем дороже обходится каждая публикация. Это может быть связано с тем, что страны, делающие большие инвестиции в науку, открывают новые, более рискованные направления исследований, причем масштабные. Но вполне возможно, что они менее внимательно следят за эффективностью использования средств.

²⁹⁹ SCImago Journal & Country Rank (SJR), 2014. <http://www.scimagojr.com>

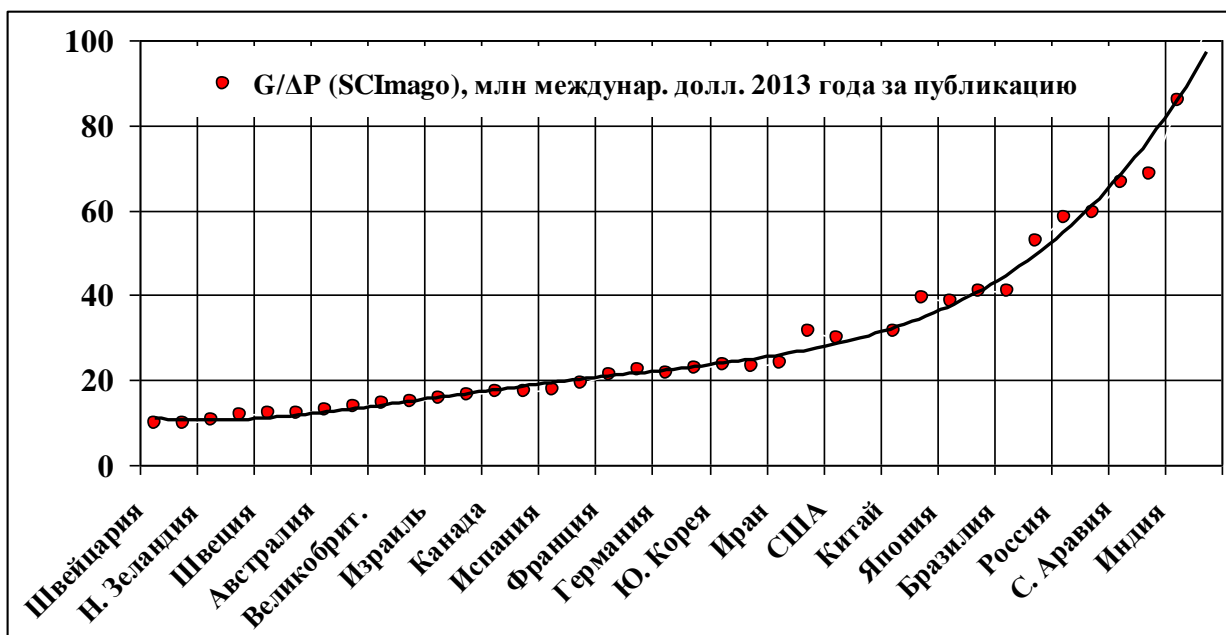


Рис. 8.16. Отношение ВВП к числу публикаций за год по SCImago, млн долл.

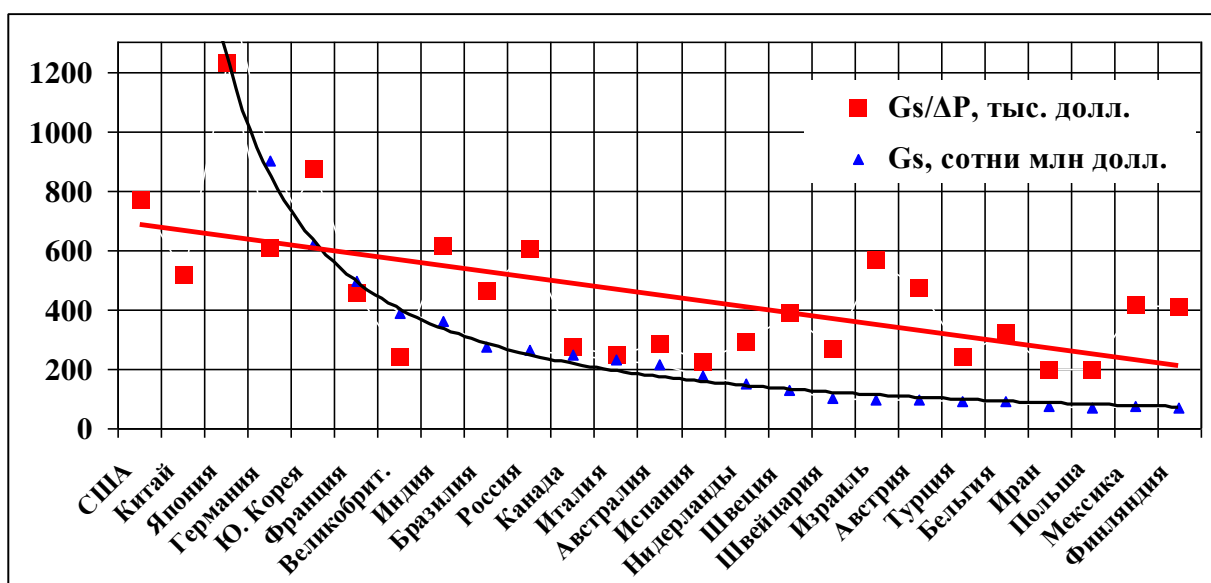


Рис. 8.17. Стоимость одной публикации по SCImago от объема инвестиций в R&D

Относительно высокую стоимость (на уровне 600 000 долл. за публикацию) тратят большинство лидеров научного развития, т.е. страны, инвестирующие в R&D около 80% мирового объема средств. Лишь Великобритания отличается по эффективности использования средств на R&D от группы лидеров по причине, связанной с языковым фактором. В то же время такие страны, как Япония и Южная Корея тратят в полтора-два раза больше, возможно, также в связи с языковым фактором. Большинство стран Европы и ряд развивающихся стран тратят на уровне 300 000 долл. на публикацию.

Применительно к России одна публикация SCImago соответствует инвестициям в R&D в размере примерно 600 тыс. долл. (по ППС, 2012 год), а публикация, отраженная в Science and Engineering Indicators, примерно втрое дороже. Следует отметить, что Россия находится на границе между лидирующей десяткой и странами, тратящими

средства более экономно. Потенциально она могла бы примерно в полтора раза увеличить объем публикаций при том же финансировании.

8.5. Публикационная активность и языковой фактор

Некоторые особенности публикационной активности можно понять, рассмотрев языковой фактор. Так, из 50 международных научных журналов, имеющих, согласно SCImago Journal & Country Rank (SJR), наиболее высокий рейтинг, 27 публикуются в США и 23 в Великобритании. Ни один журнал высшего рейтинга не издается на других языках.

Посмотрим, к чему это приводит. Так, Великобритания находится на восьмом месте по объему ВВП и числу ученых и на третьем по числу публикаций. Из рис. 8.17 также видно, что одна публикация для нее обходится почти втрое дешевле, чем для стран лидирующей группы стран. Вероятно, это связано с тем, что большинство публикаций, учитываемых в международных поисковых системах, ориентировано на английский язык.

Отраженные в Scopus публикации в доминирующем большинстве (82%) публикуются на английском языке. Доля других языков публикаций в мире³⁰⁰ представлена в табл. 8.5 (здесь к английской языковой группе отнесены США, Англия, Канада, Австралия и Новая Зеландия).

Таблица 8.5. Распределение научной активности и публикаций по языкам

Язык	Доля публикаций в мире, %	Доля средств на R&D в мире, %	Доля публикаций на языке группы, %
Английский	37	38	82
Китайский	15	16	2,2
Немецкий	6,0	6,6	3,5
Французский	4,3	3,7	2,4
Русский	1,7	1,9	2,0
Другие	36	33	8

Видно, что отношение доли публикаций по SCImago в мире к доле средств на R&D для всех групп близко к единице (отклонения на уровне 10%) и явно выраженных приоритетов незаметно. Однако для английской группы это связано с высокой эффективностью использования средств на науку в Великобритании, Канаде, Австралии и Новой Зеландии и низкой в США.

При этом на английском языке публикуется примерно вдвое больше статей, чем в странах данной языковой группы. В то же время страны, не входящие в эти пять языковых групп, обеспечивают примерно треть мирового потока научных исследований, но на их языках публикуется лишь 8% статей, т.е. языковое смещение (отношение доли публикаций на языке группы к ее доле публикаций на всех языках) здесь примерно четырехкратное. Для китайского же языка языковое смещение семикратное, т.е. только седьмая часть публикаций китайцев производится на китайском языке.

³⁰⁰ Главачева Ю.Н. SciVerse Scopus – продукт компании Elsevier. – 2013.
http://library.kpi.kharkov.ua/Prezent/2_scopus.pdf

Интересно, что для России языковое смещение практически отсутствует. Но это, видимо, означает, что на русском языке публикуется достаточно много статей авторами других стран бывшего Союза. Вероятно также, в этом проявляется недостаточность умения русскоязычных авторов публиковаться на других языках.

В целом можно отметить, что показатель публикационной активности существенно зависит от языкового фактора, и это важный ресурс значительного увеличения публикационной активности России за счет относительно малых целевых вложений средств в снятие языкового барьера.

Основные результаты главы 8

Общеизвестная экспоненциальная модель роста числа ученых в мире, которая может быть приближенно выражена формулой

$$N_S = 10^{T/50 - 33},$$

принципиально неверна ранее 1650 года, когда число ученых становится менее одного.

Гиперболическая модель роста числа специалистов в области R&D, базирующаяся на модели роста объема знания, имеет вид

$$N_S = 16 \cdot 10^9 / (2050 - T)^2.$$

Существующая система создания знания в мире состоит из двух значительно различающихся частей, базирующихся на развитых и развивающихся странах.

Лидирующими по публикационной активности группами стран (65% мирового объема) являются «большая четверка» (США, Великобритания, Германия и Япония) и страны БРИК, причем доля публикаций стран G4 падает, а В4 – растет. Прогнозируется их паритет около 2021 года.

Ежегодный объем публикаций в мире (в у.к.) в настоящее время выражается формулой

$$\Delta P = 2,81 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{2,25}.$$

Для лидирующей научной «десятки» инвестиции в R&D в расчете на одну публикацию (по SCImago) составляют около 600 тыс. долл. (по ППС, 2012 год). Япония и Южная Корея тратят в 1,5–2 раза больше. Большинство стран Европы (кроме Германии и Франции) тратят порядка 300 000 долл. на публикацию.

Инвестиции в R&D в расчете на одну публикацию (по SCImago) в России соответствуют уровню лидирующей «десятки», но потенциально могли бы быть меньше примерно в полтора раза.

Показатель публикационной активности существенно зависит от языкового барьера, в частности от знания английского языка, на котором публикуется 82% мирового объема знаний, зафиксированного в реферативных базах типа Scopus.

Глава 9. Следующие технологические революции

9.1. Содержание следующей технологической революции

Использование базы данных SCImago Journal & Country Rank (SJR) позволяет получить определенные выводы и о направлениях научных исследований в мире. Так, в табл. 9.1 приведено распределение направлений исследований в составе 50 журналов, имеющих наиболее высокий научный рейтинг³⁰¹, а также тематики публикаций согласно реферативной базе Scopus³⁰² (см. рис. 1.11).

Таблица 9.1. Направленность научных исследований в мире

Направления исследований	50 ведущих журналов, %	База Scopus, %
Медицина	12	31
Биохимия, генетика, молекулярная биология	42	11
Агрокультура и бионауки		7
Физика и астрономия	14	11
Техника		7
Математика		7
Химия	6	5
Компьютерные науки		4
Социальные науки		4
Экология		4
Науки о Земле и планетах		3
Материаловедение		2
Химическое машиностроение		2
Нейронауки	6	2
Энергетика		1
Нанотехнологии	2	
Мультидисциплинарные	4	

Ясно, что в 50 ведущих журналах внимание сконцентрировано на наиболее передовых направлениях исследований, поэтому эти две оценки различаются. Тем не менее в обеих такие направления, как биохимия, генетика, молекулярная биология, медицина, агрокультура, биологические науки и экология занимают около 54% всех публикаций, что свидетельствует о направленности наступающей технологической революции, а точнее, ее второго этапа.

Среди остальных наук лидирующее положение занимают физика, астрономия, науки о Земле и планетах – 14%. Вызывает удивление, что компьютерным наукам в этих двух базах мировых научных публикаций уделяется исключительно мало внима-

³⁰¹ SCImago Journal&Country Rank, 2014.

³⁰² Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011.

<http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>

ния, хотя кибернетическая революция была последней по времени и до сих пор является лидером в области технического использования достижений науки. Нанотехнологии также находятся на последних местах в тематике публикаций – 0–2%. Из новых направлений устойчивое внимание привлекают нейронауки – 6% в 50 ведущих журналах и 2% в Scopus.

До последнего момента в данной работе мы старались избегать аппроксимации известных зависимостей на далекое будущее. Это связано с логикой системного подхода, согласно которому в период перехода системы в новое состояние (демографический переход) такие аппроксимации достаточно ненадежны. Тем не менее мы дали прогноз дат двух следующих революций, которые произойдут в рамках существующих зависимостей между ростом знания и численностью человечества:

1. Вторая стадия биотехнологической революции – 2026 год.
2. Предвестник революции знания – 2059 год.

Почему именно такое содержание данных революций представляется наиболее вероятным? Во-первых, приведенная выше статистика направленности публикаций довольно однозначно свидетельствует, что ближайшая революция будет именно биотехнологической. Во-вторых, последние достижения науки, такие как расшифровка геномов человека и других организмов, геновая инженерия, создание ГМО, клонирование, клеточные технологии и т.д. создают основу для новых радикальных достижений в этой области. В-третьих, именно с этой областью связаны наиболее глубинные неудовлетворенные потребности современного человека, такие как улучшение здоровья людей и продление срока жизни, а возможно, и бессмертие.

Для более корректного определения содержания следующей технологической революции желательно использовать количественные методы оценивания. Для этого необходимо произвести четыре последовательные операции: выявить основные возможные варианты революций, сформулировать критерии оценивания, сделать оценки вариантов и произвести выбор.

В литературе можно найти минимум три варианта возможных революций: «биотехнологическая», «нанотехнологическая» и НБИК: «нано-био-инфо-когно». Можно предположить, что актуальной является также «биоэкологическая» революция.

Каждая новая технологическая революция приносит все новые опасности в наш мир, но опасности биотехнологической революции на порядок критичнее, чем все предыдущие, и могут привести к гибели человечества. В совокупности с тем, что человечество вплотную подошло к критическому уровню нагрузки на природную среду, это делает востребованность биоэкологической революции очень высокой. При рассмотрении вероятности реализации биоэкологической революции мы рассмотрим биотехнологические и экологические факторы отдельно.

В качестве критериев идентификации области, в которой произойдет технологическая революция, можно выбрать следующие:

1. Технологическая революция происходит на базе крупнейших научных достижений.
2. Плоды революции наиболее актуальны для людей как потребителей, и соответственно можно сформулировать те новые продукты и услуги, которые реально может получить потребитель и платить за это большие деньги.
3. Должен наблюдаться всплеск производства знаний в данной области.
4. Результаты революции должны быть достижимы за относительно короткий период времени, и соответствующая техника и технологии уже создаются.

5. Это крупнейшая по значимости целостная область знания и практики, а не отдельные слабо взаимосвязанные достижения.
6. Данная революция соответствует предназначению существования человечества, а именно становлению и развитию разума и мышления.

Результаты оценки по этим критериям в приведенных выше перспективных технологических областях даны в табл. 9.2. Из таблицы видно, что во всех указанных областях есть крупные научные достижения. Однако достижение крупных практических результатов в течение 10–20 лет наиболее вероятно в области биотехнологий, если исключить биотехнологические успехи из двух других областей.

Наиболее высокий платежеспособный спрос также характерен для биотехнологий. Это связано с тем, что здоровье и продление жизни относятся к наивысшим приоритетам человека. Кроме того, инновационные биотехнологии уже сейчас дают значительное повышение продуктивности сельского хозяйства (производство продуктов питания и биотоплив). В течение 10–20 лет в этих направлениях может произойти существенный прогресс.

Для предварительного оценивания сформулированных в табл. 9.2 комментариев сформирована таблица приоритетов (мест) различных революций с точки зрения автора данной работы (табл. 9.3).

