

Введение. Тысячелетние тренды

Человеческое общество – это сложная неравновесная система, постоянно развивающаяся и изменяющаяся. Сложность, многофакторность и противоречивость социальной эволюции приводят исследователей к закономерному выводу о том, что любое упрощение, редукция, упущение из виду всего многообразия факторов неизбежно ведет к увеличению ошибки и к существенно неверному пониманию изучаемых процессов (Следзевский 1997)¹.

Мнение о том, что в истории развития общества не может быть простых общих законов, крепко укоренилось в научных воззрениях, особенно среди представителей гуманитарных наук, непосредственно сталкивающихся в своей деятельности со всем многообразием и непредсказуемостью социальных процессов.

Подобные воззрения, однако, – прямой путь к социальному агностицизму, признанию бессмысленности самого научного изучения общества, ведь задача научного анализа в том и состоит, чтобы выделить основные действующие силы и установить фундаментальные законы, отбросив детали и несущественные отклонения от общих правил². Таким образом, сам научный подход содержит в себе заметную долю редукционизма. Тем не менее, человеческое общество действительно предельно сложная система.

Возможно ли описать его развитие какими-либо достаточно простыми законами? Современные достижения в области математического моделирования дают однозначный ответ: «Можно». Социальная эволюция действительно подчиняется строгим и достаточно простым макрозаконам.

Грандиозные успехи и бурное развитие физики по сравнению с другими науками во многом было связано с тем, что удалось произвести синтез математических методов и предметного знания. Несмотря на то, что еще в античном мире физические концепции уже отличались достаточно высоким теоретическим уровнем, именно в Новое время внедрение математики

¹ Как пишет И. В. Следзевский, «С переводом понимания на язык универалистских научных моделей и однозначных определений происходит неизбежная редукция этого феномена [цивилизации] как личностного выражения культуры» (Следзевский 1997: 19).

² См., например: Малинецкий 1996, 1997; Розов 1995, 2002; Назаретян 1999; Бородкин 1999; Бородкин, Владимиров, Гарскова 2003; Чернавский 2004; Гринин 2006а; Турчин 2007; Князева, Курдюмов 2005; Крадин 2008; Нефедов 2008; Graber 1995; Rozov 1997; Carneiro 2000; Harris 2001.

позволило гораздо глубже проникнуть в сущность физических законов и предопределило научно-техническую революцию. Однако данный синтез требовал соблюдения важного условия. Математика оперирует с числами, а, значит, и мир физики должен был быть переведен на язык чисел. Требовались эффективные методы измерения физических величин, введение шкал и мер. Начиная с измерения простейших величин – длины, массы, времени – физики научились измерять заряд, вязкость, индуктивность, спин и многие другие необходимые для построения физической теории величины.

Аналогичным образом, конструктивный синтез социальных наук и математики требует введения адекватных способов измерения социальных величин. Также как и в физике, некоторые величины поддаются относительно несложной оценке, тогда как измерение других требует длительной работы и даже построения вспомогательных моделей.

Одной из наиболее доступных для непосредственного измерения социальных величин является численность людей. Поэтому не удивительно, что именно область демографии привлекает исследователей, давая надежды на успех в построении количественной теории. Примечательно, что и проникновение математических методов в биологию во многом прошло под флагом описания популяционной динамики животных (см., например: Ризниченко 2002).

Удивительное открытие Хайнца фон Ферстера

В 1960 г. Х. фон Ферстер, П. Мора и Л. Амиот опубликовали в журнале *Science* сообщение о своем удивительном открытии (von Foerster, Mora, Amiot 1960). Они показали, что между 1 и 1958 г. н.э. динамика численности народонаселения мира (N) может быть с необычайно высокой точностью описана при помощи следующего поразительно простого уравнения³:

$$N_t = \frac{C}{t_0 - t}, \quad (0.1)$$

где N_t – это численность населения мира в момент времени t , а C и t_0 – константы; при этом при приближении t к t_0 численность населения N неограниченно растет. Проще говоря, N стало бы бесконечным, если бы численность населения мира продолжила бы расти по той же самой траектории, по которой она росла с 1 по 1958 г. н.э.

³ Точнее говоря, уравнение, полученное Х. фон Ферстером и его коллегами, выглядит следующим образом: $N_t = \frac{C}{(t_0 - t)^{0.99}}$. Однако, как было показано С. фон Хернером (von Hermer 1975) и С. П. Капицей (1992, 1996, 1999), это уравнение имеет смысл использовать в следующем аппроксимированном виде $N_t = \frac{C}{t_0 - t}$.

Параметр t_0 был оценен Х. фон Ферстером и его коллегами как 2026,87, что соответствует 13 ноября 2026 г.; это, кстати, предоставило им возможность дать своей статье предельно броское название «Конец света: Пятница, 13 ноября 2026 г. от Рождества Христова».

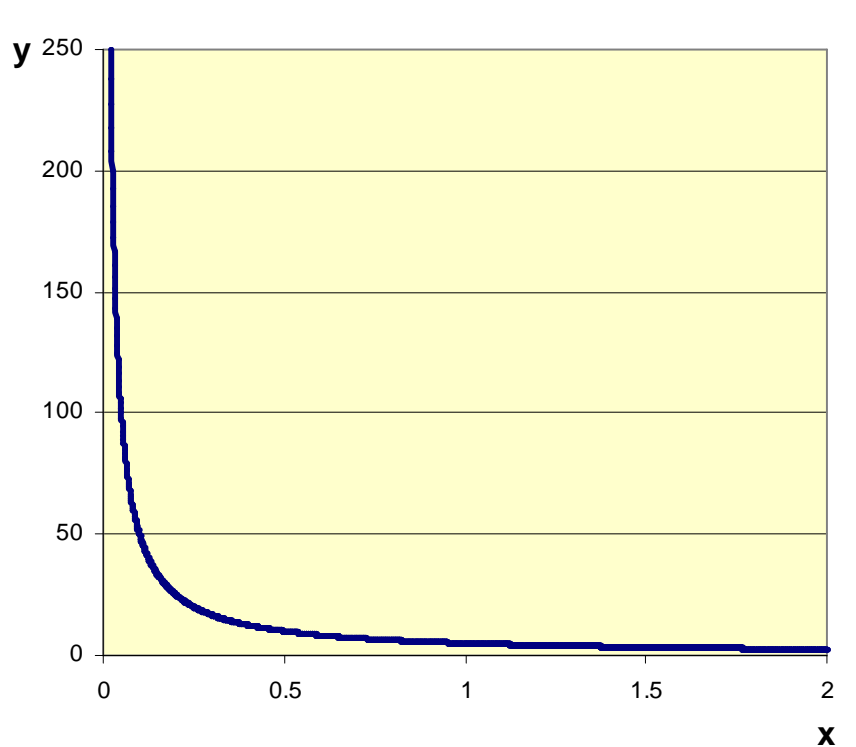
Обратим внимание на то, что график приведенной выше функции есть не что иное, как гипербола; и описываемый этим уравнением закон роста называется «гиперболическим».

Напомним, что уравнение

$$y = \frac{k}{x} \quad (0.2)$$

имеет график, изображенный при $k = 5$ на Рис. 0.1:

Рис. 0.1. Гипербола – график функции $y = \frac{5}{x}$

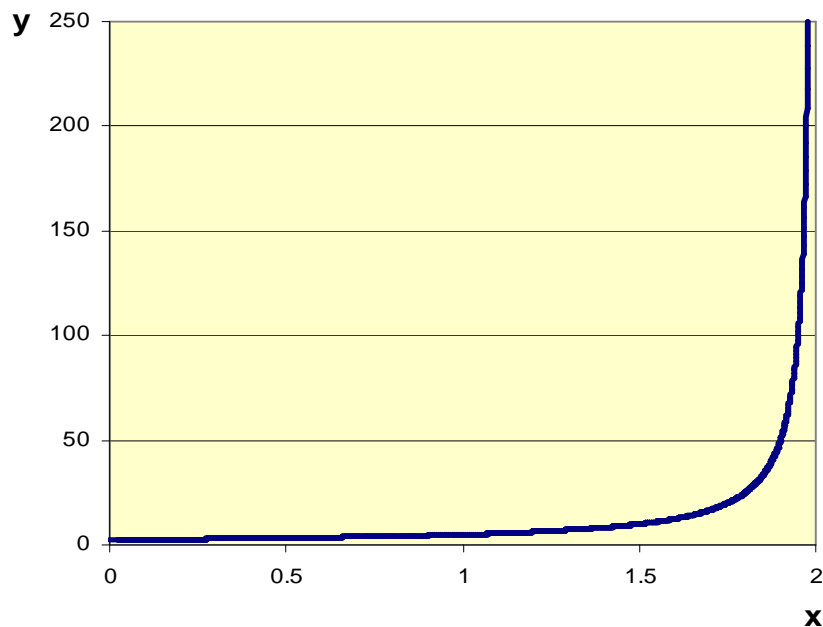


Также гиперболу описывает и следующее уравнение:

$$y = \frac{k}{x_0 - x}. \quad (0.3)$$

График функции (0.3) при $x_0 = 2$ и $k = 5$ изображен на Рис. 0.2:

Рис 0.2. Гипербола – график функции $y = \frac{5}{2-x}$



Как мы видим, кривая на Рис. 0.2 представляет собой зеркальное отражение и сдвиг вправо кривой, изображенной на Рис. 0.1. Теперь проинтерпретируем ось абсцисс как ось времени (ось t), а ось ординат – как ось, по которой отложены значения численности населения мира (исчисляемого в миллионах), заменим x_0 числом 2027 (что представляет собой просто результат округления значения, вычисленного Х. фон Ферстером и его коллегами, 2026,87), а k заменим числом 215 000⁴. Это даст нам просто некоторый вариант уравнения Х. фон Ферстера с определенными параметрами:

⁴ Отметим, что используемое нами значение коэффициента k (представляющего собой эквивалент параметра C в уравнении (1)) несколько отличается от того, что было определено Х. фон Ферстером и его коллегами.

$$N_t = \frac{215000}{2027 - t}. \quad (0.4)$$

На самом деле, если разобраться, то получится, что уравнение фон Ферстера «утверждает», что если Вы захотите узнать численность населения мира (исчисляемого, напомним, в миллионах человек) в некотором году, Вам достаточно просто вычесть этот год из 2027, а затем поделить 215 000 на полученную разность. На первый взгляд, подобный «примитивный» алгоритм просто не может сработать – действительно, казалось бы, как динамика такой весьма сложной системы, как планетарное человеческое общество, может быть сколько-нибудь точно описана при помощи столь простенького уравнения? Однако давайте проверим, так ли это на самом деле. Начнем, например, с 1970 г. Для того чтобы оценить численность населения мира в 1970 г. при помощи уравнения фон Ферстера мы должны, прежде всего, вычесть 1970 из 2027. Мы получим 57. А теперь осталось просто разделить 215 000 на полученную разность (т.е. на 57), и мы получаем оценку численности населения мира в 1970 г. (в миллионах): $215000 \div 57 = 3771,9$. Согласно базе данных Бюро переписей США (U. S. Bureau of the Census 2010), численность населения мира на 1970 г. составила 3708,1 млн чел. При этом, конечно же, ни один из сотрудников этого бюро не будет настаивать, что численность населения мира в этом году составляла в точности 3708,1 млн чел. Действительно, даже на этот год в нашем распоряжении нет точных переписных данных по достаточно большому числу стран; кроме того, за один этот год население мира выросло почти на 80 млн чел. Так что полученный нами при помощи уравнения фон Ферстера результат оказывается вполне в пределах погрешности измерения для соответствующего года.

Теперь при помощи того же уравнения подсчитаем численность населения Земли в 1900 г. Понятно, что для этого нам надо просто поделить 215000 млн на 127, что даст нам 1693 млн, что оказывается в точности в пределах имеющихся эмпирических оценок (1600–1710 млн чел.)⁵.

Теперь проделаем ту же самую операцию для 1800 г.: $2027 - 1800 = 227$; $215\,000 \div 227 = 947,1$ (млн). Согласно имеющимся эмпирическим оценкам, численность населения мира на этот год действительно составляла от 900 до 980 млн чел.⁶ Теперь повторим эту операцию для 1700 г.: $2027 - 1700 = 327$; $215000 \div 327 = 657,5$ (млн чел.). И снова мы оказываемся полностью в пределах имеющихся эмпирических оценок численности на-

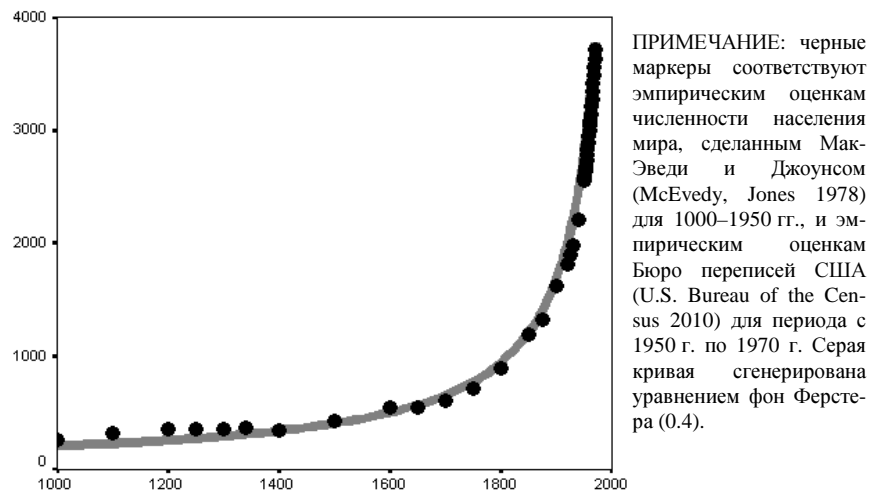
⁵ Thomlinson 1975; Durand 1977; McEvedy, Jones 1978; Biraben 1980; Livi-Bacci 1992; Haub 1995; Modelski 2003; Christian 2004; UN Population Division 2010; U.S. Bureau of the Census 2010.

⁶ Thomlinson 1975; McEvedy, Jones 1978; Biraben 1980; Livi-Bacci 1992; Modelski 2003; Christian 2004; UN Population Division 2010; U.S. Bureau of the Census 2010.

селения мира на этот год (600–680 млн чел.)⁷. Повторив тот же алгоритм еще раз, для 1400 г. получаем: $2027 - 1400 = 627$; $215000 \div 627 = 343$ (млн чел.). И снова полученный результат оказывается в пределах погрешности эмпирических оценок⁸.

Общее совпадение кривой, описываемой уравнением фон Ферстера, и наиболее детального ряда эмпирических оценок выглядит следующим образом (см. Рис. 0.3):

Рис. 0.3. Корреляция между эмпирическими оценками долгосрочной динамики численности населения мира (в миллионах чел., 1000–1970 гг.) и кривой, генерируемой уравнением фон Ферстера



Формальные характеристики этой корреляции таковы: $R = 0,998$; $R^2 = 0,996$; $\alpha = 9,4 \times 10^{-17} \approx 1 \times 10^{-16}$.

Для читателей, незнакомых с прикладной математической статистикой, отметим, что R^2 в данном контексте может рассматриваться как мера соответствия между динамикой, описываемой математической моделью, и эмпирически наблюдаемой динамикой; данная величина может быть интерпретирована как та доля общей вариации, которая объясняется соответствующим уравнением. Отметим, что 0,996 может быть представлено

⁷ Thomlinson 1975; McEvedy, Jones 1978; Biraben 1980; Livi-Bacci 1992; Maddison 2001; Modelski 2003; Christian 2004; U.S. Bureau of the Census 2010.

⁸ 350 млн чел. (McEvedy, Jones 1978), 375 млн (Livi-Bacci 1992).

как 99,6%⁹. Таким образом, несмотря на свою предельную простоту, уравнение фон Ферстера объясняет поразительные 99,6% всей макродинамики численности населения мира с 1000 г. по 1970 г. (в том виде, как она эмпирически оценена Мак-Эведи и Джоунсом [McEvedy, Jones 1978]) и Бюро переписей США (U.S. Bureau of the Census 2010)¹⁰.

Отметим также, что эмпирические оценки динамики численности населения мира выстраиваются удивительно точным образом вдоль именно гиперболической кривой, что можно рассматривать в качестве вполне убедительного основания для обозначения соответствующего типа роста населения именно как «гиперболического».

Х. фон Ферстер и его коллеги показали наличие гиперболической тенденции роста численности населения мира для периода с 1 г. по 1958 г. н.э.; позднее было показано, что эта тенденция прослеживается с одной стороны до 70-х гг. XX в.¹¹, а с другой – в течение нескольких миллионов лет до н.э. (Капица 1992, 1996, 1999; Kremer 1993)¹². Действительно, сделанные Мак-Эведи и Джоунсом (McEvedy, Jones 1978) эмпирические оценки динамики численности населения мира за период 5000–500 гг. до н.э. описываются гиперболическим уравнением с очень высокой

⁹ Вторая характеристика корреляции (α) представляет собой меру статистической значимости корреляции. Несколько контринтуитивным образом, чем меньше значение α , тем выше статистическая значимость соответствующей корреляции. Это объясняется тем, что α обозначает вероятность того, что данная корреляция является результатом чистой случайности. Таким образом, $\alpha = 0,99$ обозначает крайне низкую статистическую значимость, так как это значит, что существуют 99 шансов из 100, что наблюдаемая корреляция является результатом чистой случайности, и мы можем быть вполне уверены, что никакой систематической закономерной связи (по крайней мере того типа, который нас интересует) между двумя соответствующими переменными просто нет. С другой стороны, $\alpha = 1 \times 10^{-16}$ (как это наблюдается в нашем случае) обозначает крайне высокую статистическую значимость, так как речь идет о том, что существует лишь один шанс из 10 000 000 000 000 000, что наблюдаемая корреляция является результатом чистой случайности (собственно говоря, корреляция обычно считается статистически значимой уже при $\alpha < 0,05$).

