

Джей
ФОРРЕСТЕР



МИРОВАЯ
ДИНАМИКА

PHILOSOPHY



PHILOSOPHY



Джей ФОРРЕСТЕР

**МИРОВАЯ
ДИНАМИКА**

act
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Terra Fantastica
Москва Санкт-Петербург
2003

УДК 1/14
ББК 87
Ф79

Перевод с английского А. Ворощука и С. Пегова

Под редакцией Д. Гвинини, Н. Моисеева

Серийное оформление А. Кудрявцева

Подписано в печать с готовых диапозитивов 21.05.03.
Формат 84x108 $\frac{1}{32}$. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 20,16. Тираж 5100 экз. Заказ 1651.

Форрестер Д.

Ф79 **Мировая динамика: Пер. с англ. / Д. Форрестер.** — М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: Terra Fantastica, 2003. — 379, [5] с. — (Philosophy).

ISBN 5-17-019253-3 (ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-7921-0613-4 (Terra Fantastica)

Вторая половина XX века подвела черту в истории аналитики мироздания. В течение многих сотен лет человек создавал свод формул своего бытия и бытия мира, который окружает Homo Sapiens. В итоге к концу второго тысячелетия нашей эры мир стал информационно прозрачен, и пришло понимание невозможности простых соотношений, позволяющих однозначно описать мироздание. Для понимания основных тенденций развития требовалась модель мира.

И эта модель была представлена профессором Массачусетского технологического института Джейм Форрестером, продемонстрировавшим инженерный подход к проблемам эволюции мира. Джей Форрестер подарил человечеству принципиально новое знание: мир вычисляем. Эпоха беспечных размышлений о моделировании мира закончилась, наступило время конструирования.

УДК 1/14
ББК 87

© Перевод. А. Ворошук, С. Пегов, 1978
© Послесловие, комментарии. Н. Моисеев, 1978
© Послесловие, комментарии.
Н. Ютанов, С. Переслегин, 2003
© Оформление.
ООО «Издательство АСТ», 2003
® TERRA FANTASTICA

ОТ РЕДАКЦИИ

ИНЖЕНЕР МИРА ИЛИ ЭПОХА НЕРЕШИТЕЛЬНОСТИ

Здесь Форрестер призадумался.
Была ли верна изначальная предпосылка?
Являются ли компьютеры властелинами мира?
И кто принимает фундаментальные решения?

Фредерик Пол. «Эпоха нерешительности»

В известной современной притче умирающий Альберт Эйнштейн просит Господа раскрыть ему Формулу Мира. Господь охотно встает к доске и скрипучим крошачимся мелком выводит на темной поверхности блистательное соотношение Истины Мироздания. А когда потрясенный вселенской красотой и простотой Эйнштейн робко замечает: «Господи, но у Тебя в восемнадцатой строке явная ошибка!..» Творец тихо отвечает ему: «Я знаю».

Вторая половина XX века подвела черту в истории аналитичного мира. В течение многих сотен лет человек искал, создавал свод формул своего бытия и бытия мира, окружающего его. Но к концу второго тысячелетия мир стал информационно прозрачен и пришло понимание невозможности простых квадратурных соотношений, позволяющих однозначно описать мироздание. Общество оказалось не готовым к пониманию фантастического многообразия миров планеты Земля, то есть не готово к пониманию самого себя. Привычные простые истины размывались, лишая возможности выбора и построения тактики жизни.

Как писал один из руководителей концерна «Фиат» и президент Римского Клуба Аурелио Печчеи: «Человеку сейчас, по сути дела, не остается ничего иного, как возможно быстрее приблизиться к следующей фазе своего развития — той, где он, сочетая свое могущество с достойной мудростью, научится поддерживать в гармонии и равновесии все дела человеческие».

На смену аналитике пришла модель. Мир вступил в эпоху вычислительной математики. Кибернетика обрела бытовую практику, и в ее силу уверовали практически все. В 1968 году интернациональная группа ученых, объединившись в неформальную экспертную организацию «Римский Клуб», поставила вопрос об управляющем воздействии на развитие современной цивилизации. Для понимания основных тенденций развития требовалась модель мира. И эта модель была предоставлена профессором Массачусетского технологического института Джейм Форрестером. Он предложил Клубу свою компьютерную разработку «МИР-I», которая стала основанием для принятия знаменитой экологической концепции развития человечества.

Аурелио Печчеи вспоминал: «Даже самые первые его модели — при всей их примитивности и порой несовершенстве — могли вполне убедительно и впечатляюще имитировать динамику реального мира. В процессе изучения пяти выбранных критических параметров и их взаимодействия на более высоких уровнях появлялись выводы о неминуемой катастрофе, требовавшей немедленных мер, направленных на то, чтобы приостановить опасную склонность человеческой системы к росту».

Форрестер поразил участников проекта практичным, а точнее, инженерным подходом к проблемам эволюции мира. Наша цивилизация, наконец, получила своего инженера. Джей Форрестер подарил человечеству принципиально новое знание: **мир вычисляем**. Он стал одним из тех, кто подвел черту под целой эпохой неспешных размышлений о моделировании мира, такой Эпохой нерешительности.

Конечно же, в вычислительных формулах Форрестера можно найти ошибку не только «в восемнадцатой строке». Но ресурсно-временной интервал Евро-Атлантической цивилизации был инвертирован. Тридцать пять лет назад прозвучал тезис об ограниченности идеи простого линейного роста в освоении мировых ресурсов, бесконечной экспансии. Тезис просчитан, доказан, использован для экономического передела мира в пользу экологически чистых производств, но, наверное, до сих пор до конца не услышан.

Николай Ютанов

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Джей Форрестер, один из крупнейших специалистов в области теории управления, является профессором в Школе управления Альфреда П. Слоуна в Массачусетском технологическом институте (МТИ). С 1939 г. до конца Второй Мировой войны он занимался разработкой сервомеханизмов в МТИ, а позднее — цифровых ЭВМ. С 1951 по 1955 г. он руководил Линкольновской лабораторией воздушной обороны МТИ, а в 1956 г. ему было присвоено звание профессора в области промышленного управления. Форрестер достиг значительных успехов в области теории сервомеханизмов, хранения цифровой информации и промышленного управления. В 1968 г. Форрестер был награжден премией «Изобретатель года», учрежденной Университетом Джорджа Вашингтона, и золотой медалью Вальдемара Поулссена, учрежденной Датской академией технических наук.