Таблица 9.2. Идентификация области новой технологической революции

Критерий	Био-	Нано-	НБИК	Экологическая
1. Крупнейшие научные достижения	Генная инженерия, геном человека, клонирование, регенеративная медицина, стволовые клетки, ГМО	Графен, наномикроскопы, нанотрубки, нанокompозиты, наночипы	Закон Мура, ДНК-память, квантовые вычисления, квантовая телепортация, программы, играющие лучше человека	Солнечная энергетика, биотопливо, очистные технологии, наночистоты, энергосбережение, экономные лампы, замкнутые производства
2. Наличие платежеспособного спроса	Огромный спрос на методы лечения и продления жизни, повышение продуктивности сельского хозяйства	Спрос на новые материалы в бизнесе и более совершенную ИТ-технику относительно невысокий	Наибольший спрос на продукцию биотехнологий и ИТ с использованием наночастиц	Потенциально чистая среда имеет очень высокий спрос, но люди сами не готовы за это платить. Платить должны государства
3. Высокая доля научных публикаций	До 50% публикаций по данным Scopus (медицина, биохимия, генетика, экология, микробиология, агробиология и др.)	По данным Scopus, не входит в десять наиболее публикуемых отраслей знания	Есть всплеск, который скорее следует относить к биотехнологиям и в меньшей мере к когнитивным технологиям	Относительно низкая доля публикаций, в основном в области новой энергетики

Критерий	Био-	Нано-	НБИК	Экологическая
4. Достижимость за 10–20 лет	Реально достижимы значительные результаты	Некоторые результаты достижимы в данный период	Значительные результаты будут позднее	Можно достигнуть перелома, но не радикальных улучшений
5. Крупнейшая, целостная область знаний	Достаточно целостная, крупнейшая область	Наддисциплинарная технология, применимая в разных сферах	Совокупность слабо зависимых технологий	Совокупность слабо зависимых технологий
6. Соответствие предназначению человечества	Познание биологических основ жизни в высокой мере соответствует предназначению	Служебная дисциплина, расширяющая знание человечества в одну сторону – микромир	Все охватывающая сфера, но не ясна ее системная связь с предназначением	Нацелена на выживание человечества, поэтому соответствует предназначению

Таблица 9.3. Приоритеты ближайших технологических революций

Критерий	Био-	Нано-	НБИК	Экологич.
1. Крупнейшие научные достижения	1–2	3–4	1–2	3–4
2. Наличие платежеспособного спроса	1	3–4	3–4	2
3. Высокая доля научных публикаций	1	3–4	2	3–4
4. Достижимость за 10–20 лет	1–2	3	4	1–2
5. Крупнейшая, целостная область знаний	1	2	3–4	3–4
6. Соответствие предназначению человечества	2	4	3	1
Сумма мест, деленная на шесть	1,3	3,3	2,9	2,5

Крупнейшие научные достижения в настоящее время относятся к биотехнологиям и области НБИК. Самый высокий платежеспособный спрос существует на продукцию биомедицины и повышение продуктивности сельского хозяйства. На втором месте находится спрос на чистую среду, но каждый отдельный человек платить за это не готов.

Более 50% всех научных публикаций в мире приходится на биологические науки (медицина, биохимия, генетика, молекулярная биология, агробиология, нейробиология и другие биологические науки), как показано в табл. 9.1, что на порядок превосходит других претендентов. Достижимость значимых результатов революций за 10–20 лет наибольшая для био- и экологических технологий.

Критерию целостности научной отрасли в наибольшей мере отвечают биотехнологии. Совокупность НБИК в настоящее время не является тесно связанной научной областью, хотя определенная их интеграция присутствует. Более тесная синергия этих наук возможна в дальнейшем, ориентировочно через 30–50 лет. Нано-физика является скорее надтехнологической областью, такой как оптика, атомная физика, химия, которая служит инструментом для развития технологий, дающих непосредственный результат для производства товарной продукции.

Критерию соответствия предназначению человечества в наибольшей мере отвечает экологическая революция, поскольку она нацелена на его выживание.

Таким образом, представляется, что грядущая технологическая революция будет биотехнологической. Однако стоимость ошибки такого прогноза столь велика, что он требует тщательнейшей проверки, и проведенные выше оценки следует считать предварительными.

9.2. Революция знания?

Какова же будет следующая технологическая революция, предвестник которой прогнозируется на вторую половину XXI века (примерно 2059 год), и почему выше высказано предположение, что она будет революцией знания? В данной работе мы уже достаточно много обсуждали ключевую роль знания для развития человечества. Наиболее важным результатом, обоснованным в параграфе 7.2 (формула 7.6), является то, что средний ВВП на душу населения в мире прямо пропорционален объему знания человечества $G/N = k \cdot Z$, а также то, что революционные сдвиги в технологиях происходят в связи с ростом объема знания (см. рис. 5.9). Поэтому активизация роста знания является одним из самых актуальных направлений деятельности человечества.

Можно отметить, кроме того, что революционные сдвиги, связанные с развитием методов создания и использования знания, происходили в истории человечества уже неоднократно. Первый из них – создание античной науки как системы знаний о мире – был связан с технологической революцией железа. Второй – это революция Возрождения (1530 год), результатом которой стало создание классической науки (1674 год), когда наука из умозрительной стала инструментальной, т.е. использующей методы измерения и строгих доказательств. Именно это заложило фундамент последующих промышленных революций.

Третий этап – научно-техническая революция (НТР), связанная с возникновением современной науки (предвестник – 1900 год, основная революция – 1935 год). В это время наука стала реальной производительной силой.

Кибернетические революции создали инструменты для поддержки человеческого мышления с помощью вычислительных машин, освободили человека от многих рутинных мыслительных работ. Тем не менее стало ясно, что электронные машины, несмотря на стремительное совершенствование, еще не стали инструментом создания знания, хотя есть основание предполагать, что это может произойти в будущем.

Феномен демографического перехода поставил человечество перед возможностью полного прекращения развития и роста благосостояния уже к концу этого столетия, если не будут найдены другие способы роста знания при стабильной численности человечества. Таким образом, поиск методов интенсификации создания знания при стабильной численности человечества становится ключевой, жизненно важной потребностью человечества.

Для систематизации основных этапов развития подходов к созданию знания основные их характеристики сведены в табл. 9.4^{303, 304, 305, 306, 307, 308}.

³⁰³ Bernal J. B. Science in history. London, Watts, 1954. –743 с.

³⁰⁴ Bunch, B., Hellemans, A. The history of science and technology. 2004.

³⁰⁵ Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие. – М., 1998. http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/grushev/index.php

³⁰⁶ Логвинов В.В. Открытия и достижения науки и техники за последние 570 лет. – М., 2014.

Таблица 9.4. Этапы развития подходов к созданию знания

Год	Объем знаний, млн у.к.	Революция (эпоха)	Характерные черты этапа и развитие научного подхода
– 760	0,08	Железный век	1. Античная наука. Создание науки как системы. Натурфилософия. Осевое время (от мифа к логосу, рефлексивное отношение). Правила логики и принципы ведения спора. Александрийская библиотека. Ученые: Аристотель, Гераклит, Пифагор, Евклид, Архимед, Платон, Демокрит, Сократ, Гиппократ, Эпикур, Фалес Милетский, Геродот, Аристарх и др.
1530	0,64	Возрождение	2.1. Наука Возрождения (основы классической науки). Авторское и патентное право, книгопечатание, аналитическая геометрия, таблица логарифмов, гуманитарные науки. Ученые: Л. да Винчи, И. Кеплер, Н. Коперник, Д. Бруно, Г. Галилей, Ф. Бэкон, Е Торричелли, Ф. Парацельс, Х. Колумб, Ф. Магеллан
1674	1,0	Классическая наука	2.2. Классическая наука. Количественный анализ, научный подход, метод редукции, детерминизм, механицизм, дифференциальное исчисление, академия наук, научный журнал. Инструментальная база: телескоп, микроскоп, маятниковые часы, термометр, барометр, арифмометр. Ученые И. Ньютон, Х. Гюйгенс, Р. Гук, И. Бернулли, Р. Декарт, П. Ферма, Л. Эйлер, Г. Лейбниц, Я. Коменский, Р. Бойль, Э. Мариотт, Б. Паскаль, А. Левенгук, Ж. Пикар
1935	5,4	НТР	3. Современная наука. Дисциплинарная организация, резкое расширение числа дисциплин и количества ученых, комплексность. Квантово-релятивистская картина мира, принципы неопределенности и относительности, идеи изменчивости и развития. Наука как производительная сила. Математизация и автоматизация науки, ее дегуманизация. Методы: мозговой штурм, морфологический анализ, ТРИЗ, групповое творчество. Ученые: А. Эйнштейн, М. Планк, Н. Бор, П. Дирак, В. Паули, К. Рентген, Э. Резерфорд, Де Бройль, Э. Шредингер, В. Гейзенберг, Р. Оппенгеймер, Ф. Цвики, Д. Менделеев, В. Вернадский, С. Королев
1990	13,5	Кибернетическая	4. Наука кибернетической эпохи. Кибернетика, информатизация и глобализация науки, вычислительная математика, цифровизация, закон Мура, поисковые технологии, сетевые методы создания знания, когнитивные технологии. Всемирные научные проекты и сверхсложные экспериментальные установки, организация больших научных команд. Теория сложности, системный подход. Возрастание роли биологических наук. Экономике знаний, ОЭСЭР, базы знаний, библиометрические методы, важность неявных знаний, управление знаниями, нейронауки. Ученые: Н. Винер, Д. Нейман, К. Шеннон, А. Тьюринг, Г. Мур, И. Пригожин, Э. Лоренц, Ф. Берталанфи, Дж. Форестер, Г. Саймон, Д. Глейк, Д. Коннор, И. Нонака, Х. Такеучи

³⁰⁷ Хронология открытий человечества. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org>

³⁰⁸ Ошарин А.В. и др. История науки и техники: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006.

2059	43	Предвестник революции знания	5. Наука экономики знаний. Рост знания без роста числа людей. Активизация науки в странах с большим населением (БРИК). Мыслительное превосходство компьютера над человеком. Попытки усиления мыслительных способностей человека. Приоритет экологии
------	----	------------------------------	--

Отметим, что революционные изменения в научном подходе, произошедшие в эпоху Возрождения, способствовали созданию тех подходов, которые были реализованы во второй половине данной революции, которая и закончилась созданием классической науки, поэтому разделение их на две части весьма условное. Датой этой единой научной революции будем считать 1674 год.

Обратим также внимание на следующую закономерность в изменении научной парадигмы. От первой научной парадигмы до второй объем знаний увеличился в 12 раз, от второй до третьей – в 5,4 раза, от третьей до четвертой – в 2,5 раза. Таким образом, время между значительными изменениями научной парадигмы в гиперболической стадии развития человечества сокращалось так же, как и период между всеми технологическими революциями. После демографического перехода темпы изменений снизились, тем не менее логично ожидать, что при увеличении объема знаний еще в 2,5–3 раза научная парадигма также существенно изменится.

Вместе с тем не исключено, что в ходе биотехнологической революции произойдет еще одно изменение научной парадигмы, что связано с принципиальным отличием биологического подхода от доминировавших ранее парадигм технического типа.

Перед человечеством стоит дилемма: что лучше – стабильное существование без роста благосостояния и развития или угроза загрязнения окружающей среды и истощения природных ресурсов? До последнего времени, несмотря на столетия опасений, что рост численности населения приведет к нехватке ресурсов, человечество за счет роста своих знаний и умений преодолевало барьеры нехватки ресурсов. Возможность же жизни человечества в условиях полной стагнации развития может оказаться значительно более опасной альтернативой.

Представьте себе, что наука стала практически ненужной. Все изобретения уже сделаны, и главное – найти их в бездне библиотек и архивов. Но если возникают новые потребности, то их решают в основном в рамках известных прецедентов. Идеи открытия нового возникают, как правило, на бытовом уровне новых развлечений, не требующих глубоких исследований. Стимулы к развитию становятся практически нулевыми, и общество довольно негативно относится к ученым и инноваторам. Конечно, картина такого общества может быть и более привлекательной, и ее прогнозированию следует уделить значительное внимание, поскольку это один из весьма вероятных сценариев развития человечества или других разумных рас. Но предварительный анализ создает ощущение, что такое общество будет не очень жизнеспособным.

Если вернуться к рис. 8.8, то следует обратить внимание на провал в области ВВП на душу населения от 15 до 25 тыс. долл. Его можно интерпретировать так: еда, жилье, зрелища, социальная защита обеспечены, а больше ничего особо не нужно, да и денег на это нет. Поэтому общество решает воздерживаться от серьезных затрат на науку. Конечно, важно, на каком уровне благосостояния и развития будет достигнута стабилизация. Если при этом человечество еще не решит основные вопросы воспроизводства природных ресурсов, то дальше ситуация будет только ухудшаться, поскольку природ-

ные ресурсы явно исчерпаемы. Поэтому остановка в развитии – это и остановка в решении проблем возобновления ресурсов для жизнедеятельности человечества.

Таким образом, поддержание развития человечества при прекращении роста его численности – важнейшая задача выживания человечества, и сравниться с ней по важности может только задача создания экономики возобновляемых ресурсов, т.е. экологически совершенного общества. К тому же задача создания экологического общества сталкивается с проблемой различия темпов роста разных стран, и если развитые страны могут, в принципе, позволить себе затраты на снижение загрязнения природы и ресурсосберегающую экономику, то развивающимся обществам это скорее всего окажется недоступным.

Для оценки перспектив различных вариантов революции второй половины XXI века используем представленную выше методику оценки (см. табл. 9.2). В качестве возможных вариантов следующей революции рассмотрим революцию знания, экологическую революцию и НБИК. Исходить будем из предположения, что второй этап биотехнологической революции к этому времени будет уже завершен. Критерии оценки оставим те же, но возможные сроки революции сместим до 30–50 лет.

Прежде чем делать оценки, отметим некоторые реалии развития технологий, связанных с революцией знания, в дополнение к факторам, отмеченным в разделе 9.1. С точки зрения позиции одного человека трудно представить сложность решения задачи управления знаниями в размерах всего мира. Для иллюстрации сложности данной задачи на рис. 9.1 показаны основные уровни управления знаниями, примерное число людей, которые оперируют знаниями на этих уровнях, и объем знаний в у.к. На верхнем уровне число участвующих людей составляет порядка 10 млрд, или 10^{10} человек, т.е. очень большое число людей, и ясно, что процессы управления на нижних и верхних уровнях радикально отличаются.

Для нижних уровней управления знаниями уже разработаны относительно детальные теории управления соответствующими процессами. Так, достаточно подробно разработаны методы изобретательского творчества применительно к индивидуальному мышлению. Созданы такие методы творческого мышления, как морфологический анализ³⁰⁹, теория решения изобретательских задач – ТРИЗ³¹⁰, метод ментальных карт³¹¹, функционально-стоимостный анализ^{312, 313} и др.

Существует множество методов группового творчества, таких как деловые игры³¹⁴, групповая дискуссия³¹⁵, мозговой штурм, организационно-деятельностные игры^{316, 317}, синектика³¹⁸, «шесть шляп мышления»³¹⁹ и др.

³⁰⁹ Zwicky, F. *Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach*, McMillan, 1969.

³¹⁰ Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества//Вопросы психологии. – 1956. – № 6. – С. 37–49.

³¹¹ Бьюзен Т., Бьюзен Б. *Супермышление = The Mind Map Book*. – М., 2007. – С. 320.

³¹² Miles, L. D. *How to Cut Costs with Value Analysis, A Special American Machinist Report to The Metalworking Industries*: McGraw-Hill, 1949.

³¹³ Грамп Е.А. Функционально-стоимостный анализ и его использование в промышленности зарубежных стран. – М., 1971.

³¹⁴ Bazil, Leon. *Business games for management and economics: Learning by Playing*. *Stevens Institute of Technology*, USA, 2012.

³¹⁵ Бизнес-поведение в изменяющемся мире. Модуль 1: Принятие решений: Хрестоматия / Грем Саламан. – Жуковский, 2008.

³¹⁶ Щедровицкий Г.П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. – М., 1983.

Одним из наиболее популярных в настоящее время подходов в данной области является «управление знаниями», который ориентирован на активизацию работы со знаниями на уровне компании. Впервые термин «управление знаниями» ввел в 1986 году Карл Вииг³²⁰. Пожалуй, наибольший вклад в развитие теории управления знаниями внесли работы Нонака и Такеучи³²¹.