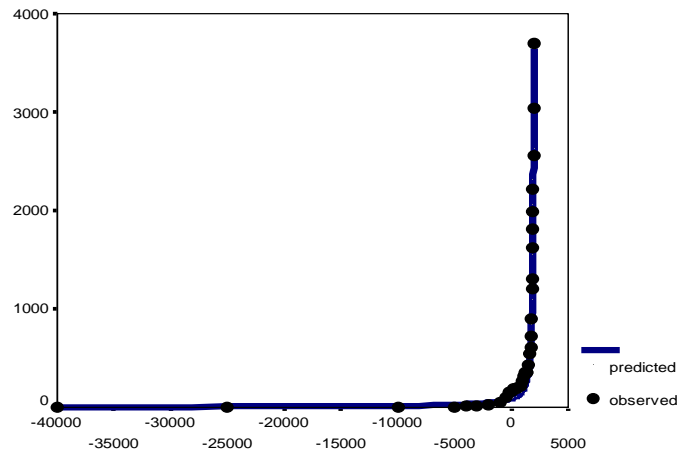
¹⁰ Здесь нельзя не отметить, что при нескольких иных значениях параметров ($C = 164890,45$; $t_0 = 2014$) уровень соответствия (R^2) между динамикой, генерируемой уравнением фон Ферстера, и макроставариацией численности населения мира в 1000 – 1970 гг. (в том виде, как она эмпирически оценена Мак-Эведи и Джоунсом [McEvedy, Jones 1978], а также Бюро переписей США [U.S. Bureau of the Census 2006]) достигает 0,9992 (99,92%), при этом для периода 500 г. до н.э. – 1970 г. н.э. этот уровень соответствия даже вырастает до 0,9993 (99,93%) (при следующих значениях параметров: $C = 171042,78$; $t_0 = 2016$).

¹¹ В последующий период начался выход Мир-Системы из режима с обострением, о чем будет подробно рассказано ниже.

¹² Собственно говоря, М. Кремер прослеживает эту тенденцию на протяжении 1 000 000 лет, а С. П. Капица – даже на протяжении 4 млн лет. Со своей стороны, мы не готовы идти в подобные временные глубины, так как нам непонятно, из кого население мира состояло миллион лет тому назад при отсутствии тогда на планете людей (т.е. представителей вида *Homo sapiens sapiens*), не говоря уже о том, что сколько-нибудь обоснованная эмпирическая оценка численности этого «населения» (по всей видимости, особой разных видов гоминоид, лишь ничтожную часть из которых можно отнести к нашим предкам?) в настоящее время не представляется возможной.

степенью точности ($R^2 = 0,996$); и эта точность описания сохраняется на очень высоком уровне и для периода 40 000 – 200 гг. до н.э. ($R^2 = 0,990$) (см., например: Коротаяев 2006б: 153–154). Общая картина динамики численности населения мира с 40 000 г. до н.э. по 1970 г. н.э. также имеет гиперболическую форму (см. Рис. 0.4):

Рис. 0.4. Динамика численности населения мира, 40 000 г. до н.э. – 1970 г. (в млн чел.): корреляция между динамикой, генерируемой гиперболической моделью, и эмпирическими оценками



ПРИМЕЧАНИЕ: $R = 0,998$, $R^2 = 0,996$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют эмпирическим оценкам численности населения Земли, сделанным Мак-Эведи и Джоунсом (McEvedy, Jones 1978) и Кремером (Kremer 1993) для периода 40 000 г. до н.э. – 1950 г. н.э., а также Бюро переписей США (U.S. Bureau of the Census 2006) за 1950–1970 гг. Сплошная линия сгенерирована следующим вариантом уравнения фон Ферстера:

$$N_t = \frac{189648,7}{2022 - t} .$$

Нам часто приходится слышать следующее возражение против утверждения о том, что общий закон роста численности населения мира вплоть до 70-х гг. прошлого века был гиперболическим. Мы просто не знаем сколько-нибудь точно, какой была реальная численность населения Земли на протяжении большей части человеческой истории (и в особенности до нашей эры), и поэтому в нашем распоряжении нет данных для того, чтобы мы могли хоть с какой-то определенностью установить даже самую общую картину динамики численности населения мира на протяжении большей части периода существования человечества. Следовательно, у нас нет достаточных оснований принять утверждение о гиперболической тен-

денции роста численности населения мира в период с 40 000 г. до н.э. по 1970 г. н.э.

На первый взгляд, это возражение выглядит совершенно убедительным. Например, на 1 г. н.э. оценки численности населения мира колеблются между 170 млн (McEvedy, Jones 1978) и 330 млн чел. (Durand 1977), в то время как для 10 000 г. до н.э. разброс оценок становится уже совсем драматическим: от 1 до 10 млн чел. (Thomlinson 1975). Действительно, казалось бы, представляется совершенно очевидным, что имея в своем распоряжении столь неточные эмпирические данные, мы просто не можем быть в состоянии идентифицировать характер общего тренда долгосрочной демографической макродинамики мира.

Однако несмотря на всю внешнюю убедительность этого возражения, мы все-таки не можем его принять. Продемонстрируем наши основания для этого.

Начнем с 10 000 г. до н.э. Как уже упоминалось выше, мы не знаем, сколько точно человек жило на Земле в это время. Тем не менее, мы можем быть вполне уверены, что численность населения Земли на этот год превышала 1 млн чел и была меньше 10 млн чел. Подчеркнем, что эта оценка совсем не произвольна. Действительно, по данным археологии и экономической антропологии, мы знаем вполне достоверно, какие части пригодной для обитания человека суши были заселены к этому времени, и какие формы жизнеобеспечения обитатели соответствующих областей на данный период времени практиковали¹³ (см., например: Peregrine, Ember 2001), а также существование какого числа человек могли поддерживать 100 км² занимаемой территории при соответствующих способах ее хозяйственного освоения (см., например: Коротаев 1991). Таким образом, мы знаем с достаточно высокой степенью достоверности, что при тех технологиях присваивающего хозяйства, которые человеческие популяции использовали в 10 000 г. до н.э., обитаемая часть земной поверхности не могла устойчиво поддерживать существование более 10 млн чел. (а реальная численность населения Земли была в это время заметно меньше). Относительно 40 000 г. до н.э. мы можем лишь быть совершенно определенно уверены, что численность населения Земли на этот год была несколько меньше, чем в 10 000 г. до н.э. Мы не можем сказать, насколько именно, но, как мы увидим ниже, в данном контексте это для нас совсем несущественно.

Имеющиеся оценки численности населения мира между 10 000 и 1 гг. до н.э. являются, конечно, гипотетическими в очень высокой степени. Однако во 2 г. н.э. ситуация меняется достаточно существенно, ибо именно от этого года мы имеем в нашем распоряжении данные «древнейшей в

¹³ Отметим, что экономика всех человеческих сообществ была в это время исключительно присваивающей (хотя в некоторых областях мира присваивающее хозяйство и было достаточно интенсивным [см., например: Гринин 2006a]).

мире переписи населения, информация которой до нас дошла» (Bielenstein 1987: 14).

Стоит особо отметить то обстоятельство, что проведена эта перепись была в Китае, т.е. в одной из стран, особо важных для нас в настоящем контексте. Эта перепись зафиксировала в Китае около 59 млн человек, подлежащих налогообложению (см., например: Bielenstein 1947: 126, 1986: 240; Durand 1960: 216; Loewe 1986b: 206), или 57,671 млн по более позднему перерасчету Х. Биленстайна (Bielenstein 1987: 14)¹⁴. До 40-х гг. XVIII в. китайские переписи имели тенденцию недоучитывать реальную численность населения этой страны, так как до этого времени они, строго говоря, представляли собой не реальные переписи, а скорее регистрацию налогоплательщиков; понятно, что всегда и в любой стране значительная часть населения делала все возможное для того чтобы подобной регистрации избежать. Также ясно, что обычно некоторая часть китайского населения этой цели вполне успешно добивалась (см., например: Durand 1960).

Таким образом, как минимум мы можем быть совершенно уверены, что во 2 г. н.э. численность населения мира была никак не меньше 57,671 млн чел. Вместе с тем совершенно очевидно, что общая численность населения Земли на этот год была *значительно* выше. Для этого периода времени в нашем распоряжении имеются данные переписи римских граждан (14 г. н.э.), что в сочетании с имеющейся в нашем распоряжении довольно богатой информацией о римской социальной структуре и данными нарративных и археологических источников дает возможность определить с вполне высоким уровнем достоверности порядок численности населения Римской империи (имеющиеся эмпирические оценки дают разброс в пределах 45–80 млн чел. [Durand 1977: 274]). Письменные источники и археологические данные также дают возможность установить порядок численности населения Парфянской империи (10–20 млн чел.) и Индии (50–100 млн чел.) (Durand 1977).

Данные по населению почти всех остальных регионов мира значительно менее достоверны, но не вызывает сомнения то обстоятельство, что общая численность населения всех этих регионов, взятых вместе, была значительно ниже суммарной численности населения Средиземноморья, Среднего Востока, Индии и Китая (где во 2 г. н.э. обитало абсолютное большинство населения Земли). В целом, мы можем быть вполне уверены, что общая численность населения мира во 2 г. н.э. вряд ли могла быть сколько-нибудь меньше 150 млн чел. и крайне маловероятно, что она могла сколько-нибудь существенно превышать 350 млн чел.

Переместимся теперь на 1800 г. н.э. Для соответствующего периода в нашем распоряжении имеются несравненно более достоверные и качественные чем когда-либо прежде демографические данные по Европе, США,

¹⁴ Или 57,671 млн чел. по скорректированной оценке Биленстайна (Bielenstein 1987: 14).

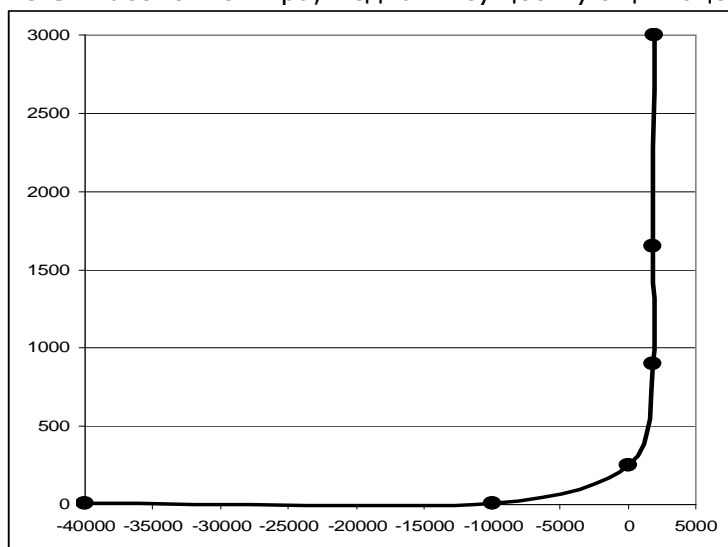
Китаю¹⁵, Египту¹⁶, Индии, Японии и т.д. (Durand 1977). Поэтому, для данного года мы можем быть вполне уверены, что численность населения мира не могла быть менее 850 млн и более 1 млрд чел.

Качество демографической информации радикально улучшается к 1900 г.¹⁷, относительно которого у нас нет особых сомнений, что численность населения мира на этот год находилась в пределах 1600–1750 млн чел.

Наконец, к 1960 г. демографическая статистика выходит на еще более высокий уровень достоверности, и мы можем быть вполне уверены, что население мира в этом году находилось в пределах 2900–3100 млн чел.

Теперь нанесем средние точки в указанных выше интервалах эмпирических оценок на график и соединим соответствующие точки. Мы получим следующий результат (см. Рис. 0.5):

Рис. 0.5. Население мира, медианы существующих оценок



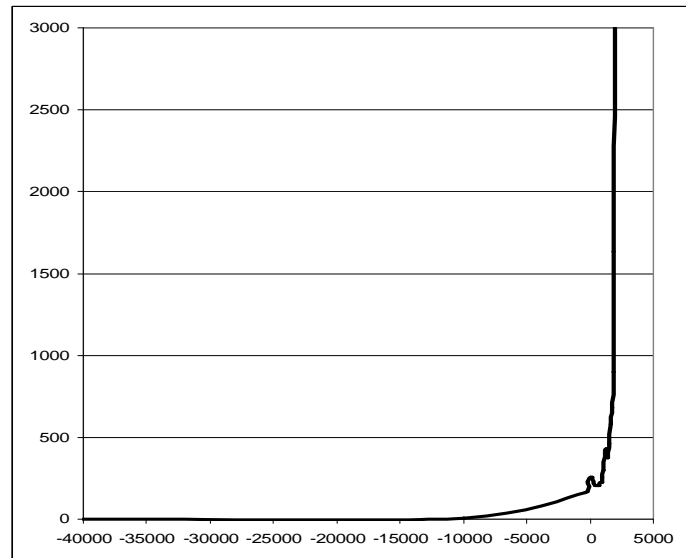
¹⁵ В связи с отделением в первой половине XVIII в. процесса сбора сведений о численности населения Китая от процесса регистрации этого населения с целью обложения налогами китайцы в 1800 г. не имели серьезных оснований уклоняться от переписей. По этой причине для этого времени данные по численности населения Китая оказываются ощутимо более достоверными, чем для любого из предшествующих периодов (см., например: Durand 1960: 238; а также ниже *Главу 2*).

¹⁶ Ввиду проведения первой научной оценки численности населения Египта членами научной миссии, сопровождавшей Наполеона в его военном походе в эту страну (Jomard 1818).

¹⁷ С заметным исключением в виде Китая, где система учета численности населения была разрушена в результате Тайпинского восстания и была восстановлена лишь в начале 50-х гг. прошлого века (Durand 1960; см. также ниже *Главу 2*).

Как мы видим, полученная нами общая картина долгосрочной динамики численности населения мира имеет недвусмысленно гиперболический вид. Теперь Вы можете поэкспериментировать и подвигать точки любым образом в пределах указанных выше интервалов эмпирических оценок. Вы увидите, что гиперболическая форма долгосрочной динамики численности населения мира будет сохраняться при любых обстоятельствах. Более того, Вы можете попробовать заполнить пространство между точками любыми эмпирическими оценками, которые Вы найдете. И Вы увидите, что общая форма кривой численности населения мира все равно останется определенно гиперболической. Например, заменим оценки Мак-Эведи и Джоунса (McEvedy, Jones 1978), использованные нами ранее для построения Рис. 0.4 на участке между 10 000 г. до н.э. и 1900 г. н.э. (далее все равно различия между различными эмпирическими оценками становятся минимальными), оценками Бирабена (Biraben 1980) (при этом стоит отметить, что обычно оценки Бирабена находятся ближе к прямо противоположной границе интервала относительно оценок Мак-Эведи и Джоунса). Мы получим следующую картину (см. Рис. 0.6):

Рис. 0.6. Население мира, оценки Бирабена (Biraben 1980)



Как мы видим, и в этом случае общая форма кривой численности населения мира остается недвусмысленно гиперболической.

В чем же состоит объяснение этому? Действительно, почему, хотя имеющиеся в нашем распоряжении оценки численности населения мира на протяжении почти всей истории существования человечества и не от-

личаются сколько-нибудь высокой достоверностью, мы можем быть столь уверены, что общая тенденция демографической динамики мира была с 40 000 г. до н.э. по 70-е гг. прошлого века именно гиперболической?

Ответ на этот вопрос предельно прост и сводится к тому, что на протяжении интересующего нас участка времени численность населения мира выросла на порядки. Да, это правда, что на протяжении почти всей человеческой истории мы не знаем сколько-нибудь достоверно, какое именно значение численность населения мира принимала в тот или иной год в пределах того или иного порядка. Однако для любого года этого участка человеческой истории мы знаем с очень высокой степенью достоверности, в пределах какого именно порядка численность населения Земли находилась на этот момент времени. Поэтому уже сейчас вполне ясно, что, какие бы археологические открытия ни были бы сделаны в будущем, как бы ни были пересмотрены оценки прошлой численности населения Земли, вероятность того, что они покажут, что общая тенденция динамики этого показателя с 40 000 г. до н.э. по 1970 г. н.э. была не гиперболической (а, скажем, экспоненциальной или линейной), практически не отличается от нуля.