Большой опыт в теории управления и больших систем позволил ему по-новому взглянуть на промышленное предприятие как на сложную динамическую систему. Результатом этих работ явилось создание в МТИ методологии междисциплинарных исследований сложных динамических систем, получившей название системной динамики. Рождение системной динамики заслуженно связывается с именем Дж. Форрестера. Системная динамика,

рассчитанная сначала на решение проблем управления в промышленности, была впоследствии расширена для анализа широкого класса динамических систем — экономических, социальных, экологических. Системная динамика в современной редакции представляет собой тщательно разработанные методические рекомендации по анализу исследуемой проблемы, ее качественному описанию в виде диаграмм, представление в виде программы на специально разработанном языке программирования DYNAMO и последующее исследование модели на ЭВМ. Методы системной динамики получили широкое признание и нашли применение в различных областях. Особенно много интересных результатов было получено на стыке различных дисциплин, например проблемы развития города с учетом социальных и экономических процессов (книга Форрестера «Динамика развития города» Советом организационного развития была признана лучшей публикацией 1970 г.).

Часто методология системной динамики, а более всего результаты конкретных исследований подвергались обоснованной критике. Обычно это касалось тех областей, для которых существовал собственный математический аппарат, например математическая экономика. Как правило, в подобных случаях системная динамика критикуется за игнорирование предшествующего опыта и чрезмерное упрощение либо за недостаточную обоснованность формальных описаний там, где прежде их вовсе не существовало. Однако, несмотря на известную справедливость подобной критики, следует признать, что именно системная динамика стала необходимым инструментом, позволяющим большому числу специалистов в конкретных областях знаний, не имеющих специальной подготовки в теории управления и теории сложных систем, успешно строить математические модели интересующих их процессов и с их помощью глубже понимать качественное поведение сложных систем.

Основные идеи и методы системной динамики, ее приложение к исследованию промышленных предприятий и процессов урбанизации изложены в переведенных у нас книгах Форрестера «Основы кибернетики предприятия» и «Динамика развития города». Предлагаемая читателям книга Дж. Форрестера «Мировая динамика» является естественным продолжением серии книг, описывающих результаты приложения системной динамики к исследованию различных объектов. Однако на этот раз необычен сам объект исследования. Это — мировая система в целом.

Книга Форрестера и появившаяся одновременно с ней книга его ученика Д. Медоуза привлекли внимание мировой общественности и стали предметом ожесточенных дискуссий. Именно в ходе этой полемики рождались все новые и новые проекты, направленные на исследования возможных путей развития мировой системы: проект М. Месаровича и Э. Пестеля, латиноамериканский проект под руководством А. Эрреры, проекты Я. Кайя, Х. Линнемана, Я. Тинбергена, В. Леонтьева и др. Но именно «Мировая динамика» явилась первым сравнительно незаметным толчком, который породил лавину исследований, получивших впоследствии название «глобального моделирования».

Дж. Форрестер очертил рамки модели и ввел основные гипотезы, разработанные в дальнейшем более подробно группой Д. Медоуза. В своей модели он рассматривает мир как единое целое, как единую систему различных взаимодействующих процессов: демографических, промышленных, процессов исчерпания природных ресурсов и загрязнения окружающей среды, процесса производства продуктов питания. Расчеты показали, что при сохранении современных тенденций развития общества неизбежен серьезный кризис во взаимодействии человека и окружающей среды. Этот кризис объясняется противоречием между ограниченностью

земных ресурсов, конечностью пригодных для сельскохозяйственной обработки площадей и все растущими темпами потребления увеличивающегося населения. Рост населения, промышленного и сельскохозяйственного производства приводит к кризису: быстрому загрязнению окружающей среды, истощению природных ресурсов, упадку производства и росту смертности. На основании анализа этих результатов делается вывод о необходимости стабилизации промышленного роста и материального потребления.

Конечно, книга Дж. Форрестера не лишена недостатков, среди которых многие критики отмечали спорность отдельных описаний и количественных оценок отдельных параметров, необходимость разбиения мировой системы на взаимодействующие регионы, необходимость более полного учета социальных факторов и возможностей сознательного управления развитием. Справедливо критиковались поспешность и недостаточная обоснованность выводов.

Однако нельзя забывать, что «Мировая динамика» явилась первой завершенной попыткой применить точные методы для исследования мирового развития. Она не претендует на всесторонний анализ глобальных проблем, а скорее демонстрирует лишь один из возможных подходов к такому анализу. Без знакомства с этой книгой трудно понять атмосферу последующих дискуссий и работ в области глобального моделирования.

Книга Дж. Форрестера «Мировая динамика» будет полезна широкому кругу специалистов как демонстрация еще одного практического применения системной динамики при исследовании сложной социально-экономической системы и как введение в новую область системного анализа — математическое моделирование глобального развития.

ДЖЕЙ ФОРРЕСТЕР

**МИРОВАЯ
ДИНАМИКА**

ПРЕДИСЛОВИЕ

В течение последних нескольких десятилетий резко возрос интерес к проблемам, связанным с экономическим развитием, ростом народонаселения и последствиями антропогенных воздействий на мировую окружающую среду. По мере роста трудностей в масштабе планеты многие люди и организации начали изучать и воздействовать на те или иные стороны изменяющейся мировой ситуации. Однако большая часть активности оказалась направленной на отдельные грани функционирования мировой системы. И только небольшая часть исследователей старалась показать, как многие механизмы и силы, воздействуя друг на друга, вызывают те тотальные последствия, которые мы и воспринимаем. Сейчас, однако, многие люди начали понимать, что взаимодействия внутри целого более важны, чем простая сумма отдельных его частей. Эта книга представляет собой одну из попыток, имеющую целью показать, как поведение мировой системы в целом обуславливается взаимодействием ее демографической, индустриальной и сельскохозяйственной подсистем.

Настоящее исследование развивалось на базе 15-летней программы исследования динамических структур социальных систем и было осуществлено лишь после событий лета

1970 г.¹, которые сфокусировали прежние теневые проблемы в быстро прогрессирующие стрессовые ситуации в нашей самой большой социальной системе — мировом сообществе.

В 1968 г. вместе с Дж. Коллинзом и другими я попытался применить этот метод к изучению роста и стагнации характеристик урбанизированных районов, что и описал в своей книге «Urban Dynamics»².