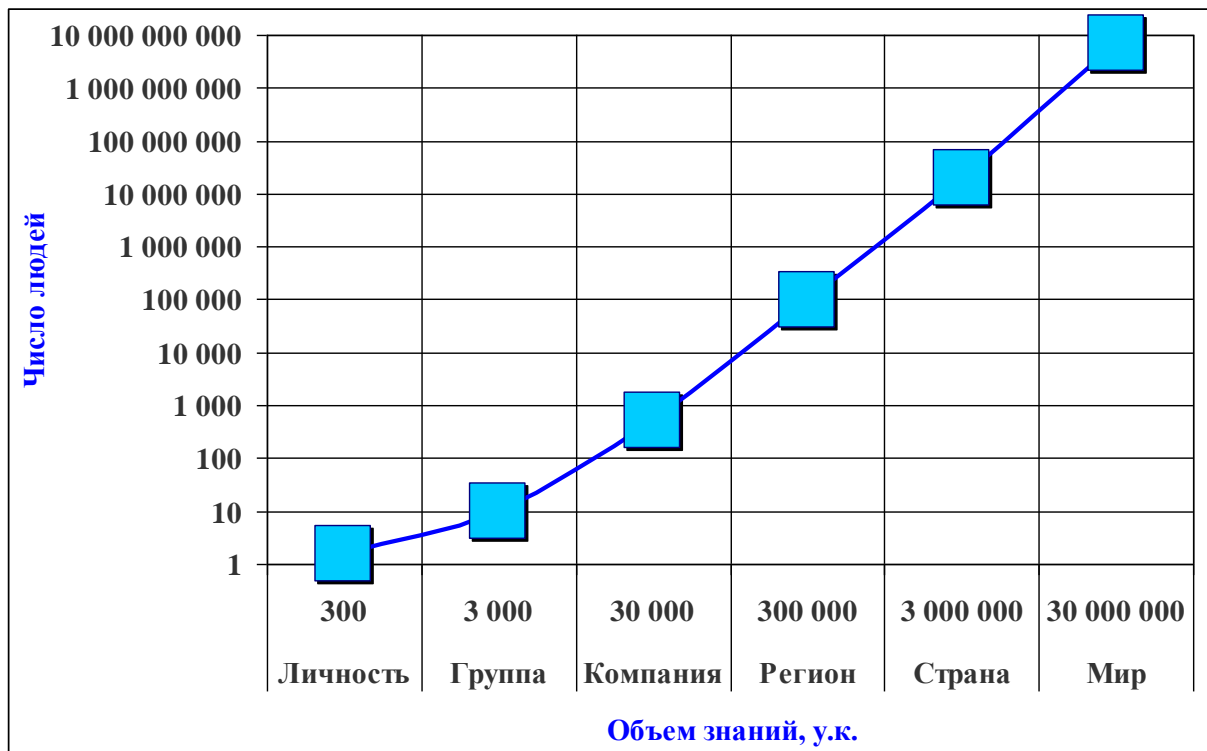


Рис. 9.1. Уровни управления знаниями: число участвующих людей и объем знаний

Управление знаниями и инновациями на более высоком уровне реализуют такие организации, как ЮНИДО и ОЭСР, которые обсуждают и дают рекомендации по промышленному развитию на уровне стран и всего мира. Важными документами, которые посвящены методологии развития инноваций, являются «Руководство ОСЛО»³²², «Руководство Фраскати»³²³, «Руководство по патентованию» и другие методические рекомендации, выпущенные этими организациями.

Значительный вклад в развитие методов повышения эффективности мышления был внесен за счет использования информационных технологий и сети Интернет, развития

³¹⁷ Щедровицкий Г.П. Проблемы организации исследований: от теоретико-мыслительной к организационной методологии анализа. Моногр. «Постановка проблем и решение задач в условиях коллективной мыслительности». Гл. 2. – 1979.

³¹⁸ Gordon, W.J.J. Sinectics: The Development of Creative Capacity. New York, 1961.

³¹⁹ Де Боно Э. Шесть шляп мышления. – СПб., 1997.

³²⁰ Wiig, K. Knowledge Management. Schema Press, Arlington TX, 1993.

³²¹ Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М., 2003.

³²² Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям: совм. публ. ОЭСР и Евростата. – М., 2010. (Пер. на русс. яз., изд-е 2-е, испр.). <http://old.mon.gov.ru/files/materials/7766/ruk.oslo.pdf>

³²³ Измерение научно-технической деятельности. Предлагаемая стандартная практика для обследований, исследований и экспериментальных разработок: Рук-во Фраскати / Пер. и научн. ред. Л.М. Гохберга. – Париж–Москва, 1995.

наукометрии и создания реферативных баз данных типа Scopus. Таким образом, технологии повышения эффективности мыслительной деятельности постоянно совершенствуются, особенно в последнее время. Однако в связи с демографическим переходом этих улучшений может быть недостаточно для достижения следующей технологической революции, а точнее, их пары. Именно поэтому столь важно понять, будет ли революция знания наиболее вероятным претендентом на технологическую революцию второй половины XXI века. В соответствии с ранее использованной методикой сделаем оценку наиболее вероятных претендентов на эту революцию (табл. 9.5).

Таблица 9.5. Идентификация области революции второй половины XXI века

Критерий	Знания	Экологическая	НБИК
1. Крупнейшие научные достижения	Управление знаниями, мозговой штурм, синектика, ТРИЗ, библиометрические методы, базы знаний, вычислительные машины, краудсорсинг, социальные сети	Возобновляемая, безуглеродная энергетика, безотходное и замкнутое производство, энергосбережение, ФСА, снижение уровня CO ₂ , очистка околоземного космоса, антивирусы, генная экология, защита от излучений, шума и т.д.	Наиболее передовые достижения человечества: наночипы, закон Мура, ДНК-память, квантовые вычисления, квантовая телепортация, программы, играющие лучше человека
2. Наличие платежеспособного спроса	Спрос в сфере B2B для создания конкурентоспособных продуктов. Высокий спрос возникнет для реализации знание-емких биотехнологий	Прямой спрос у всех людей, но за «чистый воздух» не принято платить. Для бизнеса это нагрузка. Спрос будет в сфере B2G	Приоритеты спроса не ясны. Видимо, в сфере B2B
3. Высокая доля научных публикаций	Пока невысокая. Нейронауки 2–6%	Scopus – 4%	Нанотехнологии ~ 2%, компьютерные ~ 4%, нейронауки ~ 4%
4. Достижимость за 30–50 лет	Реально достижимы значительные результаты на базе достижений био- и кибер-технологий (закон Мура)	Могут быть достигнуты за счет замены промышленного производства биотехнологиями, но возможно и ухудшение геной экологии	Результаты пока не ясны, не понятна взаимосвязь между компонентами
5. Крупнейшая, целостная область знаний	Целостная область. Пока ~ 2% мирового ВВП	Пока только частично на базе передовых технологий	Совокупность технологий разных революций
6. Соответствие предназначению человечества	В наивысшей мере соответствует предназначению человечества	Напрямую служит сохранению человечества	Отражает взаимосвязь трех технологических революций

Таблица 9.6. Приоритеты революции второй половины XXI века

Критерий	Знания	Экологич.	НБИК
1. Крупнейшие научные достижения	2–3	2–3	1
2. Наличие платежеспособного спроса	1–2	1–2	3
3. Высокая доля научных публикаций	2–3	2–3	1
4. Достижимость за 30–50 лет	1	2	3
5. Крупнейшая, целостная область знаний	1–3	1–3	1–3
6. Соответствие предназначению человечества	1	2	3
7. Среднее	1,8	2,1	2,2

Выполненные оценки указывают на предпочтительность революции знания в качестве основного претендента на революцию второй половины XXI века. Вместе с тем и шансы других претендентов достаточно высоки. В частности, НБИК-революция уже сейчас имеет задел в виде потенциально очень крупных революционных изобретений, таких как ожидание результатов действия закона Мура в течение следующих 40 лет.

9.3. Перспективы революции знания

Следует отметить, что различия в революции знания и НБИК относительно и заключаются в основном в целевых установках. По своему же содержанию они могут во многом быть близкими, поскольку когнитивная компонента НБИК по существу нацелена на развитие знания, а информационная – на поддержку создания знания.

Разница заключается в том, что революция знания имеет четкую целевую установку на ускорение темпов роста знания как источника роста производительности труда и соответственно благосостояния людей. Развитие НБИК технологий не имеет такой четкой нацеленности и ориентируется на то, что удастся использовать полученные или прогнозируемые радикальные технологические достижения.

В работе О.В. Руденского и О.П. Рыбака³²⁴, посвященной анализу тенденций развития НБИК-технологий, указано: «Так, если действующая система общественного воспроизводства будет воспринимать вызовы NBIC-технологий, получать реальную подпитку в виде спроса и предложений со стороны производственно-экономической среды, то произойдет гармоничное развитие научно-технологического потенциала в виде конвергированных технологий и реального сектора воспроизводства. Результаты научно-экспериментальной деятельности *безотносительно потребностей общественного развития приведут к их элементарной бесполезности*. Целесообразность развития NBIC-технологий окажется под вопросом и в случае слабой общественной восприимчивости синергетических эффектов. В этом варианте конвергированные технологии не смогут полноценно развиваться...».

Преимущество революции знания как раз и заключается в понимании оснований спроса на ее результаты и четкой нацеленности на конкретный результат. Наличие четкой целевой установки является ключевым основанием достижения успеха в любой де-

³²⁴ Руденский О.В., Рыбак О.П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030. 2015.
http://www.vixri.com/wp-content/uploads/2011/08/inf3_2010.pdf

тельности, а особенно в столь многоплановой и неимоверно дорогостоящей, как технологическая революция.

Конечно, человечество не ведет себя как единый экономический агент, который ставит себе долговременные целевые установки. Но таковыми являются крупнейшие государства, которые стремятся добиться конкурентных преимуществ на глобальных рынках. Те из них, которые смогут лучше спрогнозировать запросы человечества и быстрее реализовать свои программы, будут доминировать на глобальных рынках будущего и получат финансовые ресурсы для дальнейшего развития.

В числе преимуществ НБИК достаточно спорным является тезис о положительном влиянии синергии технологий. Во все времена результаты одних технологических революций служили базой для следующих, и в этом смысле результаты кибернетической (информационной) революции, а также биотехнологической по мере ее завершения лягут в основу когнитивных технологических сдвигов. Будут использованы и достижения в области нанотехнологий. Но причем тут синергия? Если воспринимать синергию в качестве более модного синонима слову «взаимоподдержка», то с этим можно согласиться, но тогда в данном тезисе нет принципиальной новизны. А если рассматривать эти слова как указание на проявление эффектов теории сложности (синергетики), то их незаметно, поскольку такие технологии развиваются скорее последовательно, чем параллельно.

Возникают вопросы и относительно тезиса о конвергенции технологий НБИК. Конвергенция – это сближение, как правило по форме различных по природе процессов, явлений. Но в процессе прохождения технологических революций, как было показано выше, быстро растет объем знаний и соответственно для их обслуживания возникают новые дисциплины и профессии, тем более что НБИК – это результат нескольких технологических революций. Специалисты разных направлений будут все меньше понимать друг друга. И в чем же здесь сближение? Не стоит забывать, что число различных мер близости, которые можно применить в данном случае, слишком велико, чтобы этот вывод был надежно подтвержден.

Революция знания и закон Мура

Вернемся к закону Мура^{325, 326, 327}, согласно которому удвоение числа транзисторов на одном микропроцессоре происходит примерно за два года. Соответственно за 40 лет – с 1971 по 2011 год – число транзисторов по сравнению с первой микросхемой, в которой было 2 300 транзисторов, выросло примерно в миллион раз. В 2011 году на микропроцессоре умещалось $2,6 \cdot 10^9$ транзисторов. Несмотря на опасения, что есть физический предел дальнейшему уменьшению размеров транзисторов, существуют и предложения, как их преодолеть: перейти на трехмерные платы, использовать квантовые компьютеры, применять подходы, реализованные в ДНК-памяти, и т.д. Недостатка в идеях пока нет, и сложно сомневаться, что еще лет десять и более закон Мура будет действовать.

³²⁵ Moore, G. E. Cramming more components onto integrated circuits, *Electron. Mag.*, April 19, 1965.

³²⁶ Закон Мура. – Википедия, 2014.

https://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%EA%EE%ED_%CC%F3%F0%E0

³²⁷ Брюков В.Г. Компьютер 2030 года и квантовая киберреволюция по закону Мура.

<http://www.samag.ru/uart/more/10>

Вместе с тем рассмотрим возможности создания кибернетического устройства, способного генерировать знания наподобие человеческого мозга. При этом в рамках движения к революции знания не требуется создавать полный аналог человеческого сознания, достаточно реализовать его творческие способности, дающие возможность создавать новые знания.

Человеческий мозг содержит, по разным данным, 15–86 млрд нейронов^{328, 329} (далее примем за ориентир среднюю цифру – $5 \cdot 10^{10}$), причем каждый нейрон является сложным информационным устройством, имеющим около 10 000 входов (синапсов). Таким образом, для моделирования одного нейрона нужно порядка 1 млн транзисторов. Для моделирования же работы всего мозга необходимо $\sim 5 \cdot 10^{16}$ транзисторов. Это более чем в миллион раз превосходит число транзисторов в существующих микропроцессорах. Для достижения такой мощности процессора потребуется, согласно закону Мура, еще около 40 лет, что примерно соответствует дате технологической революции второй половины XXI века (возможно, предвестник революции знания).

Однако время до достижения требуемой производительности процессора можно существенно сократить, если использовать в искусственном интеллекте (ИИ) несколько тысяч процессоров³³⁰. Например, в суперкомпьютере Blue Gene/Q компании IBM использование около 150 тыс. процессоров, работающих параллельно, позволяет, по утверждению авторов, моделировать функционирование одного миллиарда нейронов мозга человека³³¹. Blue Gene/Q³³² использует 18-ядерные чипы PowerPC A2, содержащие 1,4 млрд транзисторов, которые работают на частоте 1,6 ГГц, и способные осуществлять 205 Гфлопс операций, т.е. $2 \cdot 10^{11}$ флопс (флопс – единица измерения количества компьютерных операций с 64-разрядными числами с плавающей запятой в секунду). Соответственно весь суперкомпьютер будет выполнять около $30 \cdot 10^{15}$ флопс операций в секунду и иметь $2 \cdot 10^{14}$ транзисторов. 1 млрд нейронов имеет сложность, эквивалентную порядка $5 \cdot 10^{16}$ транзисторов, но за счет большего быстродействия электронный компьютер сможет моделировать работу части человеческого мозга.

Таким образом, уже в течение ближайшего десятилетия люди подойдут к возможности создать суперкомпьютер, моделирующий человеческий интеллект³³³, а через 20–30 лет может быть создан полноценный ИИ. Но по своей производительности (быстродействию) в области создания знания он может быть эквивалентен всем ученым мира. Это дает возможность прогнозировать *возможность* наступления революции знания на базе данной технологии.

³²⁸ Нейрон. – Википедия, 2015. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%CD%E5%E9%F0%EE%ED>

³²⁹ Шумилов В.Н. Принципы функционирования мозга. Взгляд инженера. <http://shumilov.kiev.ua/mozg>

³³⁰ Бобровский С. Суперкомпьютеры стали в миллион раз быстрее за 50 лет. Прошлое и будущее высокопроизводительных вычислений. <http://www.valgavg.edu.ee/ITHistori/ssv50rb.htm>

³³¹ В 2019 году компания IBM планирует создать полную симуляцию головного мозга человека. <http://www.dailytechinfo.org/infotech/3000-v-2019-godu-kompaniya-ibm-planiruet-sozdat-polnuyu-simulyaciyu-golovnogo-mozga-cheloveka.html>

³³² Blue Gene. – Википедия. 2014, https://ru.wikipedia.org/wiki/Blue_Gene

³³³ Хель И. Самый быстрый компьютер в мире будет работать как мозг человека. – Hi-Tech News, 2013. <http://hi-news.ru/computers/samyj-bystryj-kompyuter-v-mire-budet-rabotat-kak-mozg-cheloveka.html>

Тестирование «интеллекта» компьютерных программ

Следует отметить, что в настоящее время ИИ успешно прошли несколько тестов на возможности творческого мышления. Так, победа суперкомпьютера Deep Blue³³⁴ над чемпионом мира Гарри Каспаровым в 1997 году со счетом 3,5 : 2,5 показала возможности компьютеров в специализированных видах интеллектуальной деятельности (первую партию компьютер проиграл со счетом 2 : 4).