**«Экономический конец света»:
суббота, 23 июля, 2005 г.**

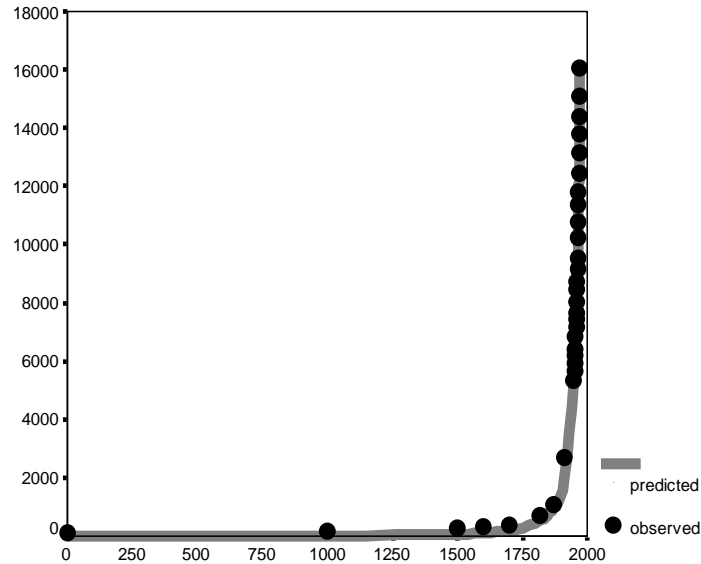
Отметим, что если бы Х. фон Ферстер и его коллеги имели бы в своем распоряжении в дополнение к данным по динамике численности населения мира еще и данные по динамике мирового ВВП за 1–1973 гг. (которые, впрочем были опубликованы А. Мэддисоном только в 2001 г. [Madison 2001]), они могли бы сделать и еще одно впечатляющее «предсказание» – что в субботу, 23 июля, 2005 г. н.э. произойдет «экономический конец света»; т.е. что в этот день бесконечным должен был бы стать мировой ВВП, если бы общая тенденция его роста, наблюдавшаяся в 1–1973 гг., продолжилась бы и дальше. Они бы также обнаружили, что в 1–1973 гг. тенденция роста мирового ВВП следовала не просто гиперболической, а квадратично-гиперболической тенденции (подробнее см.: Коротаяев, Малков, Халтурина 2007).

В самом деле, сделанные А. Мэддисоном эмпирические оценки динамики мирового ВВП за 1–1973 гг. почти идеально аппроксимируются следующим уравнением:

$$G_t = \frac{C}{(t_0 - t)^2}, \quad (0.5)$$

где G_t – это мировой ВВП (в миллиардах международных долларов 1990 г. в паритетах покупательной способности [ППС]) в год t , $C = 17355487,3$, а $t_0 = 2005,56$ (см. Рис. 0.7):

Рис 0.7. Динамика мирового ВВП, 1–1973 гг. (в миллиардах международных долларов 1990 г., в ППС): соответствие динамики, генерируемой квадратично-гиперболической моделью, эмпирическим оценкам



ПРИМЕЧАНИЕ: $R = 0,9993$, $R^2 = 0,9986$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют эмпирическим оценкам А. Мэддисона (Maddison 2001); данные по производству мирового ВВП на душу населения на 1000 г. скорректированы по В. А. Мельянцеву (1996, 2003, 2004; Meliantsev 2004). Сплошная серая кривая — график следующего уравнения:

$$G = \frac{17749573,1}{2006 - t^2} .$$

Параметры C (17749573,1) и t_0 (2006) определены методом наименьших квадратов. Собственно говоря, как упоминалось выше, наилучшее соответствие эмпирическим оценкам А. Мэддисона наблюдается при следующих значениях параметров: $C = 17355487,3$ и $t_0 = 2005,56$ (что и дает нам «экономический конец света в субботу, 23 июля 2005 г. н.э.»), но мы решили здесь и далее ограничиться при подборе значений t_0 целыми значениями годов и избегать дробных значений, использование которых при том общем уровне достоверности данных, которые есть в нашем распоряжении, все равно не имеет особого смысла.

Единственное различие между простой и квадратичной гиперболой заключается в том, что простая гипербола математически описывается уравнением (0.2):

$$y = \frac{k}{x}, \quad (0.2)$$

в то время как квадратичная гипербола содержит в уравнении x^2 вместо x :

$$y = \frac{k}{x^2}. \quad (0.6)$$

Конечно же, уравнение (0.6) может быть приведено и к такому виду:

$$y = \frac{k}{(x_0 - x)^2}. \quad (0.7)$$

Именно этим уравнением мы и воспользовались выше для описания мировой экономической макродинамики между 1 и 1973 гг. н.э. Алгоритм расчета значения мирового ВВП при помощи данного уравнения по-прежнему остается очень простым. Например, для подсчета значения мирового ВВП, произведенного в 1905 г. (в миллиардах международных долларов 1990 г. в ППС), нам просто надо прежде всего вычесть 1905 из 2005, но затем поделить C (17355487,3) не на полученную разность (100), а на ее квадрат ($100^2 = 10\,000$).

У тех читателей, которым не знакомы математические модели гиперболического роста численности населения мира, может к этому моменту уже накопиться много недоуменных вопросов¹⁸. Каким образом долгосрочная макроэкономика самой сложной социальной системы может описываться со столь высокой точностью такими простыми уравнениями? Почему эти уравнения столь странно выглядят? В самом деле, почему мы можем получить столь точную оценку численности населения мира в год x (вплоть до 70-х гг. прошлого века) путем вычитания x из некоего «года Конца света» с последующим делением некой константы на полученную разность? И почему для получения оценки мирового производства ВВП на этот год мы должны перед делением данную разность еще возвести в квадрат? Почему гиперболический рост численности населения мира сопровождался квадратично-гиперболическим ростом мирового ВВП? Что это – совпадение? Или гиперболический рост численности населения мира и квадратично-гиперболический рост мирового ВВП являются просто двумя сторонами одной медали, двумя тесно взаимосвязанными составляющими некоего единого процесса?

¹⁸ В то время как ответы на вопросы, относящиеся к квадратично-гиперболическому росту мирового ВВП, могут быть не вполне очевидны и тем читателям, которые имеют представление о математических моделях гиперболического роста численности населения Земли.

В первой книге *Законов истории* (Коротаяев, Малков, Халтурина 2007) мы постарались на данные вопросы дать ответы, которые мы в сжатом виде и изложим в оставшейся части этого введения.

Однако прежде чем двигаться дальше, мы не можем не упомянуть следующего обстоятельства. Как показывает весь наш опыт, большинство незнакомых с математикой читателей перестает читать книги и статьи (по крайней мере, наши книги и статьи), как только встречает следующее словосочетание – «дифференциальное уравнение». Поэтому мы очень просим таких читателей не пугаться присутствия этих слов в заголовке следующего раздела и продолжать читать дальше. Вы увидите, что понимать смысл дифференциальных уравнений (или по крайней мере некоторых таких уравнений) совсем не так сложно, как это может показаться на первый взгляд.

Дифференциальное уравнение роста численности населения мира

Начнем с того, что уравнение фон Ферстера $N_t = \frac{C}{t_0 - t}$ является решением следующего дифференциального уравнения (см., например: Капица 1992, 1996, 1999; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a: 119–120):

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C} . \quad (0.8)$$

Это уравнение, конечно же, может быть записано и следующим образом:

$$\frac{dN}{dt} = aN^2 , \quad (0.9)$$

где

$$a = \frac{1}{C} , \quad (0.10)$$

Каков смысл математического выражения $\frac{dN}{dt} = aN^2$? Собственно говоря, смысл его очень прост. В нашем контексте dN/dt обозначает абсолютные темпы роста численности населения в определенный момент времени. Таким образом, данное уравнение говорит о том, что абсолютные темпы демографического роста в каждый данный момент времени пропорциональны квадрату численности населения на данный момент времени.

Нельзя не отметить, что это существенно демистифицирует проблему объяснения гиперболической тенденции роста численности населения мира. Теперь для того чтобы объяснить гиперболическую тенденцию роста численности населения мира мы должны просто объяснить, почему на протяжении многих тысячелетий абсолютные темпы мирового демографического роста были в тенденции пропорциональны квадрату численности населения мира.

Мы полагаем, что наиболее существенный вклад в объяснение феномена гиперболического роста численности населения мира внес М. Кремер (Kremer 1993), на математической модели которого мы подробнее остановимся в следующем разделе этого введения.

Математическая модель мирового демографического и технологического роста в режиме с обострением

Большинство разработанных к настоящему времени математических моделей гиперболического развития Мир-Системы (Kremer 1993; Cohen 1995; Подлазов 2000, 2001, 2002; Tsirel 2004; Коротаев, Малков, Халтурина 2007) опирается на следующие основные допущения:

1) Прежде всего делается мальтузианское (Malthus 1798 [1798]; Мальтус 1993) допущение, что на протяжении большей части существования человечества рост его численности на каждый данный момент времени был ограничен потолком несущей способности земли, обусловленным наблюдаемым в данный момент времени уровнем развития жизнеобеспечивающих технологий (Kremer 1993: 681–682)¹⁹. Это допущение является совершенно обоснованным. Действительно, на протяжении большей части существования человечества численность населения мира была ограничена технологически обусловленным потолком несущей способности Земли²⁰. Так, при полном господстве технологий присваивающего хозяйства (охоты, собирательства и рыболовства) Земля не могла сколько-нибудь стабильно поддерживать существование более 10 млн чел., потому что объем естественно доступной полезной для человека биомассы на нашей планете ограничен, и численность населения мира смогла превысить этот потолок только тогда, когда люди начали применять различные технологические средства для искусственного увеличения объема этой биомассы,

¹⁹ Кроме того, конечно же надо иметь в виду, что абсолютные темпы роста населения также пропорциональны самой численности населения – при данных относительных темпах роста в десять раз большее население будет расти в десять раз более высокими абсолютными темпами, чем в десять раз меньшее население. За этим стоит то простое обстоятельство, что при прочих равных 10 миллионов женщин будет в тенденции рожать в десять раз больше детей, чем 1 миллион женщин.

²⁰ С учетом, конечно, того факта, что не все территории, пригодные для соответствующего уровня производства, оказывались в каждый момент реально освоенными.

т.е. с переходом от присваивающего хозяйства к производящему (земледелию и скотоводству). Однако экстенсивное производящее хозяйство также могло поддержать существование ограниченного числа людей, и дальнейший рост численности населения мира стал возможен только в результате интенсификации земледелия и других технологических инноваций.

М. Кремером это допущение было математически выражено при помощи следующего уравнения:

$$G=rTN^{\alpha}, \quad (0.11)$$

где G – это мировой ВВП, T – уровень технологического развития, N – численность населения мира, а $0 < \alpha < 1$ и r – параметры²¹. При неизменном T (то есть при отсутствии какого бы то ни было технологического роста) это уравнение генерирует мальтузианскую динамику.

Например, допустим, что $\alpha = 0,5$, а T – константа. Вспомним, что $N^{0,5}$ – это просто \sqrt{N} . Таким образом, при $\alpha = 0,5$ четырехкратный рост населения будет приводить лишь к двукратному росту производства (так как $\sqrt{4} = 2$). Собственно говоря, М. Кремер моделирует здесь закон убывающей отдачи Д. Рикардо (Ricardo 1817), согласно которому отсутствие технологического роста ведет именно к мальтузианской динамике. Действительно, если при росте населения в 4 раза производство растет лишь в 2 раза, это, естественно ведет к двукратному падению уровня производства на душу населения. Как это может отразиться на популяционной динамике?

М. Кремер делает уточняющее допущение, что «численность населения растет, если подушевой доход превышает некоторый устойчивый равновесный уровень m , и уменьшается, когда подушевой доход оказывается ниже этого уровня», и что чем выше в мальтузианской системе среднедушевой доход, тем выше темпы демографического роста (Кремер 1993: 685). По этой причине с падением среднедушевого дохода темпы демографического роста замедляются и приближаются к нулевому значению по мере того как среднедушевой доход приближается к m . Подчеркнем, что такого рода популяционная динамика была в высшей степени характерна для аграрных обществ, и механизмы подобной динамики известны очень хорошо – действительно, если среднедушевой доход приближается к значению m , это означает снижение потребления продуктов питания и ухудшение здоровья подавляющего большинства населения, а значит,

²¹ У М. Кремера для величин используются обозначения Y – производимый продукт, p – численность населения, A – уровень технологии и т.п., мы же при описании запишем его модель в обозначениях, используемых в предложенной нами модели и более близких к обозначениям С. П. Капицы (1992, 1996, 1999), не искажая при этом, естественно, сути уравнений М. Кремера.

рост смертности и снижение темпов демографического роста (см., например: Malthus 1978 [1798]; Postan 1950, 1973; Abel 1974, 1980; Cameron 1989; Artzrouni, Komlos 1985; Неведов 2000*б*, 2001*а*, 2002*а*, 2002*б*, 2003, 2005, 2007, 2008; Малков 2002, 2003, 2004, 2009; Komlos, Nefedov 2002; Ганджа, Геворкян, Русаков 2003; Turchin 2003*б*, 2005*а*, 2005*б*; Nefedov 2004; Turchin, Nefedov 2009; Малков, Селунская, Сергеев 2005; Turchin, Korotayev 2006; Турчин 2007, а также ниже *Главы 1–4*). Таким образом, при постоянном уровне технологии численность населения не сможет превысить такой уровень, при котором среднедушевой доход ($g = G/N$) станет равным m . Это означает, что для любого данного уровня технологического развития (T) существует «строго определенный уровень численности населения, n », который не может быть превышен при данном уровне технологического развития (Kremer 1993: 685). Отметим, что n может быть интерпретирован как значение потолка несущей способности Земли, т.е. как та максимальная численность населения, воспроизводство которой Земля способна поддерживать при данном уровне технологического развития.

Однако, как хорошо известно, уровень технологического развития представляет собой не константу, а переменную (см., например: Гринин 2006*а*, 2006*б*). И для того чтобы описать ее динамику, используется следующее базовое допущение:

2) «Высокая численность населения ускоряет технологический рост²², так как она увеличивает число потенциальных изобретателей ... среди большего населения будет пропорционально больше людей, достаточно удачливых и сообразительных, чтобы предложить новые идеи» (Kremer 1993: 685), поэтому «темпы технологического роста пропорциональны общей численности населения»²³. Собственно говоря, М. Кремер пользуется здесь основным допущением теории эндогенного технологического роста (Kuznets 1960; Grossman, Helpman 1991; Aghion, Howitt 1992, 1998; Simon 1977, 1981, 2000; Komlos, Nefedov 2002; Jones 1995, 2003, 2005 и т.д.). Собственно говоря, это допущение может быть предельно просто сформулировано следующим образом: «Чем больше людей, тем больше изобретателей». Так как это положение было, насколько нам известно, сформулировано (хотя и несколькими другими словами) С. Кузнецом (Kuznets 1960), мы будем обозначать соответствующий тип динамики как

²² Особое внимание М. Кремер не без оснований обращает здесь на то обстоятельство, что «издержки на изобретение никак не зависят от того, сколько человек этим изобретением будет пользоваться» (Kremer 1993: 681).

²³ Отметим, что под «темпами технологического роста» М. Кремер имеет здесь в виду именно относительные темпы технологического роста (т.е. приращение уровня технологического развития за некий промежуток времени в отношении к уровню технологического развития, наблюдаемому на момент начала данного временного промежутка).

«кузнецианский»²⁴, в то время как системы, в которых кузнецианская популяционно-технологическая динамика сочетается с мальтузианской демографической, будут обозначаться как «мальтузианско-кузнецианские». В целом, сформулированное выше допущение представляется нам вполне правдоподобным – действительно, вполне вероятно, что при прочих равных за данный период времени миллиард человек сделает где-то в тысячу раз больше изобретений, чем миллион человек.

Математически данное допущение выражено М. Кремером следующим образом:

$$\frac{dT}{dt} = bNT \quad (0.12)$$

Собственно говоря, это уравнение «утверждает», что абсолютные темпы технологического роста в каждый данный момент времени пропорциональны, с одной стороны, наличному на данный момент уровню технологического развития (чем шире технологическая база, тем больше изобретений можно сделать на ее основе), а с другой стороны, они пропорциональны численности населения (чем выше численность населения, тем больше число потенциальных изобретателей)²⁵.

В своей базовой модели М. Кремер допускает, что «население мгновенно выходит на уровень n » (всякий раз после его повышения в результате технологического роста) (1993: 685); далее он объединяет уравнения технологической и популяционной динамики и показывает, что их взаимодействие продуцирует именно гиперболический демографический рост (Kremer 1993: 685–686; см. также: Подлазов 2000, 2001, 2002; Podlazov 2004; Tsirel 2004; Коротаев, Малков, Халтурина 2005б: 11; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a: 21–36).

Данная математическая модель дает вполне убедительное объяснение, почему на протяжении большей части человеческой истории общая тенденция демографического роста была гиперболической в связи с тем, что абсолютные темпы мирового демографического роста были в тенденции пропорциональны квадрату численности населения Земли (N^2). Например, почему рост численности населения с 10 до 100 млн чел. должен был в тенденции приводить к росту абсолютных темпов демографического роста (dN/dt) в 100 раз? Рассмотренная модель дает этому очень убедительное объяснение, которое заключается в том, что рост численности населения

²⁴ В экономической антропологии (см., например: Lee 1986) подобная динамика часто обозначается как «босерупианская» по имени датской исследовательницы, впервые исследовавшей феномен демографического давления как позитивного фактора технологического развития в рамках экономической антропологии (Boserup 1965).

²⁵ М. Кремер не провел прямой эмпирической проверки этой гипотезы. Вместе с тем, подобная эмпирическая проверка, проведенная нами в первой книге *Законов Истории* (Коротаев, Малков, Халтурина 2007), полностью подтвердила обоснованность этой гипотезы.