Динамическая модель мировых взаимодействий, описанная в этой книге, была предложена как основа для дискуссии. Ее следует рассматривать лишь в качестве предварительной попытки моделирования таких систем. Заметим, что все модели будут оставаться

¹ Речь идет о так называемом «энергетическом кризисе», подробно обсуждавшемся в печати. (Прим. Н. М.).

Энергетический кризис трактуется сейчас как составная часть сырьевого кризиса 1970—1975 гг., выразившегося в резком повышении мировых цен на сельскохозяйственную продукцию, энергоносители и некоторые другие виды сырья. Существует ряд интерпретаций сырьевого кризиса. В частности, его объясняют через хантингтоновскую модель «войны цивилизаций» — как первый успешный пример действий сырьевых стран Юга против промышленного Севера. Наиболее интересной и эвристичной является интерпретация в геоэкономических терминах: повышение цен на сырье рассматривается как внешний признак структурного кризиса экономической модели, созданной в 1950-х годах и недееспособной в новых реалиях. Наконец, ряд схем описывают сырьевой кризис в категориях борьбы между «старыми» и «новыми» производствами в развитых странах. Само собой разумеется, что с точки зрения глобального моделирования, исчерпания ресурсов, «пределов роста» и т. п. события 1970—1975 гг. не рассматриваются. (Прим. ред.)

² Русский перевод: Форрестер Дж. Динамика развития города. М.: Прогресс, 1974. (Прим. Н. М.).

лишь некоторыми приближениями к действительности. Поскольку точная и окончательная модель мировой системы никогда не может быть построена, а интерес к этим попыткам все более и более растет, нам казалось уместным изложить используемые предположения и полученные нами выводы в этой книге.

Здесь обсуждаются только самые общие аспекты функционирования мировой системы, но не трудности, связанные с осуществлением изменений, которые будут необходимы, если сохранятся современные тенденции развития человеческого общества. Многие важные переменные опущены. Агрегирование переменных проведено на таком высоком уровне, что отличительные особенности между развитыми и развивающимися странами несущественны. Большинство концепций в мировой модели отражает положения и мотивации недавнего прошлого и настоящего. Поэтому в книге не учитываются возможные изменения в человеческих стремлениях и ценностях, которые могут возникнуть вследствие широкого понимания затруднений, встающих перед человечеством. Все эти проблемы — объекты будущего исследования. Я надеюсь, что эта книга будет содействовать возникновению ощущения необходимости безотлагательного решения существующих проблем и укажет на эффективное направление работы для тех, кто решится исследовать альтернативы будущего.

Несмотря на экспериментальный характер описанной здесь мировой модели, с ее помощью получен ряд определенных выводов. Человек всегда действует на основе моделей, имеющих в его распоряжении. Мысленные образы — это тоже модели. Мы в настоящее время широко используем такие мысленные модели в качестве основы для действия. Каждый человек, который предлагает политику, закон или последовательность действий, делает это на основе модели, к которой

он в данный момент питает наибольшее доверие. Установив границы применимости изложенной здесь модели и проверив ее динамическое поведение и выводы, я отношусь с большим доверием к этой модели мировой системы, чем к каким-либо другим, имеющимся в настоящий момент в моем распоряжении. Поэтому именно данную модель я стал бы использовать для рекомендации к действиям. Все, кто сочтут эту модель более убедительной, чем те, которые они сейчас используют, вероятно, захотят использовать ее до тех пор, пока в их распоряжении не окажется модель лучшая, чем эта.

Хочется надеяться, что те, кто полагают, что они уже имеют некоторую другую модель, которая является более справедливой, представят ее с той же степенью подробной детализации, чтобы таким образом можно было сравнить и проверить заложенные в ней предположения и полученные из нее выводы. Отвергнуть эту модель вследствие ее недостатков, без предложения конкретных реальных альтернатив, было бы эквивалентно высказыванию, что время может быть остановлено. Но земной шар будет продолжать вращаться. И в каждый момент времени мы используем наиболее подходящую модель. Но как мы удостоверимся в том, что из имеющихся в нашем распоряжении самая признанная модель и есть самая лучшая? Нам следует попытаться использовать три подхода. Во-первых, лучшая из существующих моделей должна быть идентифицируемой для любого момента времени. Во-вторых, лучшая на современном этапе модель должна заменять менее ясные и менее точные традиционные модели. И в-третьих, следовало бы приложить энергичные усилия по непрерывному совершенствованию уже имеющихся моделей мировой системы.

Стало традицией критиковать количественные модели социальных систем за их недостаточное совершен-

ство. Вместо этой критики мы нуждаемся в предложении альтернатив и оценке различных и наиболее вероятных выводов и последствий, к которым они приводят. На основе таких предложений и контрпредложений только и может развиваться наше понимание социальных систем.

Я особенно обязан Г. Брауну, Дж. Коллинзу, А. Печчи и Э. Пестелю за поддержку и помощь на многих этапах работы, приведшей к появлению этой книги. Я также высоко ценю дружескую критику рукописи со стороны Р. Брауна, Р. Эрвина, Дж. Хеница, Д. Медоуза, Дж. Сигера и К. Вильсона. Никто из них не несет ответственности за предположения и интерпретации результатов, изложенные здесь.

Джей В. Форрестер

Массачусетский технологический институт
Кембридж, Массачусетс
Март 1971 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. МИРОВАЯ СИСТЕМА

Мировая система сталкивается с новыми трудностями. Под «мировой системой» мы понимаем человека, его социальные системы, технологию и естественную окружающую среду¹. Взаимодействие этих элементов определяет рост, изменения и напряженность. Существование серьезных проблем в социально-экономико-природной среде не является новостью. Но только совсем недавно человечество

¹ Определение дано не очень четко. Прежде всего неясно, в каком времени следует рассматривать «мировую систему». Имеется ли в виду «моментальный снимок» «человека, его социальных систем, технологии и естественной окружающей среды»? Или же подразумевается, что «мировая система» как объект исследования включает в себя свое прошлое и свое будущее, определенный временной промежуток? В первом случае система может быть описана дифференциальными уравнениями, а во втором нет, и необходимо применять метод конечных разностей. В первом случае динамика параметров, описывающих систему, непрерывна, во втором же — заведомо разрывна, и динамический анализ носит пошаговый характер. Понятно, что выводы модели могут существенно зависеть от того, какой ответ автор дает на этот вопрос. Вообще говоря, социальные

начало осознавать силу этих противоречий, которые не могут быть разрешены исторически сложившимися путями — миграцией, экспансией, экономическим ростом, технологическими преобразованиями¹.