Компьютер Deep Blue содержал 510 различных процессоров. Шахматные процессоры были изготовлены по 0,6-микронной CMOS-технологии и содержали около 1,5 млн транзисторов каждый. Специализированные шахматные процессоры работали на частоте 24 МГц и перебирали до 2,5 млн шахматных позиций в секунду, что примерно в сто раз больше, чем у аналогичных по частоте универсальных процессоров. Таким образом, компьютер содержал около 0,8 млрд транзисторов, т.е. имел примерно в 6 млн раз меньшую мощность, чем человеческий мозг, и работал примерно в 1 млн раз быстрее, причем это был специализированный компьютер, способный выполнять только шахматные функции. При этом он показал примерно равную с человеком шахматную силу. Можно отметить, что в данном случае скорость работы компьютера была конвертирована в мощность работы Deep Blue весьма эффективно.

В настоящее время микропроцессоры имеют примерно в 1 000 раз больше транзисторов и работают более чем в 100 раз быстрее, поэтому смысла в таких соревнованиях практически нет, а обычным людям совершенно нереально соревноваться даже с серийными компьютерными программами игры в шахматы.

Нужно, однако, отметить, что шахматы оказались весьма удобной игрой для компьютерных программ. К тому же при их создании были использованы хорошо разработанные теории, дебюты и алгоритмы для игры в шахматы, созданные лучшими гроссмейстерами мира. В отличие от шахмат игра «Го» оказалась значительно неприступней для компьютерных программ³³⁵. Пока лучшие из них даже близко не подошли к уровню сильных игроков в «Го». Одна из причин заключается в том, что «Го» очень плохо поддается просчёту вариантов. Кроме того, это игра, требующая умения стратегически мыслить, а не считать варианты.

Вторым после шахмат примером определенного успеха кибернетического разума можно считать прохождение теста Тьюринга³³⁶. До последнего времени он считался одним из наиболее корректных тестов на интеллектуальность кибернетических программ и заключался в том, сможет ли внешний наблюдатель отличить, кто из двоих общающихся с ним по электронному каналу субъектов является человеком, а кто машиной. Согласно утверждению Тьюринга, программа, которая в 30% ответов покажется собеседникам человеком, может считаться прошедшей данный тест успешно. В 2014 году российско-украинская программа «Eugene Goostman», изображавшая 13-летнего мальчика, проживающего в Одессе, успешно прошла тест, сумев в 33% ответов ввести экзаменаторов в заблуждение³³⁷. Неоднозначность данного успеха связана с тем, в роли мальчика компьютер мог отказываться отвечать на сложные вопросы, не вызывая подозрения в том, что это действия машины.

³³⁴ Deep Blue. – Википедия, 2014. https://ru.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue

³³⁵ Ворожцов А. Игра «Го»//Потенциал. – № 1. – 2005.
<http://potential.org.ru/Info/ArtDt200501190113PH3J1>

³³⁶ Turing, A. Computing Machinery and Intelligence, Mind, Vol. LIX, № 236, October 1950, pp. 433–460.

³³⁷ Ваннах М. Как одессит Густман прошёл тест Тьюринга. – Сайт Компьютера, 2014.

Сравнение интеллектуальных аналогов человека

Для того чтобы более образно представить соотношение различных интеллектуальных аналогов человека, сведем рассмотренные выше примеры в табл. 9.7. Здесь оценки числа элементов и их быстродействия (тактовой частоты) там, где нет точных данных, сделаны по порядку величины.

Таблица 9.7. Мощность интеллектуальных аналогов человека

	А. Число блоков	В. Элементов в блоке	Всего элементов	С. Операций в сек.	Произведение ABC
Нейрон	1	10^6	10^6	200	$2 \cdot 10^8$
Человек	$5 \cdot 10^{10}$	10^6	$5 \cdot 10^{16}$	200	10^{19}
Шимпанзе	$2 \cdot 10^{10}$	10^6	$2 \cdot 10^{16}$	200	$4 \cdot 10^{18}$
Собака	$2 \cdot 10^9$	10^6	$2 \cdot 10^{15}$	200	$4 \cdot 10^{17}$
Deer Blue, 1997 год	510	$1,5 \cdot 10^6$	$7,6 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^{16}$
Процессор, 2011 год	1	$2,6 \cdot 10^9$	$2,6 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$	10^{19}
Blue Gene, 2014 год	$1,5 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^{23}$

В качестве характеристики мощности интеллектуальной системы по порядку величины можно взять произведение количества блоков (нейронов, процессоров) на количество элементов (транзисторов, элементов нейрона) в каждом из них, на количество вычислений в секунду. Для человека это произведение равно 10^{19} , как и для современных процессоров. Однако человеческий мозг работает намного более эффективно.

В работе «Об интеллекте»³³⁸ Джеффа Хокинса и Сандры Блейкли приводится такой пример. Для того чтобы распознать изображение кошки, человеку достаточно полсекунды. При быстродействии мозга в 200 операций в секунду (некоторые авторы утверждают, что на порядок меньше) это означает, что поступившая в мозг информация пройдет цепочку длиной не более 100 нейронов. Цифровой же компьютер использует для этого миллионы шагов!

К примеру, процессор суперкомпьютера Blue Gene/Q, имеющий $1,4 \cdot 10^9$ транзисторов, работающих на частоте $1,6 \cdot 10^9$ гц, выполняет $2 \cdot 10^{11}$ флопс операций³³⁹. Это означает, что на одну 64-разрядную операцию с плавающей запятой требуется 10 млн простейших операций в расчете на один транзистор.

Другой пример. На рис. 9.2 даны два графика. Один из них представляет закон Мура³⁴⁰, т.е. число транзисторов (Ntr) на микропроцессоре в зависимости от времени, второй график – производительность передовых суперкомпьютеров³⁴¹ (в флопсах). Видно, что оба этих графика близки к прямым в логарифмической системе координат, но производительность суперкомпьютеров в 2014 году больше примерно на 6 порядков и растет несколько быстрее (за 20 лет добавляется разница примерно в один порядок). При этом их быстродействие выражается цифрами с 9 порядками, а число процессоров – 5 порядками. В сумме получается, что на 1 флопс требуется $9 + 5 - 6 = 8$ порядков про-

³³⁸ Блейкли С., Хокинс Д. Об интеллекте. – М.–СПб.–Киев, 2007.

http://www.archism.narod.ru/lib/bleikslisandra_ob_intellekte.pdf

³³⁹ Blue Gene. – Википедия. 2014.

³⁴⁰ Закон Мура. – Википедия, 2014.

https://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%EA%EE%ED_%CC%F3%F0%E0

³⁴¹ Флопс, суперкомпьютеры. – Википедия., 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki/FLOPS>

стейших операций и транзисторов, т.е. 100 млн. Цифра поистине фантастическая, особенно в сравнении с эффективностью работы человеческого мозга.

Одна из причин такой разницы заключается в том, что далеко не все операции в современных компьютерах удается распараллеливать, поэтому наличие большого количества элементов не гарантирует того, что все они работают одновременно. Человеческий же мозг может делать это весьма эффективно.

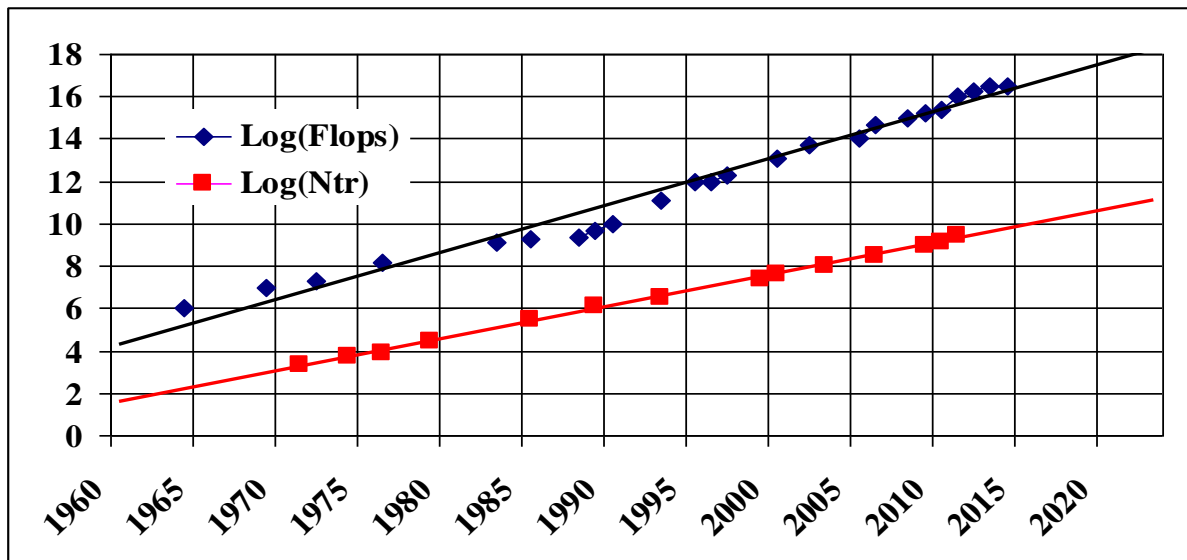


Рис. 9.2. Закон Мура и производительности суперкомпьютеров (в флоссах)

В работе Джеффа Хокинса³⁴² показано, что дело в различии принципов работы человеческого мозга и компьютера. *Основной принцип работы человеческого мозга: сначала прогнозировать, а затем проверять, соответствует ли входная информация прогнозу.* Кроме того, структура коры головного мозга построена по иерархическому принципу, причем первые слои коры обрабатывают сигналы в том виде, в каком они поступают, а слои более высокого уровня выявляют образы совокупностей и последовательностей сигналов – своего рода «язык мозга». Затем эти образы проектируются во входные слои, где формируется прогноз ожидаемых входных сигналов. Возможно, потребуется еще не одно десятилетие для того, чтобы создать архитектуры компьютеров и алгоритмы их работы, которые будут достаточно близки по эффективности к человеческому мозгу. Однако принципиально техническая возможность моделирования человеческого мозга, созданная за 40 лет действия закона Мура, уже существует.

Далее отметим, что моделирования разума одного человека далеко не достаточно для того, чтобы за счет ИИ приблизить наступление революции знания. Для этого нужно создать интеллектуальную систему, эквивалентную по интеллектуальной мощности современному научному сообществу. Однако техническая возможность для материальной реализации такой интеллектуальной системы также практически существует.

Следует отметить, что напрашивается аналогия между работой человеческого мозга, состоящего из большого количества параллельно работающих нейронов, и человеческим сообществом, включающим в себя людей или ученых³⁴³. Некоторые оценки интеллектуальной мощности человечества и его аналогов приведены в табл. 9.8.

³⁴² Блейксли С., Хокинс Д. Об интеллекте. – М.–СПб.–Киев, 2007.

³⁴³ Еремин А.Л. Ноогенез и теория интеллекта. – Краснодар, 2005. – 356 с. <http://a-eremin.ru/rus/>

Наиболее неопределенным параметром здесь является время взаимодействия человека с другими, поскольку в отличие от нейрона или транзисторов человек не делает это автоматически. Тем не менее данная таблица демонстрирует относительную близость (в логарифмической шкале) параметров интеллектуальной деятельности человечества с мощностью *современных* суперкомпьютеров, хотя сделанное выше замечание относительно низкой эффективности алгоритмов работы компьютеров здесь не менее важно.

Таблица 9.8. Мощность интеллектуальных аналогов человечества

Параметр	Мозг человека	Человечество	Сообщество ученых	Blue Gene, 2014 год
А. Число блоков (людей, нейронов, процессоров)	$5 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$
В. Элементов в блоке	10^6	$5 \cdot 10^{16}$	$5 \cdot 10^{16}$	$1,4 \cdot 10^9$
Всего элементов	$5 \cdot 10^{16}$	$3,5 \cdot 10^{26}$	$3,5 \cdot 10^{23}$	$2 \cdot 10^{14}$
С. Операций в сек.	200	10^{-4}	10^{-3}	$1,6 \cdot 10^9$
Произведение ABC	10^{19}	$3,5 \cdot 10^{22}$	$3,5 \cdot 10^{20}$	$3,4 \cdot 10^{23}$
Срок жизни – Т, сек.	$2 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^8$
Операций за время жизни – СТ	$4 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^{17}$
Всего операций за время жизни – АВСТ	$2 \cdot 10^{28}$	$2 \cdot 10^{36}$	$2 \cdot 10^{31}$	10^{32}
Объем знаний – Z, байт	10^9	$2,5 \cdot 10^{13}$	10^{13}	10^{12}
Операций на байт знания – АВСТ/Z	$2 \cdot 10^{19}$	10^{23}	$2 \cdot 10^{18}$	10^{20}

Взаимодействие человечества и ИИ

Через 20–30 лет такая возможность создания ИИ станет намного более реальной. Но возникнет ряд проблем уже социкибернетического характера. Так, если удастся создать ИИ, превосходящий человека в несколько тысяч раз, то как наладить с ним корректные взаимоотношения? Даже люди, воспитанные в человеческом обществе, однако имеющие небольшое, но явное интеллектуальное преимущество, начинают проявлять отклонения в психике и пытаться реализовать свои «преимущества». Что же делать с интеллектом, на несколько порядков превосходящим человека и не имеющим его этических установок? Принцип «жесткого контроля» в данном случае совершенно нереален, поскольку это гибкий и сверхмощный интеллект и никакие «программные» ограничения не могут быть надежными, особенно в долговременном плане.

Для безопасности человечества наиболее приемлемым, видимо, является создание большого числа ИИ примерно человеческой мощности интеллекта, но неспособных объединяться через каналы связи в ИИ, мыслящие взаимосвязанно. Еще более подходящий вариант – создание усилителей человеческого интеллекта, которые будут не столько мыслить самостоятельно, сколько помогать каждому человеку. Но в этом тоже таится опасность осознания «помощниками», что их «носители», по сути, имеют низкий интеллектуальный уровень. Таким образом, вопрос создания кибернетических ИИ

несет за собой массу проблемных вопросов, в том числе связанных с этикой взаимоотношений человека и ИИ.

Еще один вопрос, близкий к рассмотренным выше, состоит в том, будут ли будущие компьютеры-мыслители иметь сознание, самосознание и разум. Эти понятия были рассмотрены в главе 6. Самосознанием владеют не только люди, но и развитые животные³⁴⁴. Современные компьютеры такой способностью не обладают. Возможно, это связано с тем, что компьютеры не имеют собственных интересов и связи с реальным миром? Возможно, с тем, что эту функцию мы не умеем реализовать в виде программ. Сегодняшняя наука не владеет возможностями моделирования в компьютере этой функции, что характеризует отдаленность нас от решения задачи создания мыслящего ИИ.

По мере овладения методами моделирования функций сознания, разума и мышления станет актуальной задача обучения и воспитания ИИ таким образом, чтобы он стал лояльным членом человеческого сообщества. И задача эта очень непростая. В данном случае не идет речь о создании роботов и внедрении их в человеческое общество, поскольку для нас в этой постановке актуальна только задача активизации создания знания, для чего достаточно создать специализированные по функциям ИИ.

Следует отличать задачу создания ИИ, в полной мере адекватного человеческому мышлению, от задачи копирования из одного «носителя» в другой сознания конкретного человека. По сути, вторая задача адекватна технологии обеспечения *бессмертия* мозга. Первая задача в принципе решаемая, хотя и потребует очень серьезных целенаправленных усилий в течение 20–40 лет работы человечества. Однако рассуждения относительно размещения в каждом нейроне считывающего устройства, регистрирующего содержащуюся в нем информацию и соответственно позволяющего создать копию реального мозга, пока совершенно нереальны, поскольку эта задача на несколько порядков более сложная, чем просто изучение и моделирование человеческого мозга. Вместе с тем после 2060 года взгляд на эту задачу может существенно измениться.

Близкой по содержанию и актуальной в будущем является задача копирования или программирования интеллекта ИИ. Поскольку программирование ИИ, видимо, будет осуществляться методами обучения почти как обычных людей, на это потребуются очень много времени, причем эта задача будет осложняться огромным различием в скорости восприятия и мышления человека и ИИ. В результате массовое производство тысяч способных к работе ИИ станет чрезмерно трудозатратным. Задача может быть решена, если в процессоры ИИ заранее вмонтировать контур считывания его программного состояния, который позволил бы устанавливать программу обученного ИИ во вновь создаваемые.