мира с 10 до 100 млн человек подразумевает, что и уровень развития жизнеобеспечивающих технологий вырос приблизительно в десять раз (так как он оказывается в состоянии поддержать существование на порядок большего числа людей). С другой стороны, десятикратный рост численности населения означает и десятикратный рост числа потенциальных изобретателей, а значит, и десятикратное возрастание относительных темпов технологического роста. Таким образом, абсолютная скорость технологического роста вырастет в $10 \times 10 = 100$ раз (в соответствии с уравнением (0.12)). А так как N стремится к технологически обусловленному потолку несущей способности Земли, мы имеем все основания предполагать, что и абсолютная скорость роста населения мира (dN/dt) в таком случае в тенденции вырастет в 100 раз, то есть будет расти пропорционально квадрату численности населения.

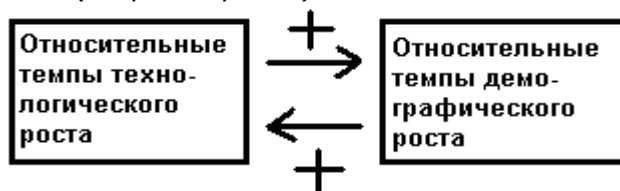
Собственно говоря, рассмотренная математическая модель дает достаточно простое объяснение гиперболической тенденции роста численности населения мира, показывая, что подобный рост является результатом действия исключительно простого механизма – механизма нелинейной положительной обратной связи второго порядка, которая, как известно, и генерирует гиперболический рост, известный также как «режим с обострением» (см., например: Малинецкий 1999; Князева, Курдюмов 2005). В нашем случае эта нелинейная положительная обратная связь второго порядка выглядит следующим образом: технологический рост – рост потолка несущей способности земли (расширение экологической ниши) – демографический рост – больше людей – больше потенциальных изобретателей – ускорение технологического роста – ускоренный рост несущей способности земли – еще более быстрый демографический рост – ускоренный рост числа потенциальных изобретателей – еще более быстрый технологический рост – дальнейшее ускорение темпов роста несущей способности земли и т.д. (см. Рис. 0.8):

Рис 0.8. Блок-схема нелинейной положительной обратной связи между технологическим развитием и демографическим ростом (первый вариант)



Эта положительная обратная связь может быть графически представлена и еще более экономным образом (см. Рис 0.9):

Рис 0.9. Блок-схема нелинейной положительной обратной связи между технологическим развитием и демографическим ростом (второй вариант)



Подчеркнем, что связь между технологическим развитием и демографическим ростом не может анализироваться при помощи каких-либо простых причинно-следственных моделей, ибо мы имеем здесь дело с действительно динамическим нелинейным отношением между двумя процессами, когда каждый из них является и причиной, и следствием другого.

Динамика мирового развития как динамика развития Мир-Системы

Особого внимания здесь заслуживает то обстоятельство, что рассмотренная математическая модель позволяет снять одно из основных возражений против гиперболических моделей роста населения мира. Начнем с того, что, впервые познакомившись с математическими моделями роста населения мира, мы сами испытали определенное недоверие по отношению к ним. Действительно, их создание подразумевает, что население мира могло рассматриваться в качестве единой системы на протяжении многих тысяч лет, и уже фон Ферстер, Мора и Амиот прямо делали это допущение:

«Однако то, что может быть правильным по отношению к элементам²⁶, которые из-за отсутствия между ними адекватной коммуникации должны принимать участие в соревновательной игре с (почти) нулевой суммой выигрыша, может быть неправильным для элементов²⁷, обладающих системой коммуникации, которая дает им возможность образовывать коалиции, пока все элементы не оказываются столь сильно связаны между собой, что все население с точки зрения теории игр может рассматриваться в качестве единого игрока, ведущего игру, в которой в роли второго игрока-оппонента выступает природа» (von Foerster, Mora, Amiot 1960: 1292).

Однако имеются в высшей степени серьезные основания усомниться в обоснованности подобного допущения. Вплоть до самого недавнего времени (а в особенности до 1492 г.) человечество не представляло собой

²⁶ Здесь имеются в виду животные.

²⁷ Здесь имеются в виду люди.

системы ни в каком реальном смысле, ибо, например, рост населения таких регионов, как Старый Свет, Новый Свет, Австралия и Тасмания или Гавайские острова происходил практически полностью независимо друг от друга. Так, представляется вполне очевидным, что бурные демографические процессы, происходившие в I тыс. н.э. в Евразии, не оказали *абсолютно* никакого влияния на синхронную демографическую динамику, скажем, обитателей Тасмании (да и обратное влияние также было просто нулевым).

Данное возражение с достаточными основаниями приводит, например, Ю. В. Шишков в статье под симптоматическим названием («Демографические похождения физика») ²⁸:

«И после овладения речью и письменностью человечество многие тысячи лет оставалось столь немногочисленным и разобщенным, что одни его группы не имели понятия о существовании других. Давно ли по историческим меркам европейцы и азиаты узнали о жителях Западного полушария? Как такое человечество могло быть единым информационным полем? Вряд ли Капица допускает, что песни бардов и рассказы стариков у семейного очага при отсутствии спутниковых ретрансляторов звучали на всю ойкумену. А если бы и звучали, то на языке, непонятном для подавляющей части ойкумены» (Шишков 2005: 160).

Тем не менее, мы полагаем, что картина высокодетерминированной технико-экономической, культурной и демографической динамики мира в 500 г. до н.э. – 1500 г. н.э. ни в коей степени не является случайной. Собственно говоря, она отражает динамику совершенно реальной системы, зародившейся в начале голоцена на Ближнем Востоке в непосредственной связи с начавшейся там аграрной («неолитической») революцией и постепенно охватившей собой весь мир. Вслед за А. Г. Франком (Frank 1990, 1993; Frank, Gills 1994) мы называем эту систему Мир-Системой, и вслед за ним мы хотим подчеркнуть, что на то, чтобы Мир-Система охватила собой весь мир, ушло много тысяч лет; и поэтому на протяжении абсолютно большей части своего существования история Мир-Системы ни в коем случае не была тождественна «всемирной истории».

Отметим, что, как было показано нами ранее (Коротаяев, Малков, Халтурина 2005а, 2005б; 2007), именно с развитием Мир-Системы связано наличие гиперболического тренда роста численности населения мира. Наличие гиперболического тренда свидетельствует о том, что большая часть соответствующей общности (а в последнем случае, напомним, речь идет о народонаселении мира) имела определенное системное единство, и нам представляется, что в нашем распоряжении имеется достаточно данных

²⁸ Мы считаем это возражение совершенно обоснованным, ибо авторы гиперболических моделей роста населения Земли до сих пор не дали на него аргументированного ответа. И речь здесь идет не только о Капице, но и о фон Ферстере и его коллегах, Кремере и других авторах математических моделей гиперболического роста народонаселения Земли (Подлазов 2000, 2001, 2002; Cohen 1995; Hoerner 1975; Johansen, Sornette 2001; Tsirel 2004).

для того, чтобы утверждать, что подобное системное единство в рассматриваемую эпоху реально наблюдалось. Действительно, в нашем распоряжении имеется достаточно данных о систематическом распространении важнейших инноваций (доместицированных злаков, крупного и мелкого рогатого скота, лошади, плуга, колеса, металлургии меди, бронзы, а в дальнейшем и железа, и т.д.) с Ближнего Востока по всей североафриканско-евразийской Ойкумене, начавшемся за много тысяч лет до н.э. (см., например, Чубаров 1991). В результате данных процессов эволюция обществ данного макрорегиона уже в это время не может рассматриваться как полностью независимая.

Здесь представляется необходимым и следующий комментарий. Конечно, у нас не было бы оснований говорить о Мир-Системе, простирающейся от Атлантики до Тихого океана, даже для начала I тыс. н.э., если бы мы применяли критерий «массовых товаров» (*«bulk-good» criterion*), предложенный И. Валлерстайном (Wallerstein 1974, 1987, 2004), потому что в это время какое-либо движение массовых товаров, скажем, между Китаем и Европой полностью отсутствовало (и мы ни имеем никаких оснований не согласиться с И. Валлерстайном в его классификации попадавшего в данное время в Европу китайского шелка как предмета роскоши, но никак не массового товара). Однако Мир-Система I века н.э. (и даже I тысячелетия до н.э.) вполне может быть классифицирована именно как Мир-Система, если мы применим здесь более мягкий критерий «информационной сети», предложенный К. Чейз-Данном и Т. Д. Холлом (Chase-Dunn, Hall 1997; см. также, например, Чешков 1999). Подчеркнем, что, как было показано нами ранее (Коротаев, Малков, Халтурина 2005а, 2005б, 2007), наличие информационной сети, охватывающей всю Мир-Систему, является совершенно достаточным условием, которое делает возможным рассматривать всю Мир-Систему как единое развивающееся целое (см. также: Dolgonosov, Naidenov 2006; Долгоносков 2009). Да, в I тыс. до н.э. какие-либо массивные товаропотоки между Тихоокеанским и Атлантическим побережьями Евразии были принципиально невозможны. Однако Мир-Система достигла к этому времени такого уровня интеграции, который уже делал возможным распространение по всей Мир-Системе принципиально важных технологий за промежутки времени, заметно меньшие тысячелетия.

Другим важным моментом может представляться то обстоятельство, что даже в I в. н.э. Мир-Система охватывала заметно менее половины всей обитаемой земной суши. Однако гораздо более значимым здесь представляется другое обстоятельство: уже к началу I в. н.э. более 90% населения мира жило именно в тех регионах Земли, которые были интегральными частями Мир-Системы (Средиземноморье, Средний Восток, Южная, Центральная и Восточная Азия) (см., например, Durand 1977: 256). За несколько тысячелетий перед этим мы имеем дело с поясом культур, также характеризовавшимся удивительно сходным уровнем и характером куль-

турной сложности, протянувшись от Балкан вплоть до границ долины Инда (см., например: Peregrine, Ember 2001; Peregrine 2003)²⁹. Таким образом, уже несколько тысяч лет динамика населения мира отражает, прежде всего, именно динамику населения Мир-Системы, что и делает возможным ее описание при помощи математических макромоделей. Конечно, бурное развитие технологии в Мир-Системе вплоть до XIX в. никак не сказывалось, скажем, на популяционной динамике населения Тасмании, много тысяч лет колебавшегося где-то на уровне 4000 чел. (Diamond 1999). Однако кривая динамики общей численности населения мира отражает прежде всего популяционную динамику Мир-Системы, а не тех частей человечества, которые в нее не входили.

Отметим, что сказанное выше предполагает возможность разработки нового подхода к мир-системному анализу. В рамках этого подхода в качестве наиболее важного механизма интеграции Мир-Системы могли бы рассматриваться генерация и диффузия инноваций. Если некое общество систематически заимствует извне важные технологические инновации, его эволюция уже не может рассматриваться в качестве действительно независимой; это общество уже имеет смысл рассматривать в качестве части некоего большего эволюционирующего целого, внутри которого данные инновации систематически генерируются и распространяются. Одной из главных задач мир-системного подхода было найти эволюционирующую единицу. Базовой и совершенно разумной идеей здесь было то соображение, что эволюцию отдельного общества совершенно невозможно адекватно объяснить, не принимая во внимание то обстоятельство, что любое такое общество было частью некоего более обширного целого. Однако традиционный мир-системный анализ слишком сосредоточился на изучении движения товаров массового потребления и эксплуатации периферии со стороны ядра при почти полном игнорировании роли генерирования и диффузии инноваций в мир-системной интеграции. Вместе с тем, информационная сеть оказывается древнейшим механизмом мир-системной интеграции, она играла исключительно важную роль на протяжении всей истории эволюции Мир-Системы и продолжает играть не менее важную роль в настоящее время. Эта роль представляется даже более важной, чем та, что играла в эволюции Мир-Системы эксплуатация (нередко мнимая) периферии со стороны ядра. (Не принимая во внимание механизм генерирования и диффузии инноваций, невозможно объяснить такие важнейшие мир-системные события, как, скажем, демографический взрыв XX в., непосредственной причиной которого было радикальное снижение смертности, но в качестве главной конечной причины которого выступала именно диффузия инноваций, сгенерированных почти исключительно мир-системным ядром.) Наряду с прочим предлагаемый подход предполагает и

²⁹ Подчеркнем, что и в том, и в другом случае население соответствующих поясов включало в себя большую часть населения мира соответствующей эпохи.

пересмотр определения мир-системного ядра, в качестве которого в этом случае имеет смысл понимать скорее не мир-системную зону, эксплуатирующую другие зоны, а ту зону Мир-Системы, которая имеет наивысшее соотношение между сгенерированными внутри нее (и получившими распространение в других зонах) и заимствованными из других зон инновациями, которая выступает в качестве донора инноваций в несравнимо большей степени, чем в качестве их реципиента.

Компактная математическая модель экономического и демографического роста Мир-Системы

На базе рассмотренной выше математической модели мы (Коротаев, Малков, Халтурина 2005б, 2007) разработали математическую модель, которая описывает не только гиперболический рост населения мира, но и экономическую макродинамику мира вплоть до 1973 г.:

$$G = k_1 TN^\alpha, \quad (0.11)$$

$$\frac{dN}{dt} = k_2 SN, \quad (0.13)$$

$$\frac{dT}{dt} = k_3 NT, \quad (0.12)$$

где G – это мировой ВВП, T – уровень технологического развития Мир-Системы, N – численность населения Земли, а S – «избыточный» продукт, производимый на одного человека сверх продукта m , минимально необходимого для простого воспроизводства (с нулевой скоростью роста) (таким образом, $S = g - m$, где g обозначает уровень производства ВВП на душу населения); k_1, k_2, k_3 , и α ($0 < \alpha < 1$) – параметры.

Мы также показали (Коротаев, Малков, Халтурина 2005б; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a: 34–66; Коротаев, Малков, Халтурина 2007) что эта система уравнений может быть упрощена до следующего вида:

$$\frac{dN}{dt} = aSN, \quad (0.13)$$

$$\frac{dS}{dt} = bNS, \quad (0.14)$$

при этом мировой ВВП (G) может быть рассчитан при помощи следующего уравнения:

$$G = mN + SN. \quad (0.15)$$

Отметим, что математический анализ базовой системы уравнений (0.11)-(0.13)-(0.12) позволил сделать предположение, что в «мальтузианско-кузнецовский» макропериод человеческой истории (т.е. до 70-х гг. про-

шлого века) значение S (объем производства ВВП на душу населения при данном уровне развития Мир-Системы) должно быть в тенденции пропорционально численности населения Мир-Системы: $S = kN$ (Коротаев, Малков, Халтурина 2005б: 25–28; 2007). Прделанный нами статистический анализ долгосрочных исторических данных подтвердил эмпирическую обоснованность данного теоретического вывода (Коротаев, Малков, Халтурина 2005б: 28–29; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a: 49–50; Коротаев, Малков, Халтурина 2007). Таким образом в правой части уравнения (0.13) S может быть заменено kN , что дает нам следующее уравнение³⁰:

$$\frac{dN}{dt} = kaN^2 \quad (0.9)$$

Как мы помним, решение данного уравнения выглядит следующим образом:

$$N_t = \frac{C}{(t_0 - t)}, \quad (0.1)$$

и график этого выражения представляет собой именно гиперболу.

Так как, согласно нашей математической модели, S может быть представлено как kN , то долгосрочная динамика этого показателя может быть выражена при помощи следующего уравнения:

$$S = \frac{kC}{t_0 - t} \quad (0.16)$$

Таким образом, долгосрочная динамика наиболее динамичной компоненты мирового ВВП, SN , «мирового избыточного продукта», может быть аппроксимирована следующим образом:

$$SN = \frac{kC^2}{(t_0 - t)^2} \quad (0.17)$$

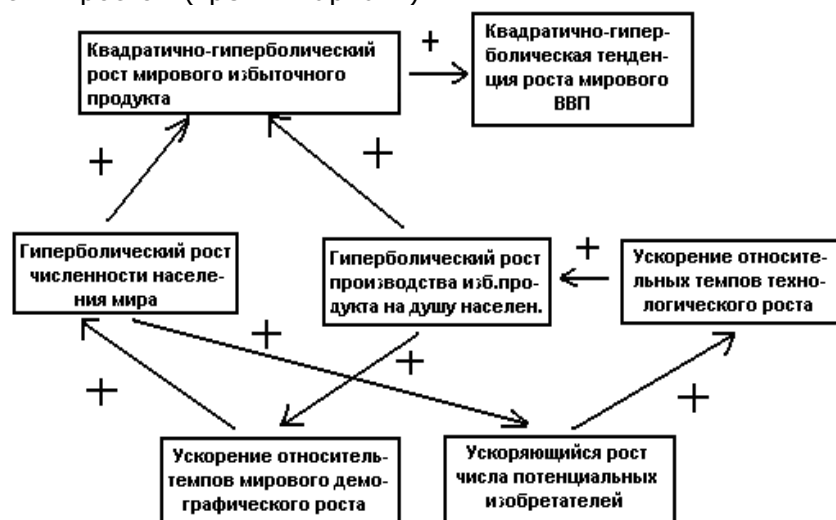
Конечно же, это заставляет предполагать, что долгосрочная динамика мирового ВВП вплоть до начала 70-х гг. прошлого века может быть аппроксимирована более точно при помощи квадратичной, а не простой гиперболы; и как мы могли видеть это выше (см. Рис 0.7)³¹, эта аппроксимация работает с неожиданно высокой точностью.