системы рефлексивны и, в частности, накапливают исторический опыт. Тем самым социальная динамика определяется не только состоянием системы в некоторый момент времени t и «психоисторическими законами развития» (полагаем, что они нам известны — по крайней мере, в модели), но и особенностями развития системы на предшествующих этапах. Карибский кризис закончился бы войной, если бы не было негативного опыта сараевского.

Далее, автор жестко разделяет технологии и естественную природную среду (техносферу и биосферу). Между тем неясно, есть ли для этого должные основания. Возможно, гораздо более плодотворным было бы рассмотреть «человека, его социальные системы и технологию» как специфическую версию экосистемы. Заметим, что, искусственно выделив человека из среды, автор заложил в свою модель динамическое противоречие, которое будет присутствовать во всех выводах теории. Но существует ли это противоречие «на самом деле» или оно представляет собой артефакт, возникший в процессе моделирования?

Наконец, непонятно, где проходят границы «мировой системы». Судя по всему, Дж. Форрестер считает «мировую систему» замкнутой и совпадающей (в первом приближении) с земным шаром. Из термодинамических соображений понятно, что система должна включать в себя также Солнце — возможно, как внешний параметр. Но даже система Земля — Солнце незамкнута: человек побывал на Луне и — во всяком случае, теоретически — способен создавать колонии в космосе. Можно согласиться с Форрестером в том, что практического значения эта оговорка не имеет и тем более не имела тридцать лет назад. Но в «рамке» фундаментальных исследований различие между принципиально замкнутой моделью Форрестера и реальной «мировой системой», которая имеет некоторую тенденцию к открытости, весьма существенно. (Прим. ред.)

¹ См. [8—10].

Явным выражением напряженности в мировой системе являются рост населения¹, возрастающее загрязнение и различие в уровнях жизни. Однако растущее население, загрязнение и экономическое неравенство — это симптомы или причины? Можно ли на них воздействовать с целью улучшения ситуации непосредственно, или причины стресса нужно искать в другом месте мировой системы?

В настоящий момент все более осознается тот факт, что попытки, направленные на ослабление стрессовых ситуаций в наших социальных системах, часто предпринимались ретроспективно, подавляя только симптомы и не затрагивая основных причин. Элементы мировой системы становятся все более тесно взаимосвязанными. Воздействие на один сектор системы может вызвать последствия в другом. И часто последствия

¹ Рост народонаселения действительно является одним из важных факторов напряженности, но лишь в том случае, когда он обгоняет экономический рост, как это происходит, например, в некоторых развивающихся странах. Наилучшим выходом из такой ситуации является разумная политика ограничения рождаемости, что и делается во многих из этих стран. Конечно, было бы наивным ожидать сразу заметных результатов — понадобятся десятилетия, чтобы политика ограничения рождаемости принесла свои плоды.

Вообще говоря, рост населения — процесс пространственно и регионально крайне неоднородный. Отражением этой неоднородности могут служить полярно противоположные цели демографических политик различных стран: например, демографическая политика Венгрии стимулирует увеличение рождаемости, а Индия всячески старается стабилизировать этот процесс, затормозить рост населения, ограничивая рождаемость. Поэтому возникает некоторое сомнение в законности глобальной агрегации столь регионально неоднородного процесса. (Прим. Н. М.)

непредвиденные и неприятные. Если мы хотим быть уверены, что наши действия будут приводить скорее к улучшению, чем к ухудшению ситуации, то нам нужно понять связи, посредством которых основные факторы влияют друг на друга в планетарном масштабе.

Наши знания и предположения относительно компонент систем (даже таких сложных, как наша социальная система) могут быть проверены на основе методов, развитых в течение нескольких последних десятилетий. Это достигается посредством организации индивидуальных концепций в некоторую модель, что позволяет раскрыть и внутреннюю противоречивость наших предположений, и фрагментарность наших знаний. Такая проверка может способствовать улучшению понимания мировой системы, одним из элементов которой мы являемся.

За прошедшие тридцать лет четко выявились две тенденции в демографической динамике. Титульное население развитых промышленных стран, несмотря на все усилия правительств по стимулированию рождаемости, неуклонно сокращалось как в абсолютных, так и в относительных цифрах. Напротив, население стран, относящихся к традиционной (доиндустриальной) фазе развития, стремительно росло — опять-таки, невзирая на все усилия как-то контролировать этот процесс. Наибольших показателей естественный прирост достиг в Нигерии и Бангладеш (последняя, вероятно, является самой бедной страной мира). Интересно, что в Китае, где контроль над рождаемостью был очень жестким, он привел к стабилизации численности населения промышленного развитого восточного побережья и никак не отразился на демографической динамике сельскохозяйственных районов страны. (Подробнее смотри в Послесловии к настоящему изданию).

В целом за тридцатилетний период население Земли росло в русле положений модели Дж. Форрестера. (Прим. ред.)

В этой книге будет изложена динамическая мировая модель, т. е. модель, в которой взаимоувязаны население, капиталовложения (фонды), географическое пространство, природные ресурсы, загрязнение и производство продуктов питания. Этими основными компонентами и их взаимодействиями, по-видимому, обуславливается динамика изменений в мировой системе. Растущее население вызывает рост индустриализации, рост потребности в продуктах питания и распространение населения по все большей территории. Но рост производства продуктов питания, промышленных товаров и занимаемой территории способствует не только поддержанию, но и увеличению количества населения¹. Рост населения с сопровождающими его индустриализацией и загрязнением является следствием циклических процессов, в которых каждый сектор способствует росту других секторов и обеспечивает свое развитие за их счет. Но со временем рост наталкивается на пределы, налагаемые природой. Почва и природные ресурсы истощаются, а способность

¹ Сейчас уже точно известно, что это положение модели Форрестера является ошибочным. Для титульного населения индустриальных стран рост уровня жизни (даже «в разы») не способствует увеличению количества населения. Напротив, оно сокращается. Более того, падает рождаемость. Впрочем, ниже (см. главу 3) автор использует как раз гипотезу об отрицательных корреляциях между уровнем рождаемости и уровнем жизни: «при повышении жизненного уровня предполагается, что темп рождаемости падает».