Направления развития революции знания

Даже беглый обзор задач, которые возникнут на пути реализации революции знания, а точнее, ее первого этапа, по пути создания кибернетических ИИ показывает, что эта задача, с одной стороны, реальна, а с другой – весьма сложна и требует в высшей мере целенаправленных усилий научного сообщества и человечества в целом. Даже для увеличения объема создаваемого знания без роста численности человечества на несколько десятков процентов, видимо, потребуются 30–40 лет. Однако существует еще целый ряд подходов к реализации первого этапа революции знания.

³⁴⁴ Эксперты признали: у животных есть сознание. – *Naked Science*, 2013.
<http://naked-science.ru/article/sci/11-07-2013-194>

Для обозначения основных возможных направлений, по которым может пойти развитие революции знания, а также уровня преобразований в этих направлениях сформулируем, какого рода изменения должны произойти, чтобы можно было утверждать о наступлении технологической эпохи знания:

1. Многократное повышение доли специалистов в сфере НИОКР в мире по сравнению с современным уровнем (от 0,1 до ~ 1%).
2. Разработка полноценного ИИ и системы его серийного внедрения.
3. Разработка на базе методов генетики и обучения результативному мышлению способов повышения интеллекта человека в несколько раз.
4. Создание искусственного биологического существа, превосходящего человека по интеллекту.
5. Резкое повышение эффективности системы генерации знания путем специальной организации крупных сообществ людей.
6. Возникновение сетевой высокоинтеллектуальной структуры, соединяющей возможности людей и информационных технологий.
7. Резкое повышение эффективности мировой системы создания и реализации знания на основе методов управления знаниями.

По-видимому, возможны и другие направления и признаки наступления эпохи знания, но сейчас сложно утверждать, какие из них реализуются первыми.

Изменения в системе создания знаний могут быть связаны также с возрастающей ролью Интернета, как связующего звена между учеными и необъятной системой хранения общемирового знания. Фактически может появиться распределенная система создания знаний, которая не будет связана с отдельными странами. Однако такая система может нести в себе и угрозу появления новых методов отчуждения знаний в пользу виртуальных владельцев.

Важным фактором в деятельности системы создания знаний являются те важные для общества задачи, на решение которых она нацелена и которые может реально решить. Успехи предыдущих технологических революций подвели науку к возможности решения ряда масштабных задач, таких, например, как^{345, 346, 347, 348}:

- Эффективное излечение наиболее опасных болезней.
- Многократное увеличение продолжительности жизни.
- Регенерация органов человека.
- Устранение голода, бедности и неграмотности на планете Земля.
- Создание искусственного интеллекта.
- Предотвращение деградации мировой экосистемы.
- Создание возобновляемой ресурсной базы.
- Предотвращение климатических и других природных катастроф.
- Широкое внедрение биоэнергетики и биотоплив.
- Энергетика на базе термоядерного синтеза.
- Разработка высокотемпературных сверхпроводников.

³⁴⁵ Зазерский Л.К. Перспективы развития науки в XXI веке. – 2015.

<http://parnasse.ru/prose/essay/natural/perspektivy-razvitiya-nauki-v-21-m-veke.html>

³⁴⁶ Черток Б.Е. Космонавтика в XXI веке. – 2015. <http://www.shapovalov.org/publ/8-1-0-58>

³⁴⁷ Прогноз: Генетики продлят жизнь человека в 10 раз. 2014. <http://www.rg.ru/2014/04/09/reg-ufo/starenie.html>

³⁴⁸ Переслегин С., Переслегина Е. Дикие карты будущего. Форс-мажор для человечества. – М., 2015.

- Внедрение квантовых компьютеров.
- Развитие нанотехнологий.
- Способы борьбы с угрозами космического происхождения.
- Постройка космических лифтов.
- Освоение других планет солнечной системы.
- Создание единой теории поля.
- Изучение феномена «темной материи».
- Техника управления гравитационными полями.
- Установление контактов с разумными существами на других мирах.

Для решения этих и многих других задач требуется создание всемирной системы управления знаниями в интересах всего человечества.

Основные результаты главы 9

В истории человечества периодически происходила смена парадигмы науки, причем объем знаний человечества между смежными парадигмами составлял вначале около 12, а при последнем изменении – примерно 2,5. Очередного изменения научной парадигмы можно ожидать во второй половине XXI века.

Наиболее вероятным направлением очередной технологической революции по результатам сравнения био-, нано-, эко- и НБИК революций является биотехнологическая революция.

Оценка приоритетных направлений технологической революции второй половины XXI века показала, что с небольшим перевесом приоритетной является революция, связанная со знанием (предвестник). Далее по приоритету следует экологическая революция.

Часть 3. Роль интеллекта в реализации ресурса знания

Отмечая важнейшую роль знания в развитии человечества, мы, тем не менее, не можем забывать, что и создание знания и его использование возможны только через интеллект людей, через сотни миллионов профессионалов, использующих это знание в своей практической деятельности. В последней части работы мы рассмотрим, как знания превращаются в еще одну движущую силу развития человечества – интеллектуальный капитал – и какие результаты это дает.

Глава 10. Рост знания и образование

При рассмотрении процесса преобразования знания в материальные блага нами была принята в качестве основы модель «цикл оборота знаний», приведенная на рис. 2.2, 5.1.

В то же время мы отмечали (см. табл. 5.4, причина 4), что одной из проблем при реализации новых знаний может быть нехватка специалистов новых профессий, которые будут заниматься преобразованием этих знаний в реальные блага, причем количество таких профессий уже составляет порядка 70 тыс., и их число должно быстро расти по мере роста объема знаний. Вместе с тем из-за демографического перехода будет ощущаться существенный дефицит трудовых ресурсов для реализации этих знаний, а для компенсации числа работников необходимо будет обеспечивать их высокую квалификацию. Таким образом, вопросы образования и обучения по мере роста объема знания и приближения к революции знания будут все более актуальны.

Отметим также, что с точки зрения использования знания для высокоразвитых стран наиболее актуальной будет подготовка на уровне высшего образования. Согласно Международной стандартной классификации образования (МСКО), утвержденной Генеральной конференцией ЮНЕСКО в ноябре 1997 года, к этому уровню относится так называемое третичное образование³⁴⁹, а именно:

- МСКО 5В – среднее профессиональное образование,
- МСКО 5А – высшее профессиональное образование,
- МСКО 6 – второе третичное образование – продвинутые исследовательские программы (аспирантура и докторантура).

(Соединение в этом стандарте на уровне МСКО 5 среднего специального и высшего образования приводит иногда к погрешностям в оценке охвата населения высшим образованием).

10.1. Состояние современного образования

Рассмотрим состояние образования в мире в современную эпоху в период демографического перехода. Крупнейшими группами стран в сфере высшего образования являются страны БРИК, США, Европейский союз и Япония. В табл. 10.1 приведены данные³⁵⁰ о числе студентов вузов в этих странах в 2009 году (судя по всему, речь идет об уровнях МСКО 5В и 5А).

Таблица 10.1. Количество студентов в крупнейших образовательных странах

³⁴⁹ Цит. по: Карпенко О.М., Бершадская М.Д., Вознесенская Ю.А. Показатели уровня образования населения в странах мира: анализ данных международной статистики // Социология образования. – 2008. – №6. – С. 2. <http://www.demoscope.ru/weekly/2009/0375/analit02.php>

³⁵⁰ Альтбах Ф.Г., Кузьминов Я.И., Юдкевич М.М. и др. Будущее высшего образования и академической профессии. Страны БРИК и США. – М., 2013.

Страна	Количество студентов вузов, млн	Доля студентов вузов от соответствующей возрастной группы, %
Китай	29,3	24
США	19,1	89
Индия	18,6	16
Европейский союз ³⁵¹	18,0	
Россия	9,3	76
Бразилия	6,1	16
Япония ³⁵²	4,0	
Итого	104	

Лидером по числу студентов является Китай, и у него имеются значительные возможности роста в этом направлении. Россия и США обучают почти всех кандидатов соответствующей возрастной группы. Количество обучающихся в странах БРИК превосходит количество обучающихся в США, ЕС и Японии примерно в полтора раза, что свидетельствует о потенциале роста экономик БРИК.

Число студентов высших учебных заведений в мире (рис. 10.1) растет, ускоряясь со временем^{353, 354, 355}, и составляет в настоящее время более 180 млн чел.

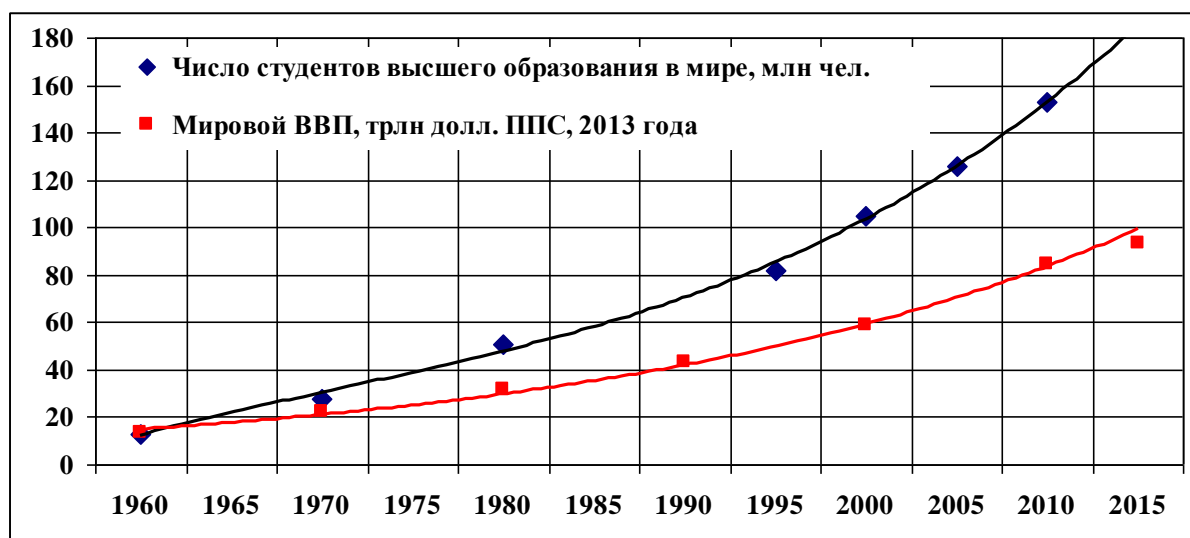


Рис. 10.1. Число студентов высшего образования и ВВП мира

Это означает, что порядка 35 млн чел. в год получает высшее образование. Если в 1960 году в мире на 1 млн долл. ВВП (по ППС, 2013 год) приходился один студент, то в

³⁵¹ Безземельный И.И. Образование в Европе//Белорус. дел. газ. – 2009.

<http://bdg.by/news/world/7767.html>

³⁵² Численность студентов в разных странах мира. –Федеральный портал Proton.ru.

<http://www.protown.ru/information/hidden/3542.html>

³⁵³ Там же.

³⁵⁴ Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. – 2000.

<http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2000/01/p13-29.pdf>

³⁵⁵ Цит. по: Сегодня в мире 153 миллиона студентов. – Инновац. образов. сеть «Эврика», 2009.

<http://www.eurekanet.ru/ewww/promo/10407.html>

2015 году около двух, что, видимо, связано с ростом образования в развивающихся странах.

Согласно данным ОЭСР, 53,5% взрослого населения России по состоянию на 2011 год имели дипломы о высшем образовании (уровни МСКО 5В, 5А, 6, т.е. включая и среднее специальное образование). Это считается самым высоким уровнем высшего образования среди развитых стран ОЭСР. Информация о десяти странах с наибольшей долей населения, имеющего высшее образование, представлена в табл. 10.2 (данные сайта Wall Street Journal³⁵⁶ на базе отчета Education at a Glance 2013³⁵⁷).

Обращает на себя внимание тот факт, что в России и Японии расходы на образование наименьшие в данной десятке, и при этом они занимают первые позиции по доле населения с высшим образованием.

Таблица 10.2. Страны с высоким охватом высшим образованием (2010 год)

Страна	Доля населения с высшим образованием, %	Расходы на образование как доля ВВП, %
1. Россия	53,5	4,1 (4,9)
2. Канада	51,3	6,6
3. Япония	46,4	5,1
4. Израиль	46,4	7,5
5 США	42,5	7,3
6. Южная Корея	40,4	7,6
7. Великобритания	39,4	6,5
8. Новая Зеландия	39,3	7,3
9. Финляндия	39,3	6,5
10. Австралия	38,3	6,1

В табл. 10.3 по состоянию на 2005 год приведена не только суммарная доля жителей в возрасте 25–64 года, имеющих третичное образование, но и доля лиц, имеющих высшее по российским стандартам образование, т.е. уровня МСКО 5А и МСКО 6 (по данным Книги фактов ОЭСР)³⁵⁸. Ряд крупнейших по населению стран не представлены в этом источнике, поэтому информация об уровне высшего образования в них дается согласно сопоставительному докладу ГНИИ «Информика»³⁵⁹.

Видно, что по доле жителей с высшим образованием лидерами являются США, Израиль, Норвегия и Нидерланды. Характерно, что Европейский союз в целом характеризуется относительно низким уровнем высшего образования. Из стран БРИК кроме России только Бразилия имеет относительно высокий уровень высшего образования населения.

³⁵⁶ Цит. по: Страны с наиболее образованным населением. – Сайт Wall Street Journal, 2013. <http://rate1.com.ua/obshchestvo/obrazovanie/2768/>

³⁵⁷ Education at a Glance 2013: OECD Indicators. [http://www.oecd.org/edu/eag2013%20\(eng\)--FINAL%2020%20June%202013.pdf](http://www.oecd.org/edu/eag2013%20(eng)--FINAL%2020%20June%202013.pdf)

³⁵⁸ OECD Factbook 2008: Economic, Environmental and Social Statistics. Statlink: <http://dx.doi.org/10.1787/505880311822>

³⁵⁹ Полетаев А.В., Агранович М.Л., Жарова Л.Н. Российское образование в контексте международных показателей. Сопостав. докл. – М., 2002. http://stat.edu.ru/doc/Rus_education.pdf

Таблица 10.3. Доля жителей с разными уровнями третичного образования (2005 год)

Страна	МСКО 5В, 5А, 6, %	МСКО 5А, 6, %
Россия	55	21
Израиль	46	30
Канада	46	23
Япония	40	22
США	39	30
Финляндия	35	18
Норвегия	32	30
Австралия	32	23
Южная Корея	32	23
Нидерланды	30	28
Великобритания	30	21
Испания	28	20
Новая Зеландия	27	20
Германия	25	15
Франция	25	15
Европейский союз	24	17
Мексика	15	14
Италия	12	12
Турция	10	10
Бразилия	2000 год	10,8
Китай		9,9
Индонезия		9,4

На рис. 10.2 представлена доля государственных и частных расходов в процентах от ВВП (1999 год) на высшее образование и на все уровни образования³⁶⁰. Средняя величина расходов на образование составляет 5,6%, на высшее образование – 1,3%, или около четверти всех расходов, а на школьное – 3,6%, или две трети всех расходов. Меньше всего – 0,4% – тратится на дошкольное образование.

На рис. 10.3 показана зависимость расходов на образование от ВВП на душу населения (в междунар. долл., по ППС, 2009 год) на 2006–2010 годы³⁶¹ и 1999 год³⁶². Для представления графиков в одном масштабе ВВП на душу населения отнесено к 5 000 долл./чел.·год.

³⁶⁰ Полетаев А.В. и др. Российское образование в контексте международных показателей. Сопостав. докл. – 2002.

³⁶¹ Рейтинг стран мира по уровню расходов на образование. – The World Bank. World Development Indicators, 2014. Центр гуманитар. технол. <http://gtmarket.ru/ratings/expenditure-on-education/info>, 2012.

³⁶² Полетаев А.В. и др. Российское образование в контексте международных показателей: Сопостав. докл. – 2002.