³⁰ Таким образом, мы теоретически выводим то самое дифференциальное уравнение, которое было эмпирически открыто С. фон Хернером (von Hoerner 1975) и С. П. Капицей (Капица 1992, 1996, 1999).

³¹ Детальное обоснование этого тезиса приводится в наших следующих работах: Коротаев, Малков, Халтурина 2005б, 2007.

Таким образом, вплоть до 70-х гг. прошлого века гиперболический рост численности населения мира сопровождался квадратично-гиперболическим ростом мирового ВВП, как это и должно было быть согласно нашей математической модели. Подчеркнем, что гиперболический рост численности населения мира и квадратично-гиперболический рост мирового ВВП представляют собой два теснейшим образом связанных процесса, две стороны одной медали, два измерения единого процесса развития Мир-Системы, поддерживаемого механизмом нелинейной положительной обратной связи между технологическим развитием и демографическим ростом (см. Рис. 0.10):

Рис 0.10. Блок-схема нелинейной положительной обратной связи между технологическим развитием и демографическим ростом (третий вариант)



Таким образом, система нелинейных положительных обратных связей второго порядка с неизбежностью порождает именно гиперболический рост. Другими словами, долгосрочная тенденция к гиперболическому росту основных показателей развития Мир-Системы является логичным результатом нелинейных положительных обратных связей между ее основными подсистемами.

Динамика роста мировой грамотности

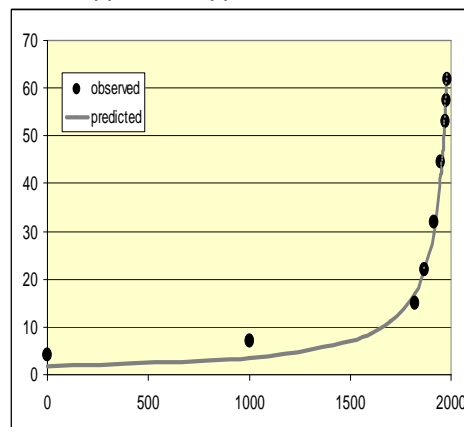
Ранее (Коротаев, Малков, Халтурина 2005а, 2007) нами было показано, что динамика роста грамотности населения Мир-Системы (I) очень точно описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dl}{dt} = aSl(1-l), \quad (0.18)$$

где l – доля грамотного населения, S – «избыточный» продукт, производимый при данном уровне технологического развития Мир-Системы на одного человека, a – константа. По сути дела, это разновидность автокаталитической модели. Смысл данного уравнения в том, что рост уровня грамотности пропорционален доле грамотного населения l (потенциальные учителя), доле неграмотного населения $(1-l)$ (потенциальные ученики) и наличию излишков S , которые могут использоваться на образовательные программы (кроме того, S связано с уровнем технологий T , в том числе образовательных, увеличивающих скорость обучения). С математической точки зрения, уравнение (0.18) аналогично логистическому уравнению, где насыщение достигается при уровне грамотности $l = 1$, а S отвечает за скорость выхода на этот потолок.

Важно отметить, что при низких значениях l (а это абсолютно большая часть человеческой истории) порождаемый этой моделью рост может быть достаточно точно аппроксимирован гиперболой (см. Рис. 0.11):

Рис 0.11. Динамика мировой грамотности, 1–1980 гг. (в %): соответствие предикций *простой* гиперболической модели наблюдаемым данным



ПРИМЕЧАНИЯ: $R = 0,997$, $R^2 = 0,994$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют оценкам ЮНЕСКО (World Bank 2006) для периода после 1970 г.; для предшествующего периода использованы оценки, полученные на основе данных, опубликованных В. А. Мельянцевым (1996, 2003, 2004; Meliantsev 2004). Сплошная серая кривая сгенерирована следующим уравнением:

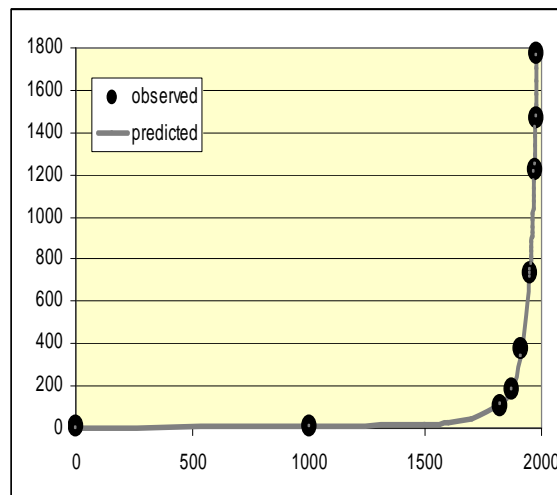
$$l_t = \frac{3769,264}{2040 - t}.$$

Параметры C (3769,1) и t_0 (2040) определены методом наименьших квадратов.

Число грамотных людей пропорционально, с одной стороны, уровню грамотности, а с другой стороны, общему числу людей. Так как обе эти переменные испытывали вплоть до 60-х гг. прошлого века гиперболический рост, следует ожидать, что вплоть до самого недавнего времени число

грамотных людей на Земле (L)³² росло не просто гиперболически, а квадратично-гиперболически (подобно мировому ВВП). Наша эмпирическая проверка этой гипотезы подтвердила ее – оказалось, что квадратично-гиперболическая модель описывает рост числа грамотных людей с необычайно высокой точностью (см. Рис. 0.12):

Рис. 0.12. Динамика численности грамотного населения мира (L , в млн чел.), 1–1980 гг.: соответствие предикций *квадратичной* гиперболической модели наблюдаемым данным



ПРИМЕЧАНИЯ: $R = 0,9997$, $R^2 = 0,9994$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют эмпирическим оценкам ЮНЕСКО (World Bank 2006) для периода после 1970 г.; для предшествующего периода использованы оценки, полученные на основе данных, опубликованных В. А. Мельянцевым (1996, 2003, 2004; Meliantsev 2004) с учетом изменения возрастной структуры населения (UN Population Division 2006). Сплошная серая кривая сгенерирована следующим уравнением:

$$L_t = \frac{4958551}{(2033 - t)^2}.$$

Параметры C (4958551) и t_0 (2033) определены методом наименьших квадратов.

Динамика роста мировой урбанизации

Сходные процессы наблюдаются и применительно к урбанизации, макро-динамика которой описывается сходным дифференциальным уравнением (см.: Коротаев, Малков, Халтурина 2007; Гринин, Коротаев 2009б):

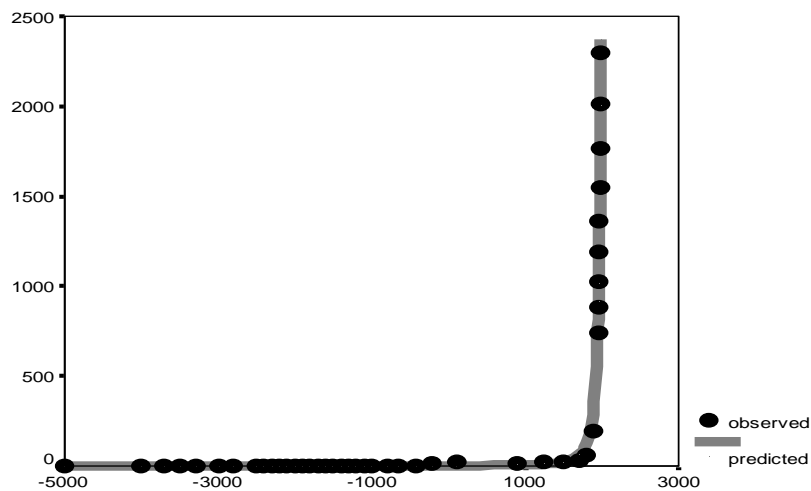
$$\frac{du}{dt} = kSu(u_{\text{lim}} - u), \quad (0.19)$$

где u – доля городского населения, S – «избыточный» продукт, производимый при данном уровне технологического развития Мир-Системы на

³² Уже с тех пор как грамотность появилась, практически все грамотное население Земли обитало в рамках Мир-Системы, поэтому грамотное население Земли и грамотное население Мир-Системы всегда представляли собой понятия почти полностью синонимичные.

одного человека, k – константа, а u_{lim} – предельно возможная доля городского населения. Отметим, что данная модель предполагает, что в эпоху развития в режиме с обострением гиперболический рост мировой урбанизации в тенденции сопровождался квадратично-гиперболическим ростом городского населения мира, что подтверждается нашими эмпирическими тестами (см. Рис. 0.13–0.15):

Рис. 0.13. Динамика численности городского населения мира, в млн чел., для городов с населением > 10000 чел (5000 г. до н.э. – 1990 г. н.э.): соответствие предикций квадратичной гиперболической модели эмпирическим оценкам

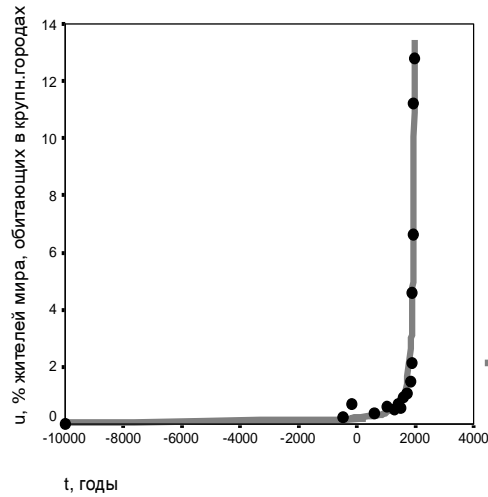


ПРИМЕЧАНИЯ: $R = 0,998$, $R^2 = 0,996$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют эмпирическим оценкам Моделски (Modelski 2003), Грюблера (Gruebler 2006) и Отдела народонаселения ООН (UN Population Division 2010). Сплошная серая кривая — график следующего уравнения:

$$U_t = \frac{7705000}{(2047 - t)^2}.$$

Параметры C (7705000) и t_0 (2047) определены методом наименьших квадратов.

Рис. 0.14. Динамика мировой мегаурбанизации (% населения мира, живущего в городах с числом жителей > 250 тыс.), 10.000 г. до н.э. – 1960 г. н.э.: соответствие предикций *простой* гиперболической модели эмпирическим оценкам

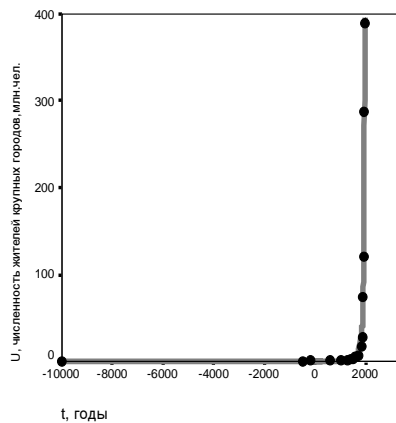


ПРИМЕЧАНИЯ: $R = 0,987$, $R^2 = 0,974$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют оценкам Д. Р. Уайта и др. (White *et al.* 2007) с учетом данных Т. Чэндлера (Chandler 1987) и ООН (UN Population Division 2010). Сплошная серая кривая сгенерирована следующим уравнением:

$$u_t = \frac{403,012}{1990 - t}$$

Параметры C (403,012) и t_0 (1990) определены методом наименьших квадратов. Для сравнения: лучшее соответствие (R^2), получаемое для экспоненциальной модели, составляет 0,492.

Рис. 0.15. Динамика численности жителей крупных городов (> 250 тыс. чел.), в млн чел., 10 000 г. до н.э. – 1960 г. н.э.: соответствие предикций *квадратичной* гиперболической модели эмпирическим оценкам



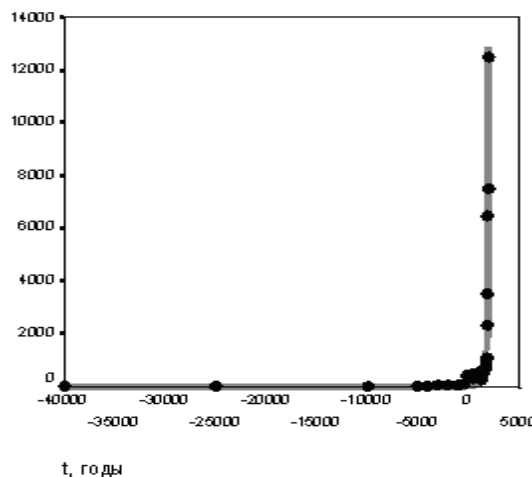
ПРИМЕЧАНИЯ: $R = 0,998$, $R^2 = 0,996$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют оценкам Д. Р. Уайта и др. (White *et al.* 2007) с учетом данных Т. Чэндлера (Chandler 1987) и ООН (UN Population Division 2006). Сплошная серая кривая сгенерирована следующим уравнением:

$$U_t = \frac{912057,9}{(2008 - t)^2}$$

Параметры C (912057,9) и t_0 (2008) определены методом наименьших квадратов. Для сравнения: лучшее соответствие (R^2), получаемое для экспоненциальной модели, составляет 0,637.

В связи с этим не вызывает удивления, что квадратично-гиперболическую динамику демонстрирует и динамика численности населения самого крупного поселения Мир-Системы (см. Рис. 0.16):

Рис. 0.16. Динамика размеров крупнейшего поселения мира, в тыс. чел., 10.000 г. до н.э. – 1950 г. н.э.: соответствие предикций *квадратичной* гиперболической модели эмпирическим оценкам



ПРИМЕЧАНИЯ: $R = 0,992$, $R^2 = 0,984$, $\alpha \ll 0,0001$. Черные маркеры соответствуют оценкам Г. Моделски (Modelski 2003), Т. Чэндлера (Chandler 1987) и ООН (UN Population Division 2010). Сплошная серая кривая сгенерирована следующим уравнением:

$$U_{\max t} = \frac{104020000}{(2040 - t)^2}$$

Параметры C (104020618,57) и t_0 (2040) определены методом наименьших квадратов. Для сравнения: лучшее соответствие (R^2), получаемое здесь для экспоненциальной модели, составляет 0,747.

Как было показано культурными антропологами (см., например: Naroll, Divale 1976; Levinson, Malone 1980: 34), размер самого крупного поселения в доаграрных, аграрных и раннеиндустриальных обществах является неплохим индикатором общего уровня социокультурной сложности соответствующей системы, что заставляет предполагать, что и этот интегративный показатель рос в эпоху развития в режиме с обострением по квадратично-гиперболическому закону.

Наблюдаемый высокий уровень соответствия долгосрочной макродинамики численности городского населения мира квадратичной гиперболической модели представляется неслучайным и объясняется наличием именно описанной выше нелинейной положительной обратной связи второго порядка между демографическим ростом и технологическим развитием Мир-Системы, при этом, как мы помним, вплоть до 70-х гг. прошлого века вышеописанный механизм вел в тенденции не только к гиперболическому росту численности населения Мир-Системы, но и к гиперболическому росту производства относительно избыточного продукта на душу населения, а также к квадратично-гиперболическому росту мирового ВВП. Тенденция к гиперболическому росту производства избыточного

продукта на душу населения (в сочетании с гиперболически ускоряющимися темпами технологического роста) долгое время вела и к тенденции к гиперболическому росту мировой урбанизации (т.е. пропорции городского населения в общей численности населения мира), что в сочетании с гиперболическим ростом населения мира и создавало долгосрочную тенденцию к квадратично-гиперболическому росту численности городского населения мира (см. Рис. 0.17):

Рис. 0.17. Блок-схема нелинейной положительной обратной связи, генерирующей тенденцию к квадратично-гиперболическому росту численности городского населения Мир-Системы



Макропропорции мирового развития

В результате того, что макродинамика развития Мир-Системы подчиняется набору достаточно простых законов, имеющих к тому же исключительно простое математическое выражение, мы наблюдаем, что соотношение между основными параметрами уровня развития Мир-Системы для эпохи гиперболического роста описывается с высокой степенью точности следующей серией аппроксимаций:

$$N \sim S \sim l \sim u, \\ G \sim L \sim U \sim N^2 \sim S^2 \sim l^2 \sim u^2 \sim SN \sim \text{и т.д.},$$

где, напомним, N – это численность населения мира, S – «избыточный» продукт, производимый при данном уровне технологического развития Мир-Системы на одного человека сверх продукта m , минимально необхо-

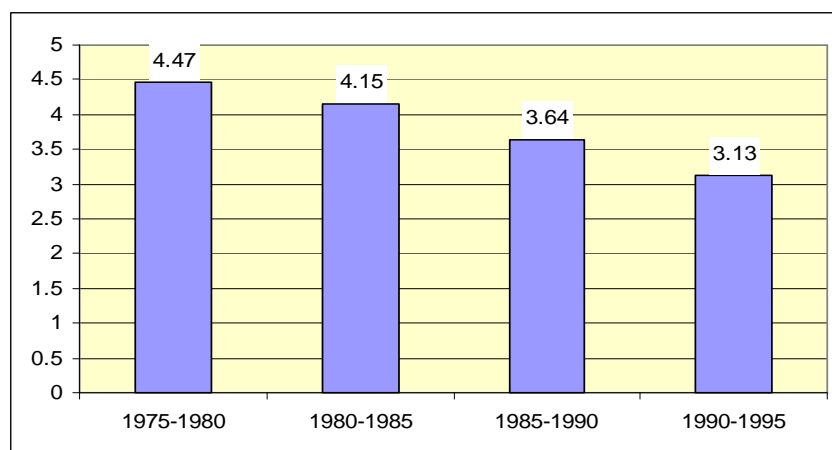
димого для простого (с нулевой скоростью роста) воспроизводства населения; l – мировая грамотность, пропорция грамотных среди взрослого населения мира, u – мировая грамотность, часть населения мира, живущая в городах, G – мировой ВВП, L – численность грамотного населения мира, U – численность городского населения мира.