Ошибка вызвана сведением всех форм потребления к потреблению продуктов питания, которое биологически конечно. Тем самым дети перестают быть экономически невыгодными (см. Послесловие). (*Прим. ред.*)

биосферы Земли разлагать загрязнения не беспредельна¹.

Противоречие между концепцией роста и природными ограничениями может быть разрешено несколькими путями. Человек, если он достаточно хорошо это понимает и действует разумно, может выбрать траекторию развития, которая должна приводить к стабилизации мировой системы. И задача состоит в том, чтобы выбрать наилучший из возможных вариантов перехода от динамического роста к состоянию мирового равновесия.

Обеспеченность пищей может и не быть первым барьером, ограничивающим растущее население². Другие

¹ Но имеет ли пределы способность биосферы приспосабливаться к загрязнениям? Некогда, в глубоком докембрии, мир «вывернулся наизнанку»: анаэробные бактерии необратимо отравили атмосферу Земли продуктом своего метаболизма — смертельно ядовитым для всего живого кислородом... (*Прим. ред.*)

² Что этот барьер существует — достаточно очевидно. Весь вопрос в том, когда будет достигнут этот барьер. Первичная продуктивность биосферы такова, что она может прокормить 40—70 млрд человек. Однако существует огромное количество национальных, религиозных, традиционалистических и т. п. ограничений на рацион питания, что приводит к значительному снижению этой оценки. Возникает естественный путь их снятия через создание новых обычаев и традиций. С другой стороны, возможны и пути повышения продуктивности биосферы за счет увеличения к.п.д. фотосинтеза и увеличения скорости биологического круговорота вещества и энергии. Кроме того, разумная демографическая политика также может значительно отодвинуть время достижения барьера. (*Прим. Н. М.*)

Этот комментарий был дан в 1971 году. Интересно, что еще в 1968 году И. Ефремов, ученый-палеонтолог и писатель-фантаст, указал, что почва истощится задолго до

силы в структуре мировой социально-технологической системы могут прекратить дальнейший рост населения.

Население, капиталовложения (фонды), загрязнение, потребление пищи и уровень жизни экспоненциально возрастают на протяжении всей известной нам истории¹. Человек исходит из предполагаемого роста, рассматривает его как естественную основу человеческого поведения и ассоциирует рост с «прогрессом». Мы говорим о ежегодном проценте прироста валового национального продукта (GNP) и населения. Величины, имеющие постоянный годовой процентный прирост, демонстрируют «экспоненциальный» рост. Но экспоненциальный рост не может продолжаться безгранично.

Экспоненциальный рост, в строгом смысле его определения, обладает характерным свойством, называемым «время удвоения». Это некоторый интервал времени, за который происходит удвоение значения соответствующей переменной величины системы. Экспоненциальный рост выглядит безобидным и способен вводить в заблуждение. Переменная, характеризующая систему,

предсказанных учеными огромных «предельных цифр», что приведет к демографической катастрофе: «век голода и убийств». (Прим. ред.)

¹ Это очень неточно. В архаичной фазе развития численность населения подчинялась скорее уравнениям Вольтерра, описывающим ангармонические колебания. Лишь при усреднении по нескольким поколениям можно было выделить экспоненциальный прирост. В традиционной фазе демографическая статистика действительно была экспоненциальной, но ни о какой экспоненте в росте качества жизни говорить не приходится. Суждение Дж. Форрестера верно только для индустриальной фазы, причем для тех регионов, которые восполняют демографическую деградацию титульного населения за счет иммиграции. (Прим. ред.)

может пройти через многие периоды удвоения без достижения заметного значения. Но через несколько периодов удвоения, следуя тому же самому закону экспоненциального роста, эта переменная внезапно оказывается громадной величиной.

Психологическому аспекту экспоненциального роста редко отдают должное. Предположим, что имеется некоторый максимальный физический предел для величины, растущей экспоненциально. Во все предшествующие достижению предела времена значение величины будет много ниже предела, само существование которого может казаться нереальным. Нет конфликта между возрастающей величиной и пределом, что могло бы обратить внимание на возникающие трудности. Затем неожиданно, в течение одного интервала удвоения, величина возрастает от половины предельного до предельного значения¹. Стрессовые воздействия от «сверхроста» становятся весьма ощутимыми:

¹ Здесь нет никаких неожиданностей. Можно сделать много шагов к пропасти без заметных последствий. А потом сделать еще только один шаг — и упасть. Но в данном случае, возможно, пропасти и нет вовсе. Просто всякая модель, построенная на предположении об экспоненциальном (да хотя бы и линейном) росте какого-либо параметра со временем, в какой-то момент перестает работать.

Известен случай в практике стратегического ролевого игрового моделирования: участник, желая оптимизировать размеры земельных угодий в «своей» стране, ввел экспоненциально-прогрессивный налог на землю. Он, однако, не учел, что социальная дифференциация среди крестьянства было очень высока, поэтому предложенная им математическая модель не работала. В результате по новому закону 95% крестьян практически освобождались от выплат, что же касается владельцев трех наиболее крупных поместий, то они должны были уплатить в конце года налог, превышающий совокупный общественный продукт

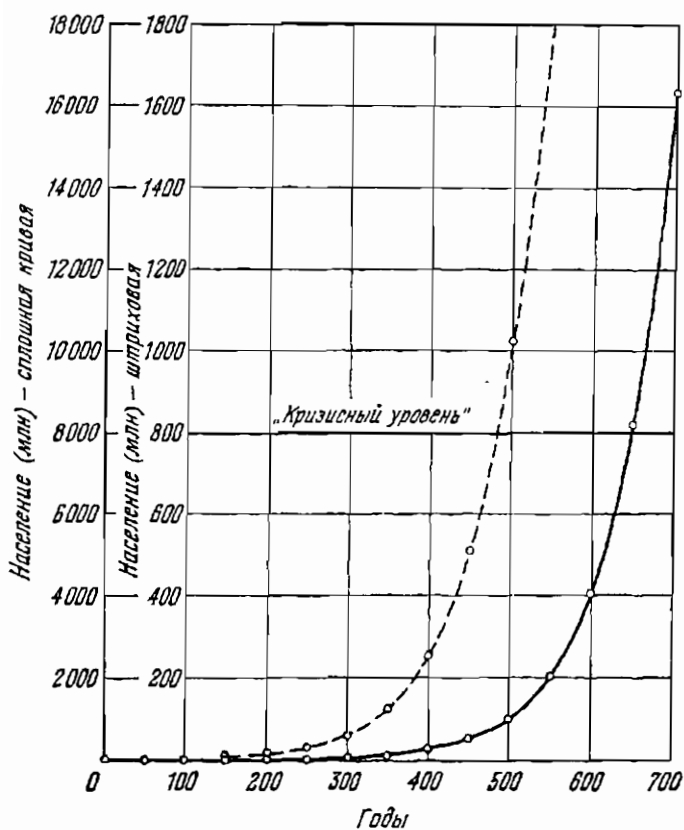


Рис. 1.2. Рост населения с периодом удвоения 50 лет.