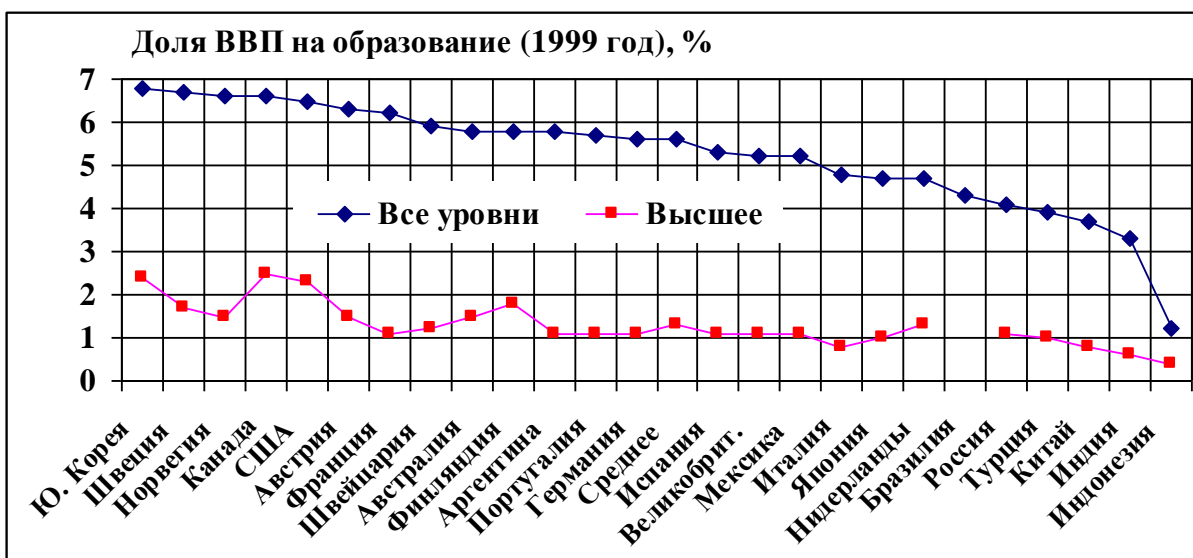


Рис. 10.2. Расходы на образование в процентах от ВВП (высшее и все виды)

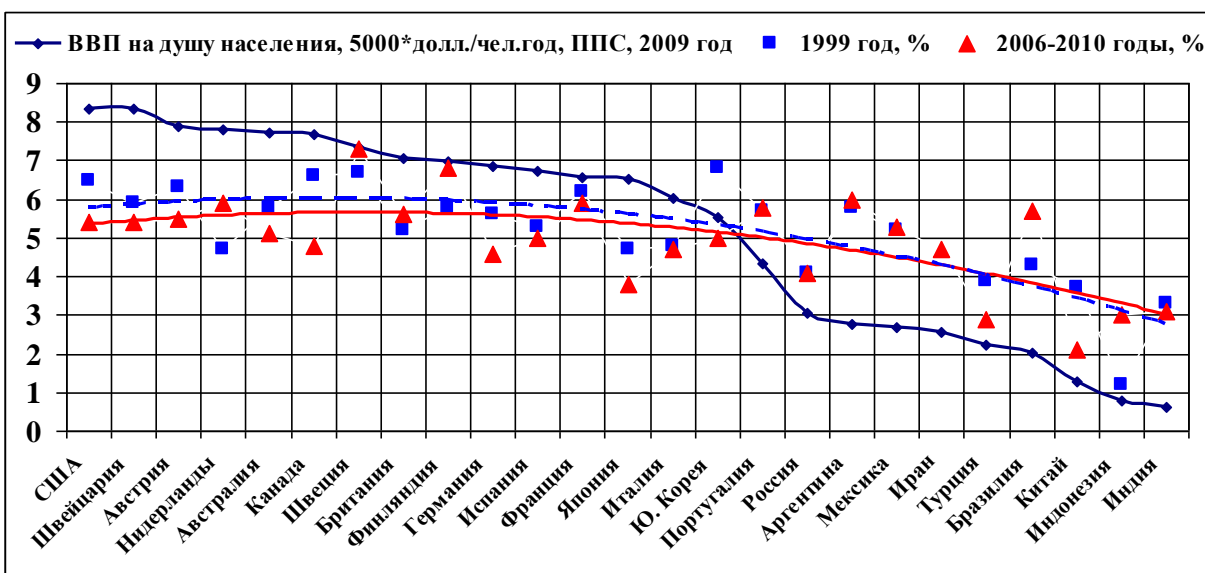


Рис. 10.3. Зависимость доли расходов на образование от ВВП на душу населения

Видно, что с падением ВВП на душу населения (g) уменьшается и доля расходов на образование, причем падение доли расходов на образование наблюдается при снижении $g < 20\,000$ долл. на человека в год, т.е. для развивающихся стран. Россия также попадает в эту зону, выделяя около 4% своего ВВП на образование. Впрочем, и среди развитых стран в 1999 году были такие, которые тратили на образование на этом уровне, например Япония. Однако сейчас большинство развитых стран тратят на образование 4,8–7% своего ВВП. Поскольку у них более высокий ВВП на душу населения, в абсолютных цифрах расходы на каждого обучаемого различаются значительно, как видно из рис. 10.4, на котором приведена величина расходов на обучение одного студента³⁶³ в зависимости от ВВП на душу населения для различных стран (в междунар. долл. 2010 года).

³⁶³ Education at a Glance 2013: OECD Indicators, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2013-en>

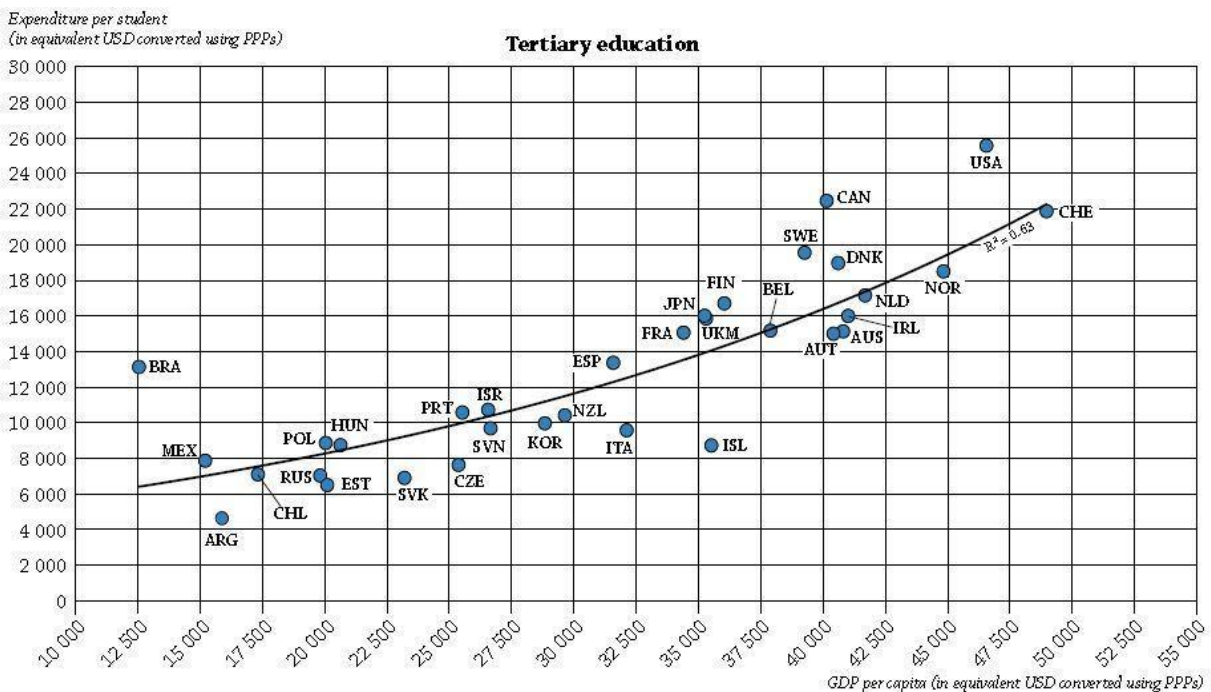


Рис. 10.4. Зависимость расходов на обучение студента от ВВП на душу населения

10.2. Виды образования в цикле оборота знания

Следует отметить, что основные виды образования делятся на «репродуктивные»³⁶⁴ и «продуктивные»³⁶⁵. Первые нацелены на обучение воспроизведению предлагаемых ученикам знаний и навыков. Соответственно такое обучение позволяет воспроизвести слой относительно образованных для труда и жизни людей.

Для того чтобы научить человека работать производительно, используются так называемые продуктивные методы. Они обеспечивают поисковый, творческий, практико-ориентированный характер учебного познания. В результате такой подготовки формируется слой профессиональных работников и ученых, способных не только воспроизводить известные алгоритмы деятельности, но и создавать новое. В постиндустриальном обществе существует потребность готовить к продуктивной деятельности 55–60% выпускников школ³⁶⁶, причем эта подготовка может продолжаться в течение всей учебной и трудовой деятельности человека.

Однако следует обратить внимание, что ни тот, ни другой подходы не нацелены на освоение и использование всего созданного богатства знаний человечества. В первом используется относительно узкий набор наиболее необходимых для человека знаний и навыков (рис. 10.5; 1). Второй подход нацелен на освоение более широкого набора профессиональных знаний, а также методов создания нового знания (рис. 10.5; 2), но не нацелен на охват всего знания человечества.

³⁶⁴ Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. – М., 1981.

³⁶⁵ Яновская Н.Б. Концепция продуктивного обучения как основа развития личности посредством создания рефлексивно направленной образовательной среды//Яросл. пед. вестн. – 2013. – № 3. – Т. II. http://vestnik.yspu.org/releases/2013_3pp/32.pdf

³⁶⁶ Востриков А.А. Теоретические основания технологии и методики продуктивной педагогики в начальной школе: Дис. ... д-ра пед. наук/Томский гос. пед. ун-т, 2000 г. <http://www.childpsy.ru/dissertations/id/18208.php>

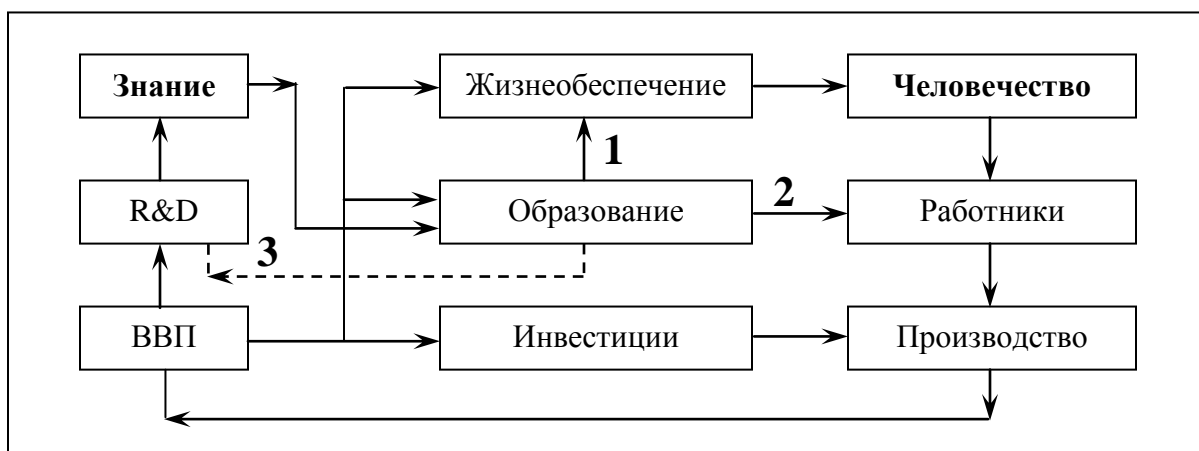


Рис. 10.5. Три вида образования в цикле оборота знаний

Поэтому с точки зрения развития знания логично выделить в качестве самостоятельного еще одно образовательное направление «рис. 10.5; 3», которое можно определить, как R&D-образование. Иногда его обозначают как «научное образование». Следует отметить, что название «научное» несет в себе неточность, поскольку ассоциируется с теоретическим знанием, которое в известной мере отдалено от практического применения. Реальной же задачей является не только создание знания, но и преобразование его в материальные блага, ВВП. Поэтому более точным представляется термин «R&D-образование». Кроме того, оно должно включать в себя и инновационную, и управленческую компоненты.

В настоящее время это направление представлено несколькими основными формами. Формальная подготовка осуществляется в виде прохождения аспирантуры и защиты кандидатской диссертации. Широкое распространение получила такая форма, как получение второго высшего образования или профессиональной переподготовки. Кроме того, существуют различные формы самоподготовки.

Некоторые характеристики указанных выше трех типов образования³⁶⁷ приведены в табл. 10.4. R&D-образование относится к продуктивному типу, но имеет ряд специфических особенностей, в частности по количеству обучаемых и объему знаний, который вовлекается в учебный процесс. Ясно, что эти особенности должны проявляться и в методиках подготовки.

Напомним, что знание человечества включает в себя около 25 млн у.к., плюс огромный багаж сопряженного с ним эмпирического и неявного знания, которым люди овладевают в процессе использования явного знания, а также управления техникой для научного познания. Это знание несет в себе огромную ценность, поскольку производительность труда человека прямо пропорциональна суммарному объему знаний человечества и в настоящее время составляет более 10 тыс. междунар. долл. в год на человека. К тому же это очень ценное знание – каждая условная книга знания в среднем должна генерировать ВВП в размере более 3 млн долл. в год. Поэтому знание не должно оставаться без внимания и использования. Но объем накопленных знаний и темп их обновления столь велики, что человечество не успевает делать знания производительной силой, которой владеют специалисты.

³⁶⁷ Орехов В.Д. Разработка электронного контента для экономики знания. E-LearnExpo. – М., 2011. <http://coursemarket.ru/conf/2011/elearnexpo-2011/15-3.pdf>

Таблица 10.4. Характеристики различных видов образования

	Репродуктивное	Продуктивное	R&D
Цели	Воспроизводство образованных людей	Использование существующего знания для роста ВВП	Создание базы для производства и реализации нового знания
Доля обучаемых, %	100	60	0,1
Объем знаний в системе, у.к.	Около 1 млн	~ 5 млн	25 млн
Темп обновления знания	Низкий	Высокий	Очень высокий
Типы учебных заведений	Школа, колледж, частично высшее образование	Высшее, дополнительное образование	Аспирантура, второе высшее, дополнительное образование

Аспирантура и защита диссертаций, как институты подготовки специалистов в области R&D, далеко не в полной мере отвечают существующей задаче. Фактически не существует явной связи между выбором направлений работ диссертантов и существующим объемом знаний. В результате на одних направлениях возникает дублирование работ, а на других – дефицит специалистов. Вследствие случайного стечения обстоятельств ряд важных, перспективных или просто имеющих ценность направлений могут быть закрыты.

В настоящее время это направление подготовки специалистов является наиболее консервативным и новые методы обучения минимально внедряются именно в подготовку научных специалистов. Представляется, что наиболее адекватной образовательной средой R&D-образования может быть E-learning. Однако если обучающая среда E-learning сегодня в достаточной мере готова к использованию, то создание соответствующего контента является очень непростой задачей. Чем отличается электронный контент для эффективной передачи знания? Прежде всего, его очень много (~25 млн у.к.), и поэтому для его разработки требуются специальные подходы, а кроме того огромные финансовые вложения и четко продуманный, системный подход при реализации контента и распространении знаний. В то же время большинством из этих знаний будут пользоваться очень ограниченное количество специалистов.

Следует отметить, что при создании таких систематизированных баз знаний для R&D-деятельности могут эффективно использоваться кибернетические системы переработки знаний и подготовки их для работы исследователей. Они же могут быть использованы в качестве источников знаний для первых создаваемых ИИ, которые, соотнося друг с другом результаты исследований по огромному количеству разнообразных направлений, могут выявить важные и неочевидные взаимосвязи.

Реальность такова, что человеческий мозг, обладая существенными преимуществами перед ИИ, был «настроен» естественным отбором для работы в совершенно конкретных условиях. Однако в других условиях он может проявлять свои слабости. Одной

из таких сфер является наличие стереотипов, ловушек сознания^{368,369}, которые являются важнейшим инструментом человеческого мышления, но за поле их влияния довольно сложно вырваться. Другим фактором, который может создавать сложности в определенных моментах, является малый размер оперативной памяти человека. Данное обстоятельство связано со специальным механизмом переработки информации в сознании человека при переводе ее в долговременную память, но, будучи выигрышным применительно к одним задачам, оно создает сложности при решении других. В любом случае сочетание различных интеллектуальных инструментов может приводить к положительным тенденциям в развитии науки.