Да, для эпохи гиперболического роста абсолютные темпы роста N (как впрочем и S , l и u)³³ с высокой степенью точности описываются как kN^2 , но они с такой же точностью могут быть описаны как k_2SN , k_3S^2 или (по всей видимости, с несколько меньшей точностью) как k_4G , k_5L , k_6U , k_7l^2 , k_8u^2 и т. д.

Выход Мир-Системы из режима с обострением

Конечно же, для уровня грамотности особенно очевидно, что его рост после середины 1960-х гг. не мог продолжиться сколько-нибудь долго – ведь он по определению не может превысить 100%. Тем более, что с конца 1970-х гг. стал сказываться и эффект насыщения³⁴, описываемый нашей моделью, и темпы роста мировой грамотности стали замедляться (см. Рис. 0.18):

Рис. 0.18. Динамика роста мировой грамотности, 1975–1995 гг., прирост процента грамотного населения мира, по пятилетиям (World Bank 2006)



³³ Впрочем, для u эта точность, по всей видимости, несколько меньше.

³⁴ На «уровне почвы» действие эффекта насыщения сказывается, например, в том, что для того, чтобы ликвидировать неграмотность среди последних 2% взрослого населения, требуется несравненно больше времени и сил, чем для того, чтобы поднять уровень грамотности населения с 50 до 52%.

Однако еще до этого рост мировой грамотности и других показателей уровня развития человеческого капитала успел привести к началу процесса выхода Мир-Системы из режима с обострением, к концу эпохи гиперболического роста. Как было показано нами ранее, гиперболический рост населения (а также, соответственно: городов, школ и т.д.) наблюдается только при относительно низких ($< 0,5$, т. е. $< 50\%$) значениях уровня мировой грамотности. Для того же, чтобы описать демографическую динамику Мир-Системы и в последние десятилетия, оказывается необходимым расширить систему уравнений (0.13)-(0.14) добавлением к ней равенства (0.18) и прибавлением в уравнение (0.13) множителя $(1 - l)$, в результате чего мы получаем математическую модель, описывающую не только гиперболическое развитие Мир-Системы вплоть до 60-х – 70-х гг. прошлого века, уход ее в режим с обострением, но и наблюдающийся в настоящее время выход из режима с обострением:

$$\frac{dN}{dt} = aSN(1-l), \quad (0.20)$$

$$\frac{dS}{dt} = bNS, \quad (0.14)$$

$$\frac{dl}{dt} = cSl(1-l). \quad (0.18)$$

Собственно говоря, мы ни в коем случае не намерены утверждать, что рост грамотности – это единственный фактор глобального демографического перехода и выхода из режима с обострением. Очень важную роль здесь, конечно же, играли и многие другие факторы, такие, как развитие систем здравоохранения или социального обеспечения (см., например, Chesnais 1992). Отметим, что все эти переменные вместе с грамотностью могут рассматриваться как разные параметры одной интегративной переменной, уровня развития человеческого капитала (см., например: Мельянцев 1996, 2003, 2004, Meliantsev 2004). Стоит также отметить и то обстоятельство, что эти переменные связаны с демографической динамикой образом, очень сходным с тем, что выше был описан применительно к грамотности. В начале демографического перехода развитие системы социального обеспечения очень тесно коррелирует с уменьшением смертности, так как динамика обеих переменных в своей основе детерминируется, в конечном счете, одним и тем же фактором – растущим ВВП на душу населения. Однако на второй фазе демографического перехода развитие системы социального обеспечения оказывает достаточно сильное и независи-

мое отрицательное воздействие на рождаемость через устранение одного из важнейших стимулов к максимизации числа детей в семье.

Влияние на демографическую динамику развития системы здравоохранения демонстрирует еще более тесные параллели с тем, что мы наблюдали для роста грамотности. Отметим, прежде всего, что развитие современной системы здравоохранения самым прямым образом связано с развитием современной системы образования (которая, наряду с прочим, готовит медицинские кадры, без которых современная система здравоохранения была бы просто невозможна). С одной стороны, во время первой фазы демографического перехода развитие современной системы здравоохранения выступает в качестве одного из важнейших непосредственных факторов снижения смертности. С другой стороны, когда потребность в снижении рождаемости достигает критического уровня, именно современная медицина разрабатывает все более и более эффективные технологии, практики и средства планирования семьи. Примечательным представляется то обстоятельство, что рост данной потребности наблюдается во многом в результате именно снижения смертности, которая не могла бы достичь критически низких значений без достаточно развитой системы здравоохранения. Таким образом, когда потребность в снижении рождаемости достигает критического значения, те, кто такую потребность имеют, практически по определению находят систему медицинского обеспечения достаточно развитой для того, чтобы быстро и эффективно данную потребность удовлетворить.

Стоит вспомнить, что паттерн воздействия грамотности на демографическую динамику имеет почти идентичную структуру: максимальные значения относительных темпов роста населения не могут быть достигнуты без выхода на определенный (достаточно высокий) уровень экономического развития, который, в свою очередь, не может быть достигнут без достаточно заметного развития системы образования. Таким образом, тот факт, что система достигла максимальных темпов относительного роста населения, почти по определению подразумевает, что и уровень грамотности достиг таких значений, что отрицательное воздействие женской грамотности на рождаемость выросло до такого уровня, который повлечет за собой снижение относительных темпов роста населения. С другой стороны, как уровень развития системы социального обеспечения, так и уровень развития системы здравоохранения демонстрируют очень тесную корреляцию с уровнем грамотности³⁵. В результате, если мы знаем, что

³⁵ Например, наш кросс-национальный анализ базы данных *World Development Indicators* (World Bank 2010) на 1975 г. (Коротчаев, Малков, Халтурина 2007) дал следующие показатели корреляции между уровнем грамотности и процентом рождений, принимаемых квалифицированным медицинским персоналом: $R = 0,83$; $\alpha < 0,0001$, сходные результаты были получены и при корреляционном анализе данных за другие годы. С другой стороны, наш анализ данных за 1995 г. показывает, что уровень грамотности менее 30 % является максимально сильным ($\gamma = 1,0$) предиктором того, что взносы в фонды социального стра-

уровень грамотности в стране А достигает 90 %, а в стране Б грамотна лишь четверть взрослого населения, мы можем быть совершенно уверены, что и системы здравоохранения и социального обеспечения в стране А находятся на несравнимо более высоком уровне развития, чем в стране Б. Таким образом, уровень грамотности оказывается очень сильным предиктором уровня развития и таких важных факторов уменьшения рождаемости, какими являются системы социального обеспечения и здравоохранения.

Так как и в реальности, и в нашей макромоделе как спад смертности в начале процесса демографического перехода (приведший к демографическому взрыву), так и спад рождаемости на его второй фазе (приведший к радикальному уменьшению относительных [а затем и абсолютных] темпов роста населения) были, в конечном счете, произведены одним фактором (ростом человеческого капитала), оказалось возможным избежать включения в нашу модель смертности и рождаемости в качестве самостоятельных переменных. С другой стороны, грамотность оказалась крайне чутким индикатором уровня развития человеческого капитала, что позволило избежать включения в макромоделю в качестве самостоятельных переменных других параметров этой интегративной переменной (например, разного рода показателей уровня развития систем здравоохранения или социального обеспечения).

Отметим, что гиперболический рост целого ряда других важнейших показателей развития Мир-Системы (таких как уровень грамотности или урбанизации) перестал быть в последние десятилетия гиперболическим в силу действия элементарного эффекта насыщения – как уже говорилось, грамотность просто по определению не может превысить 100 %, и в силу описанных выше механизмов ее рост начинает все больше замедляться при приближении к этому уровню, неизбежно трансформируясь из гиперболического в логистический.

Необходимо подчеркнуть, что нынешнее падение темпов демографического роста коренным образом отличается от спадов и колебаний прошлого. Это не очередное колебание, это *фазовый переход* на новый, нетипичный для всей прежней истории, режим развития. Если все предыдущие спады темпов роста численности населения мира происходили на фоне катастрофического падения уровня жизни населения и были вызваны, прежде всего, увеличением смертности вследствие различных катаклизмов: войн, голода, эпидемий – и по мере завершения этих бедствий человечест-

хования будут составлять менее 5 % текущих доходов (а при уровне грамотности менее 75 % они будут составлять менее 15 % текущих доходов). А, скажем, число врачей на 1000 человек коррелирует с уровнем грамотности экспоненциально ($R = 0,844$). (В последнем случае данные по грамотности были взяты из базы данных *World95* [SPSS 2010]; данные по другим параметрам были взяты из базы данных *World Development Indicators* [World Bank 2010]).

во относительно быстро восстанавливалось и выходило на прежнюю траекторию, то нынешний спад происходит на фоне экономического подъема и вызван качественно отличными причинами: *резким снижением рождаемости*, происходящим как раз из-за роста уровня жизни основной массы населения Мир-Системы и вызванного этим роста уровня образованности, обеспеченности медицинским обслуживанием (включая разнообразные методы и средства планирования семьи), социальным страхованием и т. п. Снижение темпов роста грамотности и урбанизированности также нередко наблюдалось в предшествующие эпохи, но тогда оно было связано с нехваткой экономических ресурсов, а сейчас это наблюдается на фоне высочайших темпов экономического роста и связано с выходом на уровень насыщения.

Таким образом, развитие Мир-Системы было гиперболическим лишь до 60-х – 70-х гг. прошлого века. Гиперболическая тенденция, наблюдавшаяся вплоть до этого времени, не могла продолжаться далее сколько-нибудь долго просто по определению. Ведь если бы тенденция роста, наблюдавшаяся вплоть до этого времени, продолжилась бы и дальше, то население Земли должно было бы стать бесконечным уже в 20-е гг. этого века, а мировой ВВП должен был бы уйти в бесконечность еще раньше – в 2005 г. (см. выше Рис. 0.7). Естественно, что еще задолго до этого развитие Мир-Системы перестало быть гиперболическим, и она начала свой выход из режима с обострением.

Модель (0.20)-(0.14)-(0.18) описывает математически выход из режима с обострением не только динамики роста мирового населения и мировой грамотности, но и мировой экономической динамики.

В целом, результаты расчета модели (0.20)-(0.14)-(0.18) с параметрами

$$\begin{aligned} a &= 1,085 \times 10^{-5} (\$ \cdot \text{год})^{-1}; \\ b &= 6,51 \times 10^{-12} (\text{чел.} \cdot \text{год})^{-1}; \\ c &= 8,2 \times 10^{-6} (\$ \cdot \text{год})^{-1}; \\ m &= 420 \$ \end{aligned}$$

и с начальными данными в 1 году н.э.:

$$\begin{aligned} N_0 &= 170\,000\,000 \text{ чел}; \\ S_0 &= 17,47 \$; \\ l_0 &= 0,052, \end{aligned}$$

где l – доля грамотного взрослого населения (безразмерная величина от 0 до 1), знак \$ – соответствует международному доллару 1995 года, приведены на следующих графиках (Рис. 0.19–0.21):

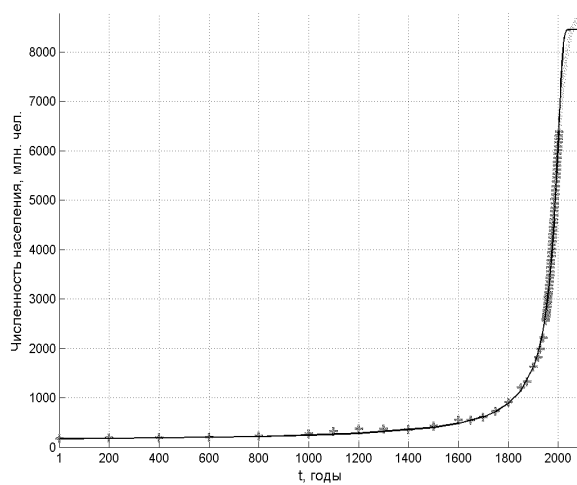
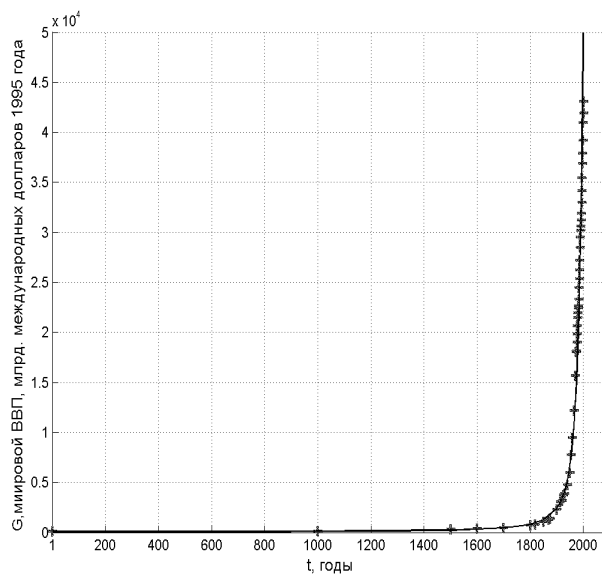
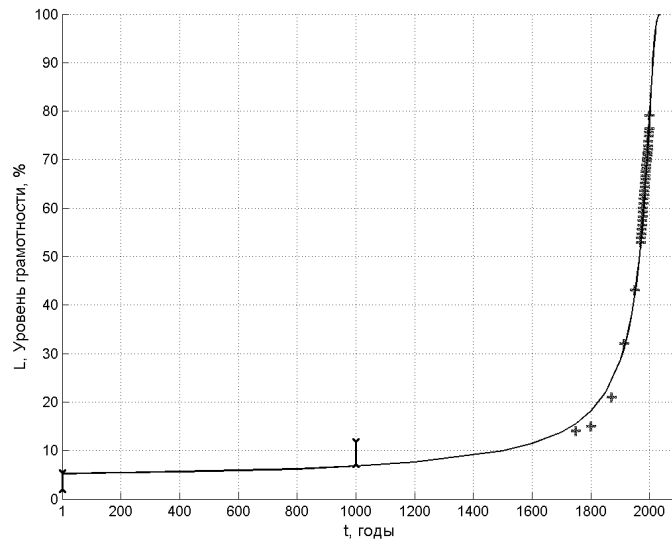
Рис. 0.19. Рост населения Земли**Рис. 0.20.** Рост мирового ВВП

Рис. 0.21. Рост уровня всемирной грамотности (в %%)



Графики в двойном логарифмическом масштабе «убирают» визуальную компоненту гиперболического роста и делают результаты более наглядными, хотя, конечно, и отклонения в этом масштабе выглядят более существенными, чем на обычных графиках (см. Рис. 0.22–0.24):

Рис. 0.22. Рост населения Земли в двойном логарифмическом масштабе

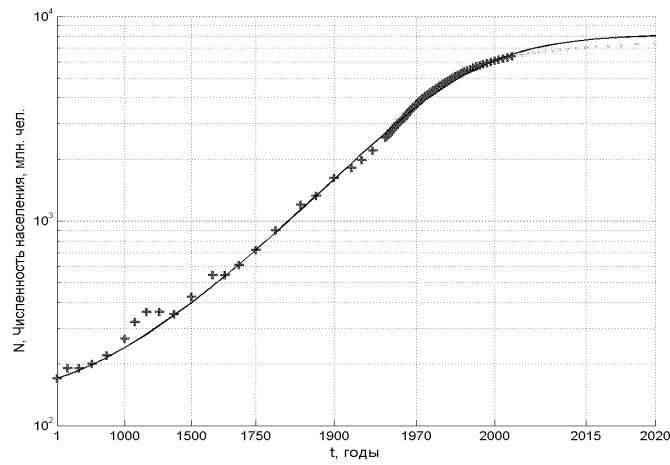


Рис. 0.23. Рост мирового ВВП в двойном логарифмическом масштабе

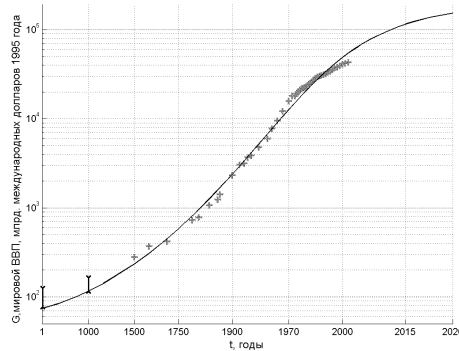
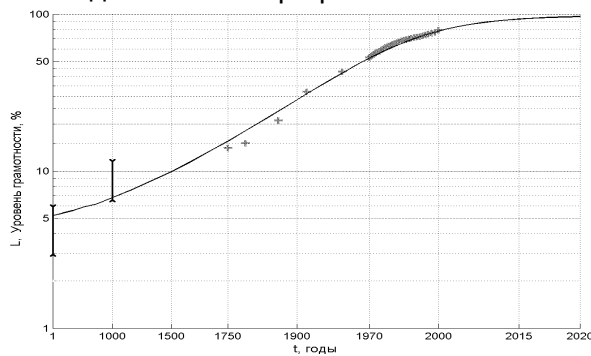