они не могут более игнорироваться. Если возникающие при приближении к пределу тормозящие силы слабы, то рост будет продолжаться до тех пор, пока новые факторы, появляющиеся при превышении предела, не затормозят его.

Экспоненциальный рост нагляден только при сравнении его с некоторым соответствующим пределом. Скорость и характер экспоненциального роста лучше всего демонстрируются на примере. Предположим (в иллюстративных целях, что мы начинаем с населения в 1 млн человек и что его численность удваивается каждые 50 лет. На рис. 1.1 представлена таблица изменения численности населения последовательно в течение 700 лет, за которые население возрастает от 1 млн до 16 384 млн человек.

Годы	Население (в млн)	Годы	Население (в млн)	Годы	Население (в млн)
0	1	250	32	500	1024
50	2	300	64	550	2048
100	4	350	128	600	4096
150	8	400	256	650	8192
200	16	450	512	700	16384

Рис. 1.1. Рост населения в течение 700 лет с периодом удвоения 50 лет.

Данные таблицы, приведенной на рис. 1.1, изображены в виде сплошной линии на рис. 1.2. «Кризисный уровень» в 8000 млн человек выбран произвольно в качестве значения, выше которого конфликтные взаимодействия между ростом и некоторым ограничением

всего мира приблизительно в сорок раз! Понятно, что вместо денег участник получил гражданскую войну и иностранную интервенцию. (Прим. ред.)

становятся существенными. (При построении графика на рис. 1.2 мы стремились подобрать вертикальный масштаб так, чтобы наиболее характерная его точка была расположена примерно на середине вертикальной оси графика. Такой выбор масштаба позволяет показать крутизну кривой и взрывной характер процесса и не вносит каких-либо изменений в «закон роста», которому следует система.) Чтобы проиллюстрировать, что для экспоненциального роста характерна одинаковая интенсивность стремления к любому пределу (вне зависимости от его величины), предположим, что «кризисный уровень» на рис. 1.2 равен 800 млн человек (вместо 8000 млн). Второй вертикальный масштаб, выбранный так, чтобы «кризисный уровень» пришелся на 800, показан правее. Штриховая линия проходит по точкам, которые снова берутся по значениям, приведенным в таблице на рис. 1.1, но для нее эти значения наносятся по внутренней вертикальной шкале. Понижение «кризисного уровня» в 10 раз вызвало его пересечение с кривой роста с таким уменьшенным пределом примерно на 170 лет раньше, чем для сплошной кривой. Иначе говоря, взрывной характер роста и картина пересечения кривой роста с предельным значением — те же самые.

Самое удивительное из того, что мы усвоили из эксперимента с экспоненциальным ростом, заключается в том, что «взрыв» происходит не вследствие какого-либо неожиданного изменения в структуре закона роста, а в результате взаимоусиления процессов, всегда существовавших, но до этого времени нами игнорируемых. До 600-го года на рис. 1.2 население не достигает и половины кризисного уровня. В течение всего предшествующего времени такой рост представлялся желательным и не лимитируемым физическими ограничениями. Затем неожиданно, в течение всего лишь 50-летнего периода, в обычный, казалось бы, этап развития

процесса, взметнувшаяся вверх кривая пересекает кризисный уровень. Менее чем за длительность жизни одного поколения рушатся все традиции и представления. Это происходит даже в том случае, если ничего не меняется в существе закона, которому до последнего времени следует рост. Население, которое 12 раз удваивается в течение предшествующих 600 лет, еще только дважды удваивается между 600 и 700 годами. Но за это столетие становится очевидным, что 50-летняя скорость удвоения населения не может сохраняться и рост должен стать контролируемым.

Дремлющие до поры до времени в мировой системе силы на протяжении жизни одного поколения могут проявиться и начать регулирование процесса. Падающая обеспеченность продуктами питания, возрастающее загрязнение и уменьшающееся жизненное пространство — все эти причины в их тесной взаимосвязи вызывают давления, достаточные для того, чтобы понизить коэффициент рождаемости и повысить коэффициент смертности. По мере приближения к окончательным пределам негативные силы в системе накапливаются до тех пор, пока их не окажется достаточно, чтобы остановить процессы роста. В одно мгновение выясняется, что строгий закон экспоненциального роста слабеет в силу взаимосвязанности природных процессов¹.

¹ Учет системного взаимодействия между человеком и природой (при самых общих предположениях о характере этого взаимодействия) приводит к тому, что экспоненциальная демографическая кривая при больших значениях плотности населения начинает загибаться, переходя в логистическую. По всей видимости, можно говорить о некотором общем законе динамики устойчивых систем: всякий экспоненциальный рост параметра на самом деле подчиняется логистическому уравнению (см. Послесловие к наст. изд.). (Прим. ред.)

1.2. ПЕРЕХОД К РАВНОВЕСИЮ

В этой книге исследуются некоторые из причин, которые в дальнейшем могут стать барьерами на пути чрезмерно интенсивного роста, анализируются те изменения в системе, которые могут остановить экспоненциальный рост. Это предпринимается для изучения последствий перехода системы от состояния роста к мировому равновесию.

Кажется удивительным, когда, как на рис. 1.2, экспоненциально растущая величина внезапно устремляется к фиксированным пределам, которые она физически не может превзойти. Но системные сдерживающие силы могут возрасти даже более неожиданно. Очень часто вид взаимосвязей таков, что экспоненциальный рост наталкивается на барьер — уменьшающееся пространство. Конфликт при этом становится особенно выразительным. Рассмотрим, например, население, которое развивается в ограниченном физическом пространстве. Предположим, что каждому человеку требуется одна единица поверхности земли в качестве необходимого «жизненного пространства», представляющая собой участок земли для домашних построек, производственной деятельности, транспорта и переработки отходов (диссипации загрязнения). Предположим также, что для надлежащей обеспеченности продуктами питания каждому человеку требуются две единицы поверхности земли. При таких упрощенных предположениях не учитываются ни качество земли, ни изменчивость ее сельскохозяйственной продуктивности.