10.3. Особенности подготовки специалистов для R&D

Ранее мы рассматривали «Цикл оборота знаний» (см. рис. 5.1, 10.5), фокусируя внимание на знании, однако перемещаясь по этой цепочке, мы можем рассмотреть более внимательно такие элементы, как образование и инновации. Так, на рис. 10.6 показано, какой путь проходит знание, прежде чем оно достигнет обучающегося, применительно к продуктивному обучению.

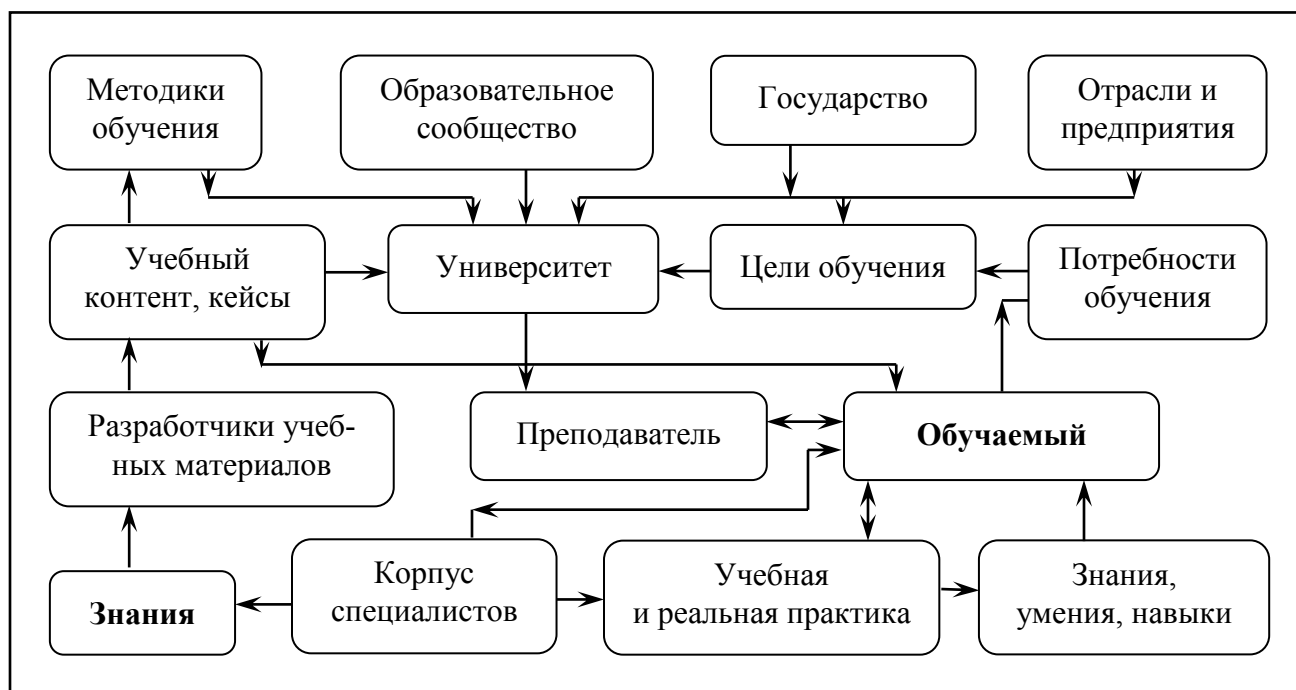


Рис. 10.6. Взаимодействие заинтересованных сторон в образовании

Выше мы акцентировали внимание на явном, в основном научном знании, однако учебный процесс захватывает значительное количество эмпирических знаний, более близких к практике, которые не в полной мере являются научными и характеризуются как квазинаучные³⁷⁰. Кроме того, в процессе обучения важно передать обучаемым неявные знания, носителями которых являются специалисты и преподаватели.

³⁶⁸ Роксбург Ч. С поправкой на мозг// Вестник Мак-Кинзи. – 2003. – № 2. <http://hr-portal.ru/article/s-popravkoj-na-mozg>

³⁶⁹ Хэммонд Д., Кини Р., Райффа Г. Ловушки сознания. – *Harvard Business Review*, November 2005. Рр. 75–83.

³⁷⁰ Щенников С.А. Открытое дистанционное образование. – М., 2002.

Необходимо отметить, что по мере роста объема знаний наука вынуждена представлять их во все более компактном виде, создавая для этого сложные теории и модели. В некоторых областях степень сжатия достигла такого уровня, что процесс подготовки знаний к использованию (расконсервация) стал чрезмерно сложным. Поэтому при подготовке компетентных специалистов, как правило, используется сочетание теоретической подготовки, которая создает образовательное ядро и практико-ориентированную оболочку из навыков, умений и моделей. Эта часть подготовки позволяет специалисту действовать в реальных условиях, не прибегая к знаниям, которые необходимо длительно конвертировать в алгоритмы деятельности. Носителями же этих алгоритмов, навыков, умений, моделей и правил являются специалисты. Поэтому очень важно обеспечить взаимосвязь обучаемого с ними и включение их в реальную и учебную практику обучения.

В то же время имеющиеся знания должны быть преобразованы таким образом, чтобы успешно усваиваться слушателями и давать им необходимые примеры и задания для понимания сочетания теории и практики. Для поддержки этой функции используются специалисты, которые разрабатывают учебные материалы и задания, методики обучения.

В процессе образования очень важную функцию играют потребности и цели заинтересованных сторон, которые задают особенности обучения. В современных продуктивных методах обучения внимание акцентируется на ключевой позиции студента в учебном процессе. Тем не менее и другие стороны играют очень важную роль.

Важнейшим элементом целевых установок образования является квалификационный профиль специалиста, в частности то, какие операции со знаниями или информацией он должен уметь выполнять. Это можно продемонстрировать на примере одной из наиболее широко известных классификационных шкал – таксономии Б. Блума³⁷¹, которая содержит уровни владения знаниями, представленные в табл. 10.5.

Таксономия Блума предлагает классификацию задач, устанавливаемых педагогами ученикам, и соответственно целей обучения. Она делит образовательные цели на три сферы: когнитивную, аффективную и психомоторную. Внутри каждой отдельной сферы для перехода на более высокий уровень необходим опыт предыдущих уровней, различаемых в данной сфере. Цель таксономии Блума – мотивировать педагогов фокусироваться на всех трёх сферах, предлагая, таким образом, наиболее полную форму обучения.

Однако данная таксономия скорее подходит для использования в учебной, познавательной деятельности, а не в профессиональной или учебно-профессиональной. В частности, комплексные познавательные процессы типа умения решать проблемные задачи выпадают при таком рассмотрении.

Вместе с тем широкое распространение такого подхода свидетельствует о наличии у него значительных достоинств. Среди них следует отметить его технологичность и деятельностный характер.

³⁷¹ Bloom, B.S. Taxonomy of educational objectives. The classification of educational Goals, Handbook: Cognitive Domain, New-York, 1956.

Таблица 10.5. Умения и навыки в когнитивной области, касающиеся знания

Уровни учебных целей	Конкретные действия учащихся, свидетельствующие о достижении данного уровня
<p>1. Знание <i>Эта категория обозначает запоминание и воспроизведение изученного материала – от конкретных фактов до целостной теории.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Воспроизводит термины, конкретные факты, методы и процедуры, основные понятия, правила и принципы.
<p>2. Понимание <i>Показателем понимания может быть преобразование материала из одной формы выражения — в другую, интерпретация материала, предположение о дальнейшем ходе явлений, событий.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Объясняет факты, правила, принципы. – Преобразует словесный материал в математические выражения. – Предположительно описывает будущие последствия, вытекающие из имеющихся данных.
<p>3. Применение <i>Эта категория обозначает умение использовать изученный материал в конкретных условиях и новых ситуациях.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Применяет законы, теории в конкретных практических ситуациях. – Использует понятия и принципы в новых ситуациях.
<p>4. Анализ <i>Эта категория обозначает умение разбить материал на составляющие так, чтобы ясно выступала структура</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Вычленяет части целого. – Выявляет взаимосвязи между ними. – Определяет принципы организации целого. – Видит ошибки и упущения в логике рассуждения. – Проводит различие между фактами и следствиями. – Оценивает значимость данных.
<p>5. Синтез <i>Эта категория обозначает умение комбинировать элементы, чтобы получить целое, обладающее новизной.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Пишет сочинение, выступление, доклад, реферат. – Предлагает план проведения эксперимента или других действий. – Составляет схемы задачи.
<p>6. Оценка <i>Эта категория обозначает умение оценивать значение того или иного материала.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Оценивает логику построения письменного текста. – Оценивает соответствие выводов имеющимся данным. – Оценивает значимость того или иного продукта деятельности.

Адаптированный к учебно-профессиональной деятельности вариант таксономии приведен ниже³⁷².

1. *Данные*: умение механистически отображать (например, фиксировать и передавать) информацию или сведения о происходящих событиях.
2. *Информация*: упорядоченное, полное отображение (представление) знаний и явлений, в том числе коммуникация.
3. *Знание*: умение воспринимать и запоминать знания, а также владеть ими, в том числе умение выявлять, распознавать свойства и отношения концепций, теорий, идей, реальных явлений и систем.
4. *Навыки и умения*: умение овладевать известными способами деятельности – правилами, инструкциями, описаниями действий, алгоритмами, моторными навыками, стандартными методами принятия решений и т.д. и осуществлять (воспроизводить) их.
5. *Понимание*: умение применять концепции и теории к типовым задачам, воспроизводить модели явлений (моделировать), анализировать, выявлять недостатки и совершенствовать алгоритмы и простые системы по стандартным правилам; умение репродуцировать.
6. *Творчество*: умение творить, создавать (create), синтезировать, принимать решения, проектировать, планировать изменения объективной реальности в нестандартных, проблемных ситуациях.
7. *Реализация*: умение управлять на практике реализацией планов, оценивать предложения, проекты и результаты их выполнения, создавать будущее в условиях значительной неопределенности (продуктивность).
8. *Развитие*: умение выявлять, оценивать и корректировать неадекватные ментальные модели (рефлексия) на основе соотнесения реального и планируемого хода событий с привлечением своего опыта, новых данных и результатов дискуссий с другими специалистами.
9. *Видение*: умение мыслить стратегически, на уровне изменения целей и культуры, управлять поведением больших систем, предвидеть и снимать проблемы в самом начале их развития.
10. *Провидение*: умение достигать прорывных творческих результатов, устранять саму возможность возникновения серьезных проблем, предвидеть, менять «правила игры». Прообразом специалиста, который может оперировать знаниями на данном уровне, является сотрудник «обучающейся организации» (по Питеру Сенге)³⁷³ или выдающейся команды, умеющий работать с использованием корпоративных информационных систем.

В отличие от таксономии Блума в данном варианте степень владения знаниями на каждом уровне может варьироваться в значительно больших пределах, и развитие специалиста предполагает совершенствование его умения эффективно работать на все более высоких уровнях.

³⁷² Орехов В.Д. Особенности корпоративного обучения менеджеров//Управление персоналом. – 2002. – №5. <http://www.ou-link.ru/pub/2002mp05.html>

³⁷³ Peter M. Senge. The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. Double Day, 1994. (пер. с англ. - М. Издательство «Олимп-Бизнес», 2003. - 408 с.).

10.4. Компетентность специалиста

Обе приведенные выше таксономии, как и ряд других³⁷⁴, характеризуют «вертикальный» профиль специалиста, т.е. тот уровень деятельности, на который он способен. Другой, так называемый «компетентностный» или «функционально-аналитический» подход нацелен на конкретные функции, которые должен уметь выполнять специалист соответствующего уровня или специализации. В отличие от таксономии компетентностный подход конкретизирует в основном горизонтальный профиль специалиста или его «репертуар».

Примером детальной проработки таких требований для дженерал-менеджеров является созданная Британской организацией Management Charter Initiative, или сокращенно МСИ (Эм-Си-Ай), трехуровневая система стандартов компетентности менеджеров линейного, среднего и высшего уровня. Блоки этого профессионального стандарта компетентности для менеджеров среднего звена (МСИ-2) приведены ниже.

Блоки компетентности МСИ-2

1. Инициировать и проводить улучшения услуг, товаров и систем.
2. Контролировать и совершенствовать предоставление услуг и поставку продуктов.
3. Контролировать использование ресурсов.
4. Обеспечивать оптимальное распределение ресурсов между операциями и проектами.
5. Нанимать и отбирать кадры.
6. Совершенствовать команды, повышать квалификацию сотрудников и свою собственную для улучшения показателей.
7. Планировать, распределять и оценивать работу команд, отдельных сотрудников и собственную.
8. Налаживать, поддерживать и укреплять эффективные рабочие связи.
9. Собирать, оценивать и организовывать информацию.
10. Обмениваться с коллегами информацией для принятия решений.

Данные требования были реализованы в программах Открытого университета Великобритании и включены в программы сети учебных центров ЛИНК в России. В настоящее время этот стандарт заменен на стандарт менеджмента и лидерства NOS.

Применительно к компетентности специалистов в области исследований, разработок и инноваций также требуется иметь профили или стандарты компетентности. Для их построения необходимо понимать, чем должен заниматься такой специалист. Один из взглядов на данную область дает модель процесса исследований, разработок и инноваций, представленная на рис. 10.7. Поскольку нас интересует развитие сферы R&D в глобальном масштабе, в данной модели учтен тот факт, что основной современной тенденцией развития является глобализация³⁷⁵ всех сфер деятельности, а особенно научно-технической.

Инновационный процесс в условиях глобализации, как показано на рис. 10.7, радикально отличается от мононационального. Ключевая роль в этих условиях переходит от изобретения и разработки продукта к формированию международных стратегий и альянсов. Только международная торговля инновационными продуктами может дать адекватный поток денежных средств для возврата инвестиций. Важнейшая задача меж-

³⁷⁴ Чошанов М.А. Обзор таксономии учебных целей в педагогике США. – Науч. онлайн-библиотечный портал, 2007.

www.portalus.ru/modules/shkola/rus_readme.php?archive&id=1191499418&start_from&subaction=showfull&ucat

³⁷⁵ Орехов В.Д. Инновационное развитие в условиях глобализации: матер. XXI междунар. научн.-практ. конф. «Инновации в науке». – Новосибирск, 2013. – С. 81.

дународных альянсов заключается в стратегическом планировании исследований, разработок, выпуска и реализации продукции. Соответственно в международном инновационном процессе возникает много новых функций, которые требуют координации действий в размерах, значительно превышающих крупное предприятие или страну. Адекватно должна измениться и инновационная инфраструктура.



Рис. 10.7. Исследования, разработки и инновации в условиях глобализации

Представленные на рис. 10.7 сферы деятельности в той или иной мере должны быть отражены в квалификационной модели специалиста в области исследований, разработок и инноваций. Однако владение всеми этими компетенциями приводит к тому, что по своему профилю специалист уже приближается к компетенции руководителя. В этом нет ничего удивительного, поскольку он должен нести определенную ответственность за эффективное использование области знаний, в которой он является специалистом.

Отметим, что поток идей, которые движут созданием новых продуктов и их модификацией, идет из нескольких областей данной интегрированной деятельности:

- Во-первых, это новые знания, которые дают идеи создания новых технологий и продуктов.
- Во-вторых, это идеи, идущие от запроса рынка и базирующиеся на результатах маркетинговых исследований, а также анализа деятельности успешных конкурентов.
- В-третьих, это понимание того, как можно усовершенствовать уже выпускаемые продукты. Современная концепция инноваций нацелена на непрерывное совершенствование существующей продукции.

- В-четвертых, необходимо чувствовать сигналы обратной связи от потребителей, в том числе финансовые сигналы, которые свидетельствуют об успешности или неудачности выпускаемой продукции.
- И самое главное – все это должно базироваться на заключенных стратегических альянсах и успешном выполнении разработанных стратегий.

Понятно, что высококвалифицированный специалист в области R&D должен в достаточной мере владеть пониманием всех этих потоков информации. В то же время он должен уметь контролировать выполнение остальных важных функций теми службами, которые занимаются соответствующими вопросами, с тем чтобы они не вызвали критических напряжений при реализации проектов, особенно с учетом их международного уровня.

10.5. Современные образовательные технологии

В связи с тем что объем знаний человечества быстро растет и увеличивается число людей, которых нужно научить соответствующим профессиям, сложность образовательных задач быстро возрастает. В то же время методы обучения совершенствуются очень медленно. В отличие от других отраслей деятельности человечества в образовании до сих пор используется слабо оснащенный технически труд преподавателей и отношение числа студентов и преподавателей практически не сокращается и составляет примерно $14 : 1$ ³⁷⁶. Соответственно число преподавателей достигает в мире более 10 млн человек, т.е. больше, чем число специалистов в области R&D.