Рис. 0.24. Рост уровня мировой грамотности в двойном логарифмическом масштабе



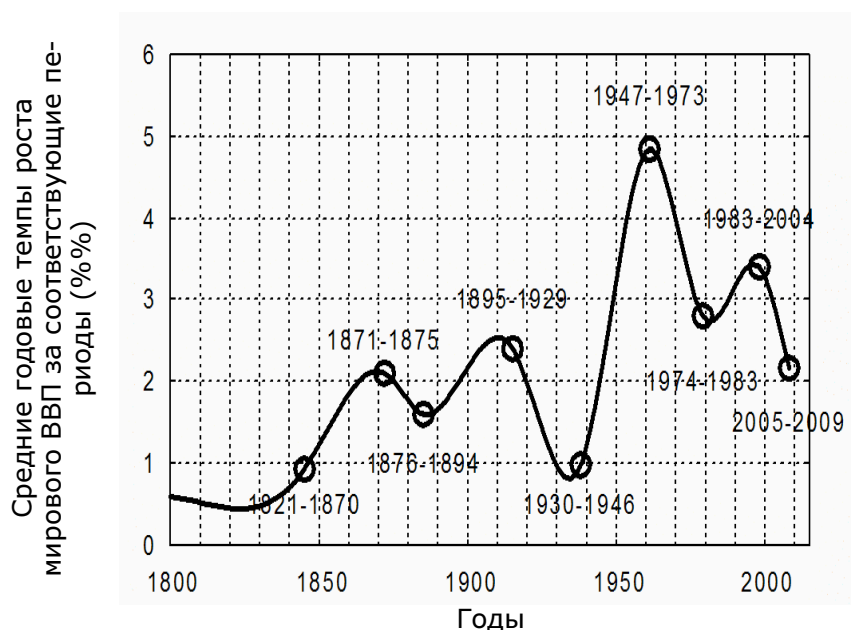
Как мы видим, данная модель дает очень точное математическое описание гиперболического роста мирового населения и мировой грамотности, а также квадратично-гиперболического роста мирового ВВП вплоть до начала 1970-х гг. Эта модель также очень точно описывает выход Мир-Системы из режима с обострением в последующий период применительно к динамике численности мирового населения и мировой грамотности. Данная модель описывает и выход Мир-Системы из режима с обострением в экономическом измерении; однако замедление темпов экономического роста Мир-Системы³⁶, описываемое данной моделью, заметно менее выражено, чем актуально наблюдаемое (это особенно заметно в двойной логарифмической шкале, см. выше Рис. 0.23).

В целом, необходимо отметить, что эта модель не описывает замедления темпов экономического роста Мир-Системы после 1973 г., ведь со-

³⁶ Подробнее о наблюдающейся после 1973 г. тенденции к замедлению мировых темпов экономического роста см.: Коротчаев, Божевольнов 2010.

гласно этой модели темпы роста мирового ВВП продолжают расти и после начала выхода Мир-Системы из режима с обострением, но все более медленными темпами. В реальности после 1973 г. замедлилась не просто скорость увеличения темпов роста мирового ВВП, но и сами эти темпы. Таким образом, выход Мир-Системы из режима с обострением не ограничился лишь демографической динамикой Мир-Системы. Собственно говоря, появившиеся в конце 1960-х – начале 1970-х годов алармистские прогнозы (в особенности отметим прогнозы Дж. У. Форрестера [Forrester 1971; Форрестер 1978] и Медоузов [Meadows *et al.* 1972]) и говорили о том, что если экономический рост Мир-Системы не замедлится, то человечество может в самом ближайшем будущем столкнуться с самыми серьезными угрозами, рисками и катастрофами. Но с 1970-х годов темпы экономического развития Мир-Системы стали как раз замедляться (и, на наш взгляд, алармистские прогнозы Форрестера и Медоузов сыграли в этом замедлении какую-то роль, стимулировав рост расходов на ресурсосбережение и природоохранные мероприятия и системы). Общая динамика темпов роста мировой экономики представлена на Рис. 0.25:

Рис. 0.25. Динамика относительных среднегодовых темпов роста мирового ВВП (%%), 1700–2009 гг.



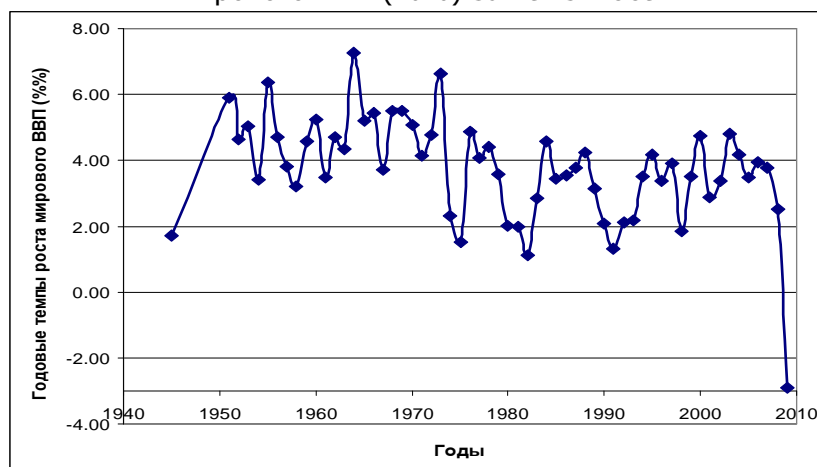
Источники данных: World Bank 2010; Maddison 1995, 2001, 2003, 2010.

Как мы видим, на этом графике наряду с двумя трендовыми (восходящая и нисходящая) компонентами очень хорошо прослеживается и циклическая (волновая) составляющая. Природа этой составляющей отнюдь не является загадкой – речь здесь идет о вполне известном феномене «кондратьевских волн» в мировой экономической динамике³⁷. Вместе с тем, объяснение замедления мировых темпов экономического роста после 1973 г. только кондратьевской волновой динамикой не представляется достаточно убедительным. Действительно, как можно видеть на Рис. 0.26, в 1984–2007 гг. даже на пике очередной повышательной фазы кондратьевского цикла темпы экономического роста Мир-Системы не превысили темпы этого роста на предыдущей повышательной фазе (1947–1973 гг.), спад же в начале очередной понижательной фазы оказался глубже, чем в начале предыдущей понижательной фазы³⁸, что позволяет достаточно уверенно говорить о том, что в 1970-е годы произошел перелом тысячелетней тенденции к стремительно ускоряющемуся росту мирового ВВП на тенденцию к замедлению темпов этого роста:

³⁷ Подробнее о кондратьевских циклах/волнах см.: Кондратьев 1922, 1925, 1928, 1989, 2002; Kondratieff 1926, 1935, 1984; Акаев 2010а; Акаев, Садовничий 2010; Абрамов 2001; Бабинцев, Блинков 1991; Бобровников 2004; Глазьев 1993; Гринин, Коротаев 2009а; Ерохина 2001; Казанцев, Тесля 1991; Коротаев, Цирель 2009; Маевский 1994, 1997; Маевский, Каждан 1996; Меньшиков, Клименко 1989; Моуги 1992; Пантин 1996; Пантин, Лапкин 2006; Румянцева 2003; Умов, Лапкин 1992; Яковец 2001; Åkerman 1932; Ayres 2006; Barnett 1998; Barr 1979; Berend 2002; Bernstein 1940; Berry 1991; Bieshaar, Kleinknecht 1984; Chase-Dunn, Grimes 1995; Chase-Dunn, Podobnik 1995; Cleary, Hobbs 1983; Dator 2006; Dickson 1983; Diebolt, Doliger 2006; Eklund 1980; Forrester 1978, 1981, 1985; Freeman 1987; Freeman C., Louçã F. 2001; Garvy 1943; Glismann, Rodemer, Wolter 1983; Goldstein 1988; Gruebler, Nakicenovic 1991; Haustein, Neuwirth 1982; Hirooka 2006; Jourdon 2008; Kleinknecht 1981; Kleinknecht, Van der Panne 2006; Korotayev, Tsirel 2010; Kuczynski 1978, 1982; Linstone 2006; Mager 1987; Mandel 1975, 1980; Mensch 1979; Metz 1992, 1998, 2006; Modelski 2001, 2006; Modelski, Thompson 1996; Papenhausen 2008; Reuveny, Thompson 2001, 2004, 2008, 2009; Rostow 1975, 1978; Schumpeter 1939; Senge 1982; Silberling 1943; Solomou 1990; Tausch 2006а, 2006b; Thompson 1988, 2007; Tylecote 1992; Van Duijn 1979, 1981, 1983; Van Ewijk 1982; Van der Zwan 1980; Wallerstein 1984; Коротаев, Халтурина, Божевольнов 2010: 188–227. Отметим, что, как показано в *Экскурсе 2* предыдущей книги *Законов истории* (Коротаев, Халтурина, Божевольнов 2010: 188–227), отсутствие кондратьевских волн в мировой экономической динамике до 1870 г. отнюдь не случайно и объясняется не просто недостаточным числом точек данных (кондратьевские волны в динамике мирового ВВП до 1870 г. не прослеживаются и при увеличении числа точек данных), а целым рядом вполне серьезных объективных обстоятельств.

³⁸ Подробнее об этом см. *Экскурс 2* предыдущей книги *Законов истории* (Коротаев, Халтурина, Божевольнов 2010: 188–227).

Рис. 0.26. Динамика годовых темпов роста мирового ВВП (%%) за 1945–2009 гг.



Источники: World Bank 2010³⁹; Burns, Shaw, Van Rensburg 2010⁴⁰; Maddison 2009⁴¹.

Представляется, что начавшееся в начале 1970-х годов замедление темпов экономического роста Мир-Системы⁴² представляет собой вполне здоровое явление, непосредственно связанное с общим процессом выхода Мир-Системы из режима с обострением.

Примечательно, что в 1970-е годы была переломлена и еще одна тысячелетняя тенденция, тенденция к снижению эффективности использования энергии. Тенденция эта особенно наглядно видна в сфере производства продуктов питания. Действительно, рост производства человеческими обществами полезной биомассы с единицы хозяйственно эксплуатируемой территории вплоть до самого последнего времени сопровождался снижением эффективности энергозатрат. Так, собиратель, расходуя 1 джоуль энергии, получал несколько сот джоулей в собранных им продуктах питания; в экстенсивном земледелии этот показатель падает ниже 100 на один джоуль энергозатрат, а затем опускается до 10 на один джоуль энергозатрат в интенсивном доиндустриальном земледелии⁴³. В интенсивном индустриальном земледелии цифра эта уже стремится к 1 джоулю (на джо-

³⁹ Оценка темпов роста мирового ВВП в 2003–2007 гг.

⁴⁰ Оценка темпов роста мирового ВВП в 2008 и 2009 гг.

⁴¹ Оценка темпов роста мирового ВВП в 1940–2003 гг.

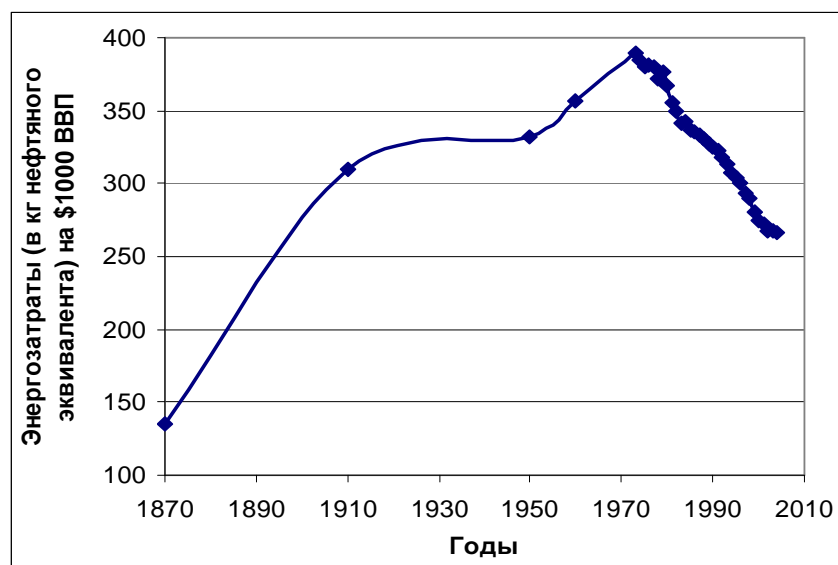
⁴² О замедлении после начала 1970-х гг. темпов мирового экономического роста вообще и темпов экономического роста мир-системного центра в особенности см. также, например: Denison 1985; Eichengreen 2007; Maddison 2007; Чернов 2006; Абель, Бернанке 2008: 282–289; Мельянецв 2009: 17–50.

⁴³ Включая, естественно, энергию домашних животных и т.п.

уль энергозатрат)⁴⁴, а в наиболее интенсивном (парниковом) индустриальном земледелии она иногда падала до 0,001 (Люри 1994: 14–30; 2004) (вплоть до того, как с начала 1970-х годов начала набирать сила противоположная тенденция – к росту эффективности энергозатрат [World Bank 2010]).

Наши расчеты дают сходные результаты и применительно к удельной энергозатратности производства мирового ВВП (см. Рис. 0.27).

Рис. 0.27. Динамика удельных энергозатрат на производство единицы мирового ВВП, 1870–2004 гг.



Примечания. Источники данных: Darmstadter 1971; Etemad *et al.* 1991; Netherlands Environmental Assessment Agency. 2000; World Bank 2010; Maddison 1995, 2001, 2003, 2009. В качестве единицы измерения мирового ВВП вслед за А. Мэддисоном использовался международный доллар 1990 г. в паритетах покупательной способности.

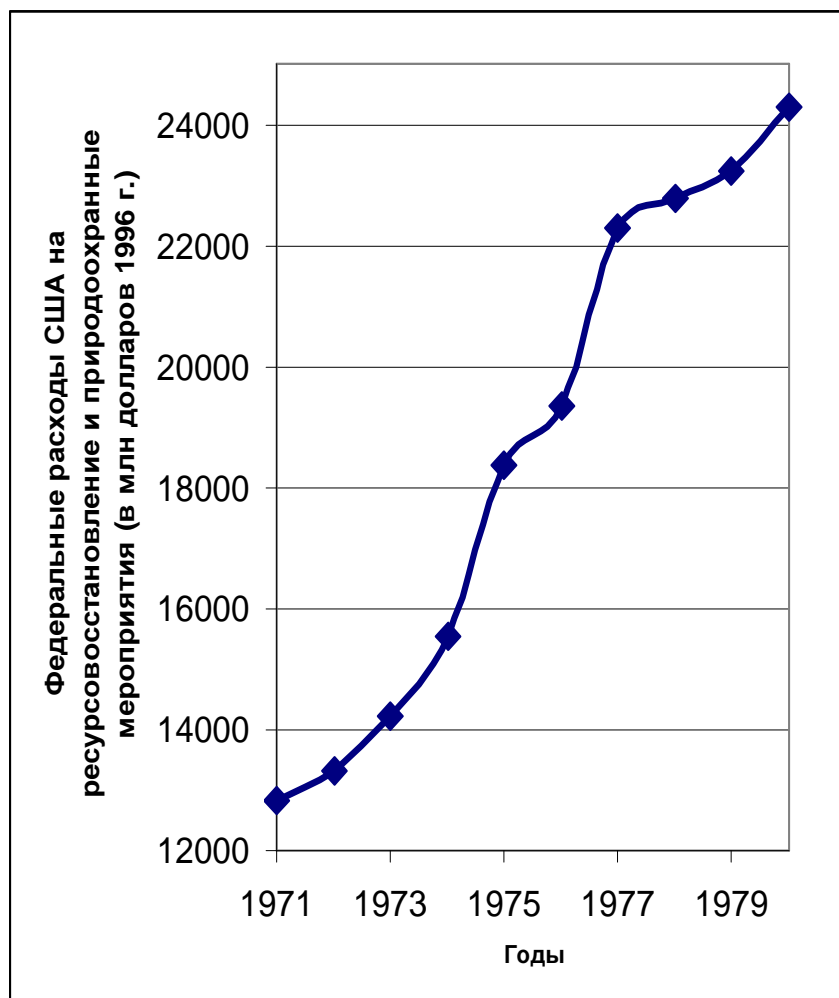
Как мы видим, вплоть до начала 1970-х годов этот показатель достаточно устойчиво рос, а после этого началось его не менее устойчивое снижение.

Выявившаяся начиная с 1970-х годов тенденция к замедлению относительных темпов роста мирового ВВП представляется скорее позитивным,

⁴⁴ Включая энергию, расходуемую разного рода сельскохозяйственными машинами, а также энергию, затрачиваемую на производство разного рода минеральных удобрений, гербицидов, пестицидов и т.п. В парниковом хозяйстве сюда добавляется энергия, расходуемая на поддержание в парнике оптимальной температуры и т.д.