Если жизненное пространство вычесть из общей площади земли, то остаток и представляет собой ту землю, которая может быть использована для сельско-

го хозяйства. Эта земля, в расчете на душу населения, может интерпретироваться в терминах обеспеченности пищей (как это предполагается на графике рис. 1.3). Точки на горизонтальной оси соответствуют количеству единиц земли на душу населения, отведенной под сельскохозяйственные угодья, которая остается после вычитания «жизненного пространства» из общего количества земли. Вертикальная ось задает отношение пищи на душу населения к необходимому ее количеству для надлежащего уровня обеспечения. Например, если имеются две единицы земли на душу населения, отведенной под сельскохозяйственные угодья, то соответствующая точка на кривой показывает относительный уровень питания, равный единице, что является

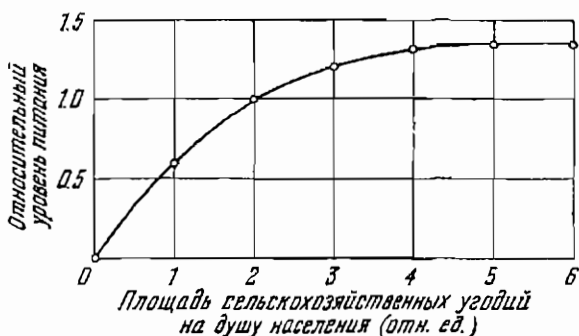


Рис. 1.3. Относительный уровень питания на душу населения как функция количества земли, отведенной под сельскохозяйственное производство.

как раз достаточным. В случае, если имеется четыре единицы земли на душу населения, то относительный уровень питания — 1.3. Однако количество пищи на душу населения не возрастает с увеличением имеющейся в его распоряжении земли, поскольку, с одной стороны, пищи достаточно, а с другой — нет рабочих рук, чтобы выращивать урожаи. В левой части диаграммы (когда количество земли на душу населения уменьшается) соответствующая обеспеченность пищей быстро падает, обращаясь в нуль, если не остается земли под сельскохозяйственные угодья.

Рис. 1.3 демонстрирует возможную связь между количеством пищи на душу населения и площадью сельскохозяйственных угодий (также на душу населения). Здесь выражен только качественный характер зависимости. Вид кривой в левом углу указывает, что нулевое количество земли производит нулевое количество пищи. На правом конце устанавливается, что рост дополнительного количества пищи на душу населения быстро уменьшается, когда количество пищи превосходит необходимое. Диаграмма сопоставляет физическую переменную (количество земли на душу населения) с концепцией удовлетворения потребностей или качества жизни (соответствующая обеспеченность пищей). В более сложной системе относительный уровень питания оказался бы фактором, определяющим коэффициент рождаемости и среднюю продолжительность жизни. Диаграмма иллюстрирует количественные характеристики, которые связывают различные секторы в единую систему. Многие соотношения такого типа будут обсуждаться в главе 3. Это позволит объединить демографический, индустриальный, сельскохозяйственный секторы, секторы добычи ресурсов и загрязнения мировой системы.

0	1	1	23999	23999	135
50	2	2	23998	11999	135
100	4	4	23996	5999	135
150	8	8	23992	2999	135
200	16	16	23984	1499	135
250	32	32	23968	749	135
300	64	64	23936	374	135
350	128	128	23872	187	135
400	256	256	23744	93	135
450	512	512	23488	46	135
500	1024	1024	22976	22	135
550	2048	2048	21952	1072	135
600	4096	4096	19904	486	134
620	5405	5405	18595	344	126
640	7132	7132	16868	237	109
660	9410	9410	14590	155	085
680	12417	12417	11583	093	057
700	16384	16384	7616	046	030

Рис. 1.4. Численность населения, территория и относительное питание при фиксированной площади земли в 24 млрд единиц и с населением, удваивающимся за 50 лет.

На рис. 1.4 показано то же самое население, что и на рис. 1.1, удваивающееся каждые 50 лет. Предполагается, что население растет на территории в 24 000 млн единиц земли. Третий столбец демонстрирует количество единиц земли, необходимое для размещения населения при норме, равной единице поверхности на человека. Четвертая колонка показывает, какое количество земли остается для сельского хозяйства при общем количестве в 24 000 млн единиц. Пятая колонка дает нам количество единиц земли на человека, имеющейся в его распоряжении для производства пищи. Последняя колонка представляет собой относительный уровень питания, взятый из рис. 1.3, который соответствует значению площади, имеющейся

в распоряжении одного человека. В течение первых 600 лет, когда население возрастает в 4000 раз, площадь земли, которая может быть занята под сельское хозяйство, уменьшается примерно на 17%, а относительный уровень питания остается, по существу, постоянным, равным его максимальному значению. Но в последующие 100 лет население возрастает еще только в 4 раза, в то время как площадь сельскохозяйственных угодий уменьшается при этом на 62%. Впервые происходит «вторжение» на землю, необходимую для производства продуктов питания. Население растет, и, по достижении «кризисного уровня», начинается быстрое сокращение сельскохозяйственных угодий.

Относительный уровень питания, взятый из рис. 1.4, представлен на рис. 1.5 в зависимости от времени. В течение всего рассматриваемого времени уровень был удовлетворителен, но затем, за период меньший, чем жизнь одного поколения, он стремительно падает, причем настолько низко, что пищевые ресурсы ограничивают дальнейший рост населения.

В США урбанизация быстро «подминает» под себя фермерские поля. Сельскохозяйственные угодья использованы почти полностью, а неосвоенные резервы представляют собой сильно истощенные земли. Плодородные земли в Нью-Джерси и Калифорнии поглощаются развивающимся строительством жилья и используются под промышленные цели со скоростью несколько тысяч акров в месяц¹. Начиная с 1945 г. застроено уже около половины фермерской земли в Нью-Джерси, Иллинойсе и Канзасе. Исчезновение сельскохозяйственных угодий маскируется растущей продуктивностью единицы площади за счет механизации, ирригации,

¹ 1 акр = 0,4 га.