По мере развития технологий человечества изменялись и методы обучения. Примерная их динамика приведена в табл. 10.6.

Наибольший вклад в развитие методов образования внесла письменность и появление библиотек. Качественный скачок произошел с появлением примерно 700 лет назад университетского образования, которое представляло собой комплекс методов обучения.

Становление классической науки привело к ряду существенных изменений в образовании. Стала доминирующей научная парадигма, и вслед за этим в практику вошел дисциплинарный подход. В связи с развитием печатного дела для обучения стали использоваться печатные учебники. Ян Коменский написал руководство для преподавателей «Великая дидактика».

Научно-техническая революция потребовала ускоренной подготовки большого количества специалистов, в связи с чем в России была разработана технология заочного обучения и внедрены институты переподготовки кадров (ИПК). В ряде направлений образования широко стал использоваться метод кейсов. Значительным продвижением стало создание программированных учебников.

В XX веке появилось множество изобретений, позволяющих передавать и воспроизводить огромное количество информации, поэтому многих вдохновили идеи «эфирных университетов» и «видеопрофессоров». Однако оказалось, что отсутствие обратной связи, взаимодействия преподавателя со студентом делает «трансляционные» методики малоэффективными. Наиболее широко данное направление представлено в виде различных аудио- и видео-самоучителей.

³⁷⁶ Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. – 2000.

Таблица. 10.6. Влияние технологических революций на методы обучения

Год	Революция (эпоха)	Обучение
-9100	Производящее хозяйство	Обучение на практике, речь, показ изделий, рисунки, эйдетические методы запоминания ³⁷⁷
-3550	Письменность	Письмо, счет, учителя, первые школы
-760	Железная эпоха	Гимназии, беседы учителя и ученика, библиотеки, логика, осевое время (смена мифологического мировоззрения на рациональное, философское)
630	Феодальная	Церковные школы, вопросно-ответный метод, заучивание, стандарт: семь искусств
1326	Ремесленная	Университетское образование, городские школы
1674	Классическая наука	Печатные учебники, дидактика, научная парадигма, дисциплинарный подход
1848	Промышленная	Развитие педагогики, корреспондентское обучение
1939	Научно-техническая	Заочное обучение, ИПК, метод кейсов, программированные учебники, кино
1990	Кибернетическая	Дистанционное обучение, компакт-диски, видео-обучение, активные методы, тренинги, компьютерное тестирование, образовательные технологии, Интернет, E-learning, вебинары, учебные платформы

Дальнейшее развитие образовательных технологий происходило под влиянием кибернетической революции и в основном в направлении оснащения обучения компьютерной и коммуникационной техникой, а также дистанционными технологиями. Ассортимент видов дистанционного образования, существующих в настоящее время, можно представить в виде схемы, приведенной на рис. 10.8.

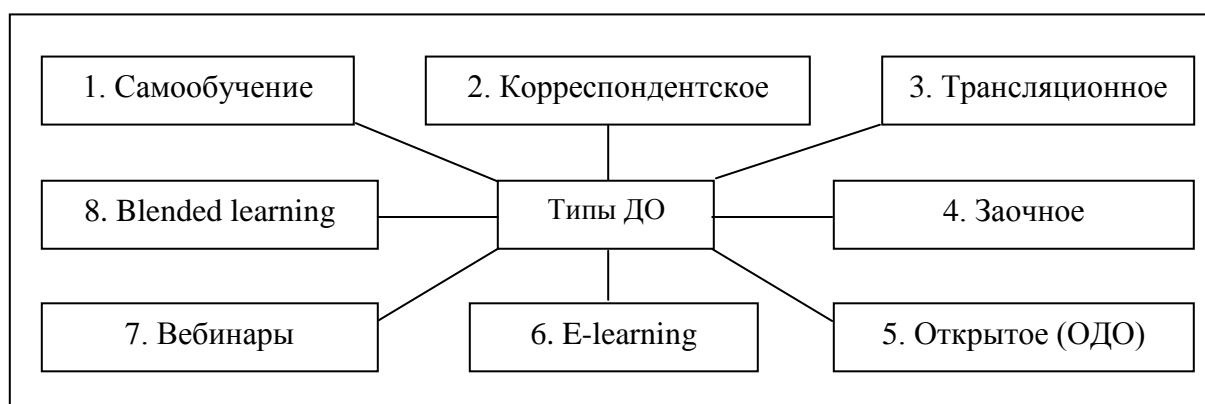


Рис. 10.8. Виды дистанционного образования

Представим один из наиболее развитых в настоящее время видов ДО – Открытое дистанционное образование (ОДО)³⁷⁸. Этот вид обучения возник в последней трети XX века в Великобритании, как результат интеграции ряда современных педагогиче-

³⁷⁷ Выготский Л.С., Лурия А.Р. Память примитивного человека: В сб. «Психология памяти». – М., 1998.

³⁷⁸ Щенников С.А. Открытое дистанционное образование. – М., 2002.

ских методик и маркетинговых методов обслуживания потребителей (рис. 10.9) в комплексную учебную технологию, обеспечивающую преодоление таких барьеров между студентом и преподавателем, как расстояние, занятость, возраст и др. Учебный процесс базируется на оптимальном сочетании самостоятельных, аудиторных и дистанционных занятий, которые включают в себя:

- изучение учебников, рабочих тетрадей;
- ежемесячные занятия типа тренингов (тьюториалы);
- письменные задания;
- выездная школа (тренинг в режиме погружения);
- работа слушателей в интернет-конференции и др.

В составе учебной технологии ОДО используется комплекс инновационных учебных методик и подходов, представленный на рис. 10.9^{379, 380}.

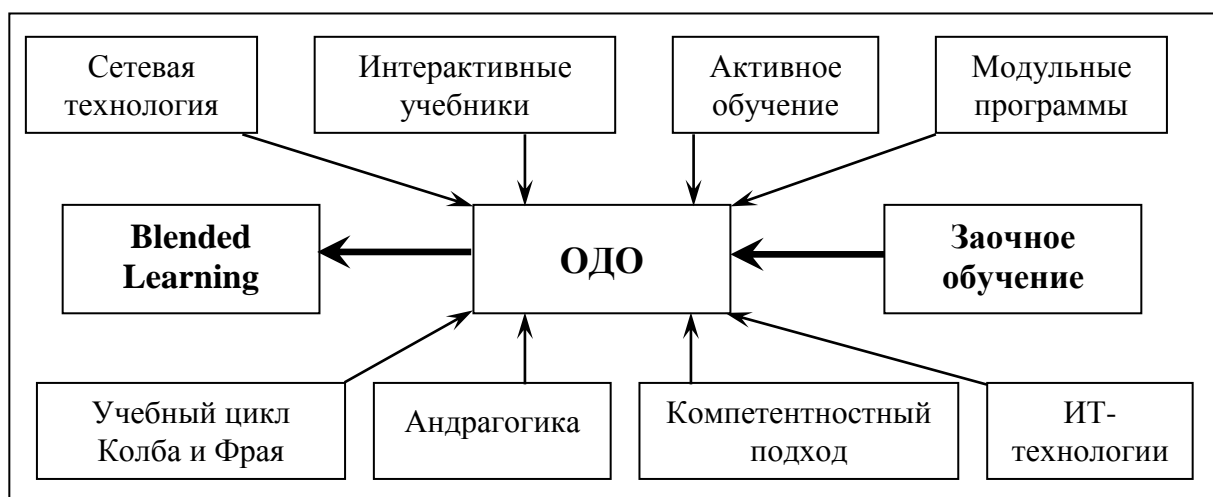


Рис. 10.9. Основные инновации ОДО

Одной из важнейших инноваций ОДО является встраивание в технологическую цепочку активных методов обучения, которые существенно повышают эффективность обучения. Истоки активных методов обучения восходят к древнему китайскому мыслителю Конфуцию (500 год до н.э), который говорил: «Я слышу и забываю. Я вижу и запоминаю. Я делаю и понимаю».

Традиционная лекция представляет собой малоактивный метод обучения, который называют «однаправленным». Занятия, в которых слушатель может обращаться к преподавателю с вопросами и получать ответы, относятся к интерактивным. Если слушатель может управлять и самой коммуникативной средой, такие занятия относятся к активным. Наконец, в наиболее развитых методах используются также рефлексивные методики обучения, т.е. навыки анализировать собственное поведение, как отдельных лиц, так и группы. Схема взаимодействия слушателя с преподавателем для основных типов активного обучения представлена на рис. 10.10³⁸¹.

³⁷⁹ Щенников С.А., Бендова Л.В., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. и др. Управление сетевой организацией открытого дистанционного бизнес-образования. – Жуковский, 2011.

³⁸⁰ Щенникова Е.С. Управление знаниями в инновационной системе бизнес-образования менеджеров. – Жуковский, 2013.

³⁸¹ Орехов В.Д. Обучение персонала: эффективность и экономичность//Управление персоналом. – 2002. – №3-68. <http://www.ou-link.ru/pub/2002mp03.html>



Рис. 10.10. Взаимодействие слушателя с преподавателем в активном обучении

Идея Конфуция относительно активного обучения в современной педагогике используется через модель «Конус опыта» Эдгара Дейла, которая представлена на рис. 10.11^{382,383}. Конечно, не следует слишком доверительно относиться к указанным на схеме цифрам уровня запоминания. Это скорее ориентировочные цифры, демонстрирующие приоритетные способы обучения.

В технологии ОДО активное обучение применяется с использованием модели Колба и Фрая³⁸⁴, представленной на рис. 10.12. Модернизированный применительно к ОДО учебный цикл представлен на рис. 10.13.

В качестве основы используется собственная практическая деятельность слушателя, в частности менеджера (рабочая ситуация). Кроме того, он должен применять модели курса, изложенные в учебных материалах, а также знания и навыки, получаемые от преподавателя и членов учебной группы.

³⁸² Dale, Edgar. Audio-Visual Methods in Teaching, 3rd ed., Holt, Rinehart & Winston, New York, 1969, p. 108.

³⁸³ Конус опыта Эдгара Дейла. http://psyhealth.by/tt_doc/cone-dales.html

³⁸⁴ Kolb, D., Fray. R. Towards an applied theory of experimental learning, Theories of group processes, Wiley, 1975, p. 33–57.

	Люди помнят		Результат
Пассивное обучение	10%	Чтение	Определять, описывать, пояснять
	20%	Слушание	
	50%	Взгляд на рисунок	Демонстрировать, применять, выполнять
		Просмотр видео	
		Взгляд на образец	
		Наблюдение за демонстрац. Наблюдение за действием	
Активное обучение	70%	Участие в дискуссии	Анализировать, разрабатывать, создавать, оценивать
		Выступление с речью	
	90%	Театрализованное выступление	
		Имитация реальной деятельности	
		Выполнение реальной деятельности	

Рис. 10.11. Модель активного обучения «Конус опыта» Э. Дейла

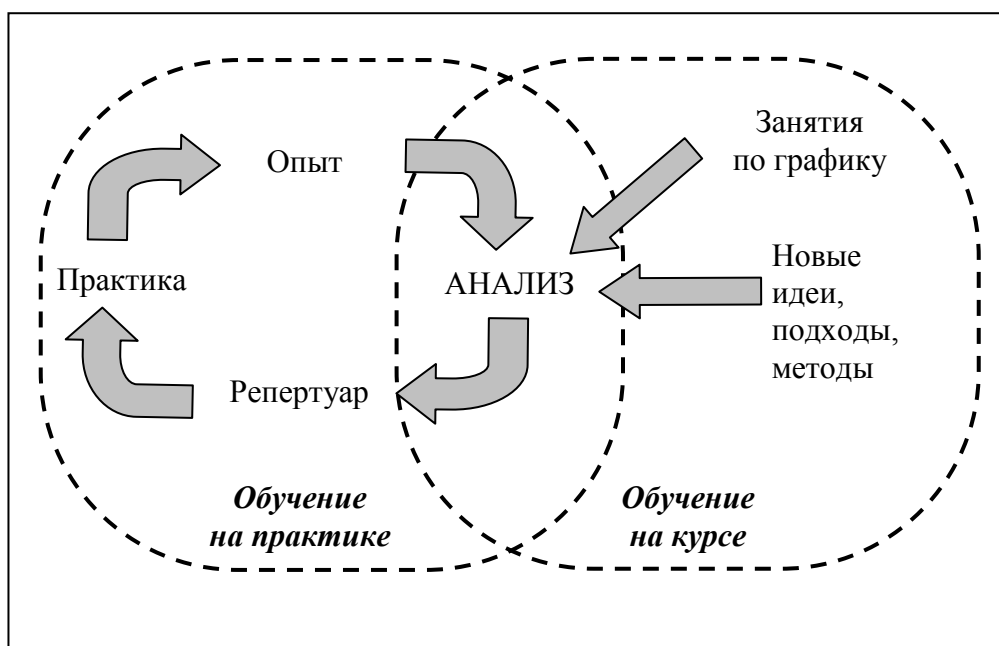


Рис. 10.12. Учебный цикл Колба и Фрая: интеграция обучения и практики

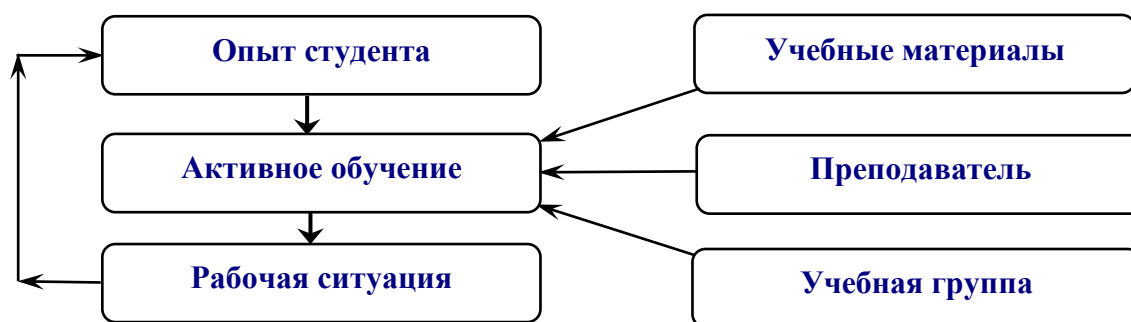


Рис. 10.13. Активный учебный цикл в технологии ОДО

Данный учебный цикл используется в большинстве видов учебных занятий: при выполнении письменных работ, при изучении учебных материалов с заданиями, а также во время очных занятий и даже на экзаменах. Например, слушатели получают неудовлетворительную оценку, если не применили концепции курса к собственной деятельности или если предлагают решение без использования концепций курса.

Преподаватели проходят специальное обучение³⁸⁵ по применению данной технологии.

В настоящее время учебный процесс технологии ОДО насыщается информационно-коммуникационными технологиями, в частности методами работы в интернет-конференциях, в том числе с использованием учебных платформ, вебинаров и т.д.

По мере возрастания скорости передачи информации по сети Интернет более актуальными станут методы видеообучения, в том числе интерактивного. Один из примеров реализации такого учебного курса, разработанного автором³⁸⁶, приведен на учебной платформе www.businesslearning.ru.

Несмотря на быстрое развитие электронного обучения, пока адекватной замены преподавателю не существует, а разработка электронных учебных пособий далеко не всегда оказывается экономически выгодной. Более того, существует опасность того, что исключительная ставка на электронное обучение может привести к негативным последствиям.

Отметим также, что пока нет даже намека на появление методов обучения, базирующихся на достижениях биотехнологической революции.

Основные результаты главы 10

Отношение числа студентов высшего образования к мировому ВВП с 1960 по 2015 год выросло почти вдвое за счет быстрого роста образования в развивающихся странах.

В условиях, когда наука становится реальной экономической силой, существует необходимость в формировании специального направления образования, нацеленного на R&D-деятельность. Известные в настоящее время виды подготовки в этой области являются не в полной мере удовлетворительными.

В условиях глобализации радикально изменяется инновационный процесс, что приводит к изменению квалификационной модели специалиста в области R&D.

³⁸⁵ Щенников С.А., Теслинов А.Г., Вербицкий А.А. и др. Основы деятельности тьютора в системе дистанционного образования. – М., 2006.

³⁸⁶ Орехов В.Д. Основы маркетинга. – 2009. <http://www.businesslearning.ru/Mods/vc.asp?vc=179&cl=9722>