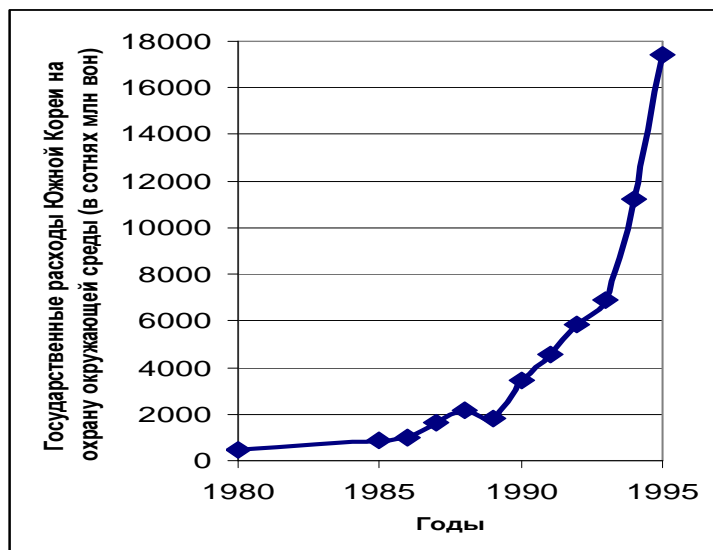
чем негативным явлением и потому, что это замедление было во многом связано с наблюдавшимся в эти годы стремительным ростом расходов на ресурсосбережение и природоохранные мероприятия (см. Рис. 0.28–0.29).

Рис. 0.28. Динамика федеральных расходов США на ресурсосоставление и природоохранные мероприятия (в млн долларов 1996 г.), 1971–1980 гг.



Источник данных: Carter *et al.* 2006: 3-365.

Рис. 0.29. Динамика государственных расходов Южной Кореи на охрану окружающей среды (в сотнях млн вон), 1980–1995 гг.



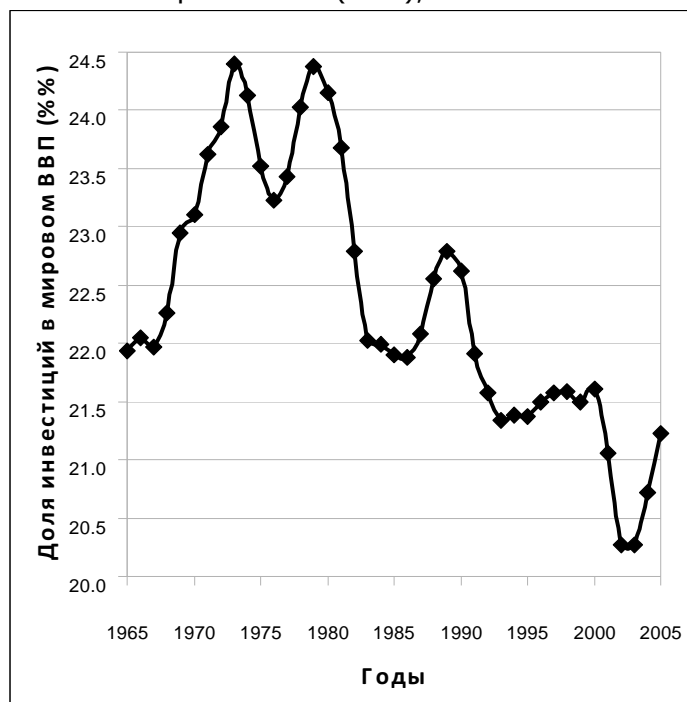
Примечания. Источник данных – Chung, Kirkby 2002: 204. Как мы видим, в Южной Корее стремительный рост расходов на охрану окружающей среды произошел с заметным запаздыванием относительно других экономически развитых стран, однако и замедление относительных темпов там произошло тоже с очень заметным запаздыванием (см., например: Акаев 2010).

Рост расходов на ресурсосбережение и природоохранные мероприятия является фактором замедления темпов экономического роста (см., например: Denison 1985; Люри 2005); но такого рода замедление представляется в высшей степени оправданным. Например, инвестиции в создание сети установок для производства стирального порошка, дадут заметно больший прирост ВВП, чем того же размера инвестиции в создание сети установок на предприятиях по очистке выбросов или сточных вод (отходов производства). Действительно, инвестиции в воздухо- или водоочистительные установки тоже приведут к определенному росту ВВП (скажем, стимулируя производство материалов и комплектующих, необходимых для их строительства, создание новых рабочих мест и т.п.), однако инвестиции в установки для производства стирального порошка простимулируют рост ВВП тем же самым образом, но наряду с этим приведут к дополнительно очень заметному приросту ВВП за счет своего конечного продукта, собственно стирального порошка; стоимость проданного стирального порошка войдет в ВВП, а вот чистая вода или чистый воздух, произведенные водо-/воздухоочистительными установками, ВВП никак не увеличат.

Конечно же, резкий рост расходов на ресурсовосстановление и природоохранные мероприятия наблюдался прежде всего в экономически развитых странах мир-системного ядра, но, как мы увидим это ниже, замедление темпов экономического роста в период после начала 1970-х годов произошло прежде всего именно в мир-системном центре, в то время как в большинстве развивающихся стран мир-системной периферии эти темпы даже ускорились.

С другой стороны, обращают на себя внимание тесно связанные с тенденцией к уменьшению темпов роста мирового ВВП тенденция к сокращению доли инвестиций в мировом ВВП (см. ниже Рис. 0.30) и тенденция к уменьшению макроэкономической эффективности инвестиций (измеряемой в том, сколько долларов прироста ВВП приходится на доллар инвестиций) (см. Рис. 0.31).

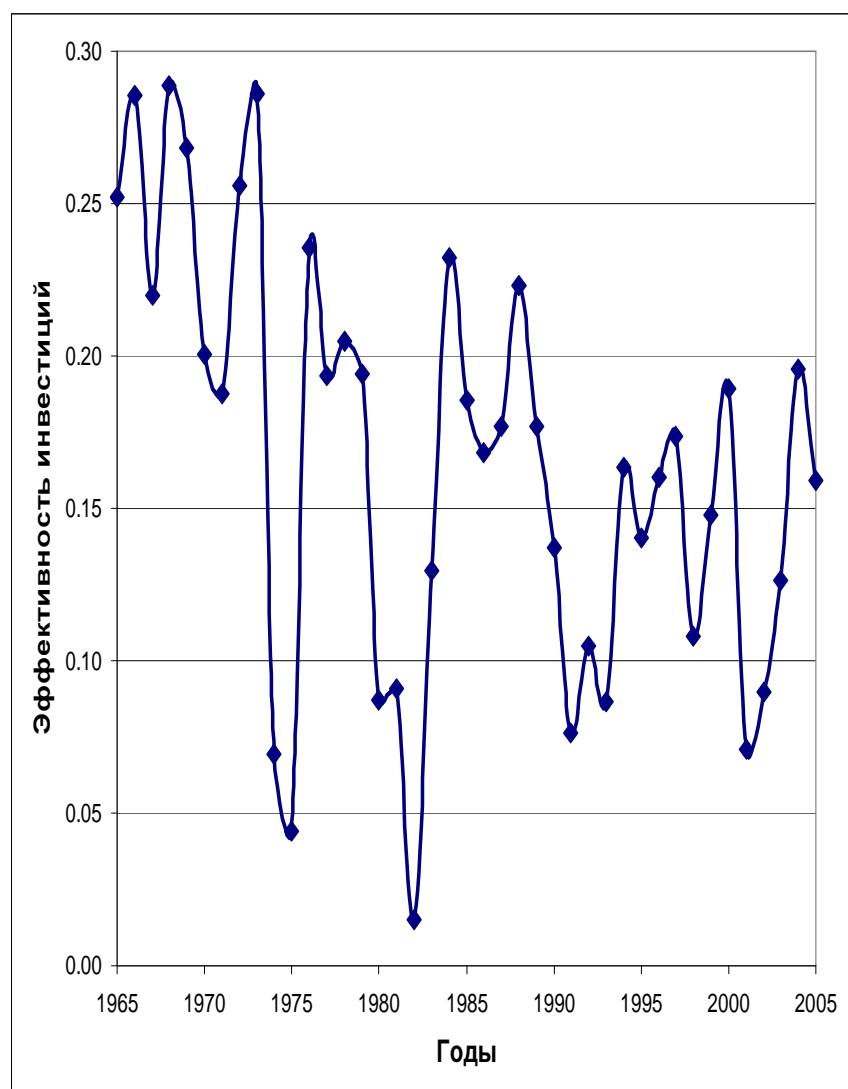
Рис. 0.30. Динамика доли инвестиций в мировом ВВП (%%), 1965–2005 гг.



Примечания. Источник данных – World Bank 2010. Использовалась переменная «Валовые инвестиции в основной капитал (% ВВП)» (*Gross fixed capital formation [% of GDP]*). Отметим, что прямой расчет этого показателя по данным той же БД (см. *Экскурс 2* предыдущей книги *Законов истории* (Коротаев, Халтурина, Божевольнов 2010: 188–227) дает менее вы-

раженный понижающийся тренд с более выраженной кондратьевской волновой составляющей.

Рис. 0.31. Динамика мировой эффективности инвестиций



Источник: World Bank 2010.

Итак, комплексный системный анализ показывает, что начало 1970-х гг. было важной вехой не только в глобальном демографическом, но и в глобальном экономическом переходе (а также и в глобальном социокультурном переходе), вехой, обозначившей начало выхода Мир-Системы из режима с обострением, начало замедления (и стабилизации) развития Мир-Системы по многим ключевым показателям.

Представляется, что приблизить описание мировой экономической динамики к реально наблюдаемой можно было бы добавлением множителя $(1 - l)$ и в уравнение (0.14). Этот множитель имел бы следующий смысл: более грамотное население более склонно направлять больше средств в ресурсовосстановление, что, с одной стороны, открывает перспективу выхода на траекторию устойчивого развития, но, с другой стороны, замедляет темпы экономического роста (ср. Люри 2005).

С другой стороны, как подчеркивается во введении к коллективной монографии *Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики*, подготовленном А. А. Акаевым и В. А. Садовничим (2010), для более точного математического описания мировой экономической макродинамики необходим учет фундаментальных ограничений мирового экономического роста (см. в особенности: Акаев 2010; см. также: Акимов 2008).

Действительно, как было показано нами ранее (Khaltourina, Korotayev 2007), точность математического описания мировой экономической динамики значительно повышается при учете фундаментальных ограничений через введение в модель показателя несущей способности Земли. Это было сделано нами через введение в уравнение (0.14) множителя $(1 - S/S_{lim})$, где $S_{lim} = (G_{lim}/N) - m$, где G_{lim} соответствует несущей способности Земли (т.е. максимальному уровню производства мирового ВВП, который еще обеспечивает Мир-Системе ее устойчивое воспроизводство без необратимого разрушения окружающей среды)⁴⁵.

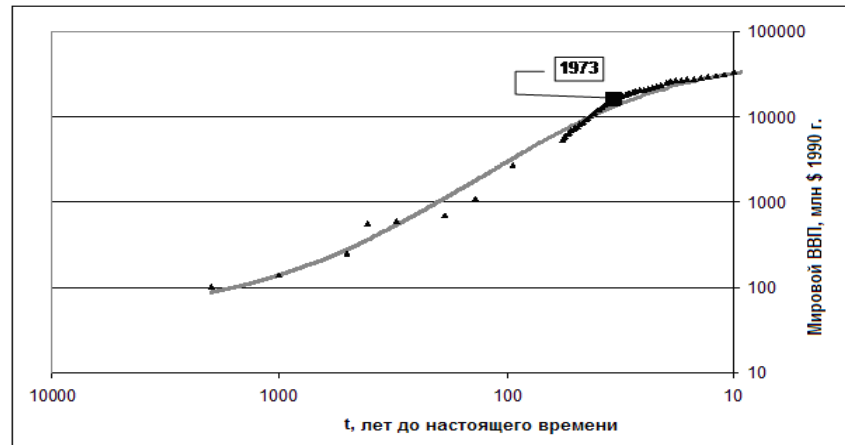
⁴⁵ Как будет показано ниже, этого же эффекта можно добиться и несколько более простым способом при помощи множителя $(1 - G/G_{lim})$. Подчеркнем, что этот сценарий вовсе не предполагает, что после выхода мирового ВВП на уровень G_{lim} рост уровня жизни населения Земли прекратится. Мы полагаем, что и в этом случае он будет продолжать расти. И достигаться это будет благодаря т.н. эффекту Нордхауса (Nordhaus 1997). Суть этого эффекта можно пояснить следующим образом. Допустим, Вы получили 1000 долларов и отправились в магазин покупать себе компьютер. Теперь представьте себе, какой компьютер вы смогли бы купить на ту же тысячу долларов пять лет назад. Конечно же, тот компьютер, который вы сможете купить на тысячу долларов сейчас, будет гораздо лучше, эффективнее, удобнее и т. п., чем тот компьютер, который вы смогли бы купить на ту же тысячу долларов пять лет назад. Однако если вы посмотрите в справочник Всемирного банка, вы обнаружите, что в паритетах покупательной способности 1000 долларов сегодня заметно меньше, чем 1000 долларов пять лет назад. Дело в том, что традиционные меры экономического роста (и прежде всего ВВП, измеряемый в международных долларах в паритете покупательной способности) во все большей и большей степени перестают улавливать реальный рост уровня жизни (и в особенности в наиболее развитых странах). Допустим, некая фирма, выпускавшая в 2000 г. по миллиону компьютеров в год и продававшая их по 1000 долларов за штуку, сняла с производства старые компьютеры

На Рис. 0.32 представлены результаты расчетов динамики мирового ВВП с использованием (модифицированной выше описанным образом) версии модели (12)-(7)-(11) с применением следующих разностных уравнений: $N_{i+1} = N_i + 0,010978S_iN_i(1 - l_i)$ (в млн чел.); $S_{i+1} = S_i + 0,000005455N_iS_i(1 - S_i/S_{limi})$ (в тыс. международных долларов 1990 г., в ППС) (где $S_{limi} = (G_{lim}/N_i) - m$); $L_{i+1} = L_i + cS_iL_i(1 - L_i)$, где $G_{lim} = 400\ 000$ (в млрд международных долларов 1990 г., в ППС), $m = 0,44$ (в тыс. международных долларов 1990 г., в ППС) и следующих начальных условий на 1 г. н.э.: $N_0 = 190$ (млн чел.); $S_0 = 0,019$ (в тыс. международных долларов 1990 г., в ППС); $l_0 = 0,04$; мировой ВВП (G) был подсчитан при помощи следующего уравнения: $G_i = (m + S_i)N_i$. Значения мирового ВВП, сгенерированные моделью (при указанных выше значениях коэффициентов и начальных условий), показаны на Рис. 0.32 при помощи сплошной серой кривой; эмпирические оценки показаны при помощи черных треугольных маркеров⁴⁶. Большой черный квадрат на Рис. 0.32 соответствует значению мирового ВВП на 1973 г.:

и запустила новые, значительно более эффективные (а что делать? иначе ведь фирма разорится), и в 2005 г. выпускает их уже в количестве 1 миллион сто тысяч и продает по прежнему по тысяче долларов за штуку (а если цену увеличить, то кто их купит?). Как это отразится на показателе ВВП страны, где эта фирма расположена, и на мировом ВВП? Никак. В 2005 г. фирма выпустила компьютеров на 1 миллиард 100 миллионов долларов. Допустим, что при этом фирме удалось уменьшить свои издержки, увеличив за счет этого и свою прибыль и зарплату своим работникам. Однако Всемирный банк пересчитает эту цифру на международные доллары 2000 г., и выяснится, что 1 миллиард 100 миллионов долларов 2005 г. в паритетах покупательной способности равны 1 миллиарду международных долларов 2000 г. Следовательно, ощутимый технологический прорыв, достигнутый фирмой и приведший к заметному росту уровня жизни заметного числа людей, никак не отразится на сводках Всемирного банка, который не зафиксирует никакого прироста ВВП ни для данной страны, ни для мира в целом. Дело здесь в том, что рост производства будет фиксироваться в традиционных мерах, только если он связан с увеличением потребления ограниченных ресурсов (включая и рабочую силу), если же он достигается при отсутствии такого увеличения, то его вроде бы как и нет. Модифицированная макро модель и прогнозирует такую ситуацию, предполагая, что выход Мир-Системы из режима с обострением завершится прекращением роста мирового ВВП в традиционных мерах его измерения, что не отрицает возможности сохранения определенного роста уровня жизни, который будет достигаться в таком случае без роста потребления ограниченных ресурсов.

⁴⁶ Отметим, что генерируемая данной моделью динамика мирового населения и грамотности демонстрирует столь же высокое соответствие (см.: Khaltourina, Korotayev 2007) имеющимся эмпирическим оценкам соответствующих подразделений ООН, что и динамика, генерируемая немодифицированной моделью.

Рис. 0.32. Рост мирового ВВП
в двойном логарифмическом масштабе



Таким образом, наш анализ позволяет предположительно интерпретировать замедление мировых темпов экономического роста в период после 1973 г. как вполне здоровую коррекцию мирового экономического развития по направлению к траектории устойчивого развития.

Как мы увидим в последующих разделах настоящей монографии, данная модель может послужить реальной основой для разработки прогнозов глобального развития, особенно при учете не только трендовой, но и циклической компоненты мир-системной динамики (и прежде всего кондратьевских волн), а также при принятии в расчет неоднородности Мир-Системы.