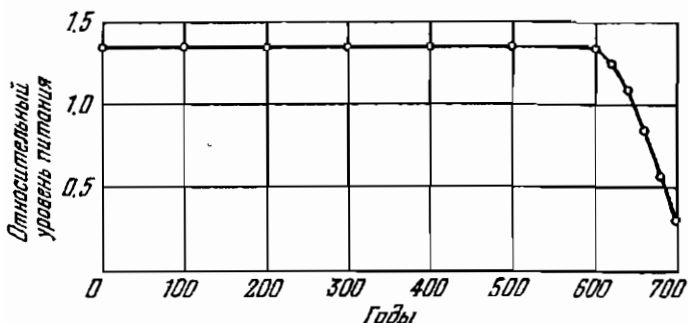


Рис. 1.5. Зависимость относительного уровня питания от времени.

применения пестицидов и селекции новых сортов. Но это не может продолжаться бесконечно. Когда процессы, представленные на рис. 1.4 и 1.5, дадут эффект, излишки продукции сельского хозяйства, идущие на экспорт, будут уменьшаться. После того как экспортный буфер будет переключен на внутреннее использование, закономерность, изображенная на рис. 1.5, станет полностью очевидной. На протяжении десятилетий Соединенные Штаты пытаются совладать со своей проблемой «фермерских излишков». Традиционное отношение к излишку может маскировать наступление нехватки земли до тех пор, пока не окажется, что переориентировать силы роста в форму долгосрочного равновесия уже поздно.

Крутизна падения кривой, изображенной на рис. 1.5, может не быть такой явной в реальной жизни, так как земля на самом деле различного качества, процессы приближающегося голодания вызывают более интенсивное использование земли и население должно увеличиваться медленнее, чтобы избежать резкого падения относительного уровня питания.

Рост численности населения наряду с сокращением «свободной» окружающей среды представляет собой общее явление, однако с более глубоким содержанием, чем только уменьшение обеспеченности пищей. Когда население растет, увеличивается скорость использования природных ресурсов и запас ресурсов сокращается, не удовлетворяя возрастающий спрос. Рост индустриализации вызывает увеличение уровня загрязнения, а само загрязнение может нарушать и процессы самоочистки в природе, так что увеличение загрязнения сталкивается с уменьшающейся способностью среды к самоочищению.

В этой книге исследуется структура взаимно уравновешивающих сил в мировом масштабе, когда рост оказывает чрезмерную нагрузку на окружающую среду.

1.3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В этом разделе обсуждаются результаты и предварительные выводы, полученные в главах 4, 5 и 6. Их интерпретация основывается на характере поведения машинно-ориентированной модели, развиваемой в главе 3. Модель строится на основании ряда утверждений, наблюдений и предположений относительно мировой системы. В машинной модели взаимосвязаны секторы демографии, экономики, сельского хозяйства и технологии. Модель описывает мировую систему, которая демонстрирует ряд альтернативных возможностей поведения. Какое поведение окажется наибо-

лее вероятным описанием будущего, зависит от политики, которую человек еще имеет возможность выбрать¹. Мировая система допускает много альтернативных вариантов поведения в зависимости от того, как мы регулируем рост населения, распределение капиталовложений, производство сельскохозяйственной продукции, использование природных ресурсов и осуществляем контроль за загрязнением. Рис. 1.6, который детально обсуждается в главе 4, демонстрирует один из возможных вариантов будущего развития. Здесь население и капиталовложения (фонды) растут до тех пор, пока уровень запасов природных ресурсов не понизится настолько, что начинает сдерживать дальнейший рост. По мере дальнейшего истощения ресурсов мир оказывается неспособным обеспечивать максимальный уровень населения. Население вследствие этого уменьшается (наряду с понижением уровня капиталовложений). Качество жизни зависит от материального уровня жизни, обеспеченности пищей, плотности населения и загрязнения. Качество жизни (на рис. 1.6) падает вследствие негативных воздействий, вызываемых истощением природных ресурсов. Детальное обсуждение этого явления можно найти в главе 4.

Но истощение природных ресурсов может и не быть первым и наиболее вероятным негативным воздействием, ограничивающим рост населения. Судя по всему, сейчас в мире складывается ситуация, при которой одновременно возрастает воздействие каждого из

¹ Но, заметим, данная модель «по построению» не может зависеть от управленческих решений. В ней просто нет соответствующих параметров. Но в дальнейшем автор утверждает, что речь действительно идет о «неизбежном будущем». (Прим. ред.)

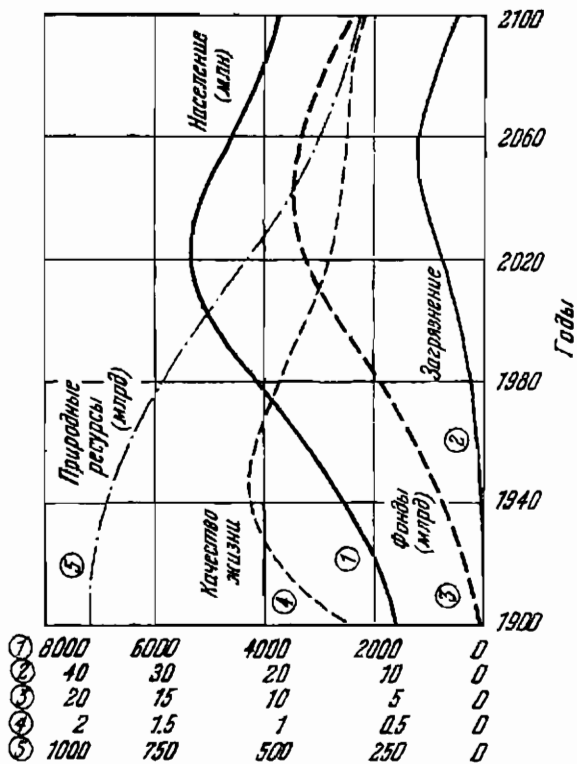


Рис. 1.6. Кризис истощения природных ресурсов.

факторов, способных сдерживать рост: истощение ресурсов, загрязнение, теснота и нехватка пищи¹. Еще не ясно, какой из них окажется доминирующим, если человечество будет продолжать развиваться так же, как раньше. Постепенное возрастание до максимума и понижение численности населения (на рис. 1.6) может оказаться более предпочтительным, чем другие возможные пути перехода к равновесию.

Но ограничение роста, вызванное понижающимся уровнем запасов природных ресурсов, может быть и не главным. Наука, вероятно, найдет более удачные способы использования широко распространенных в природе металлов и увеличения источников энергии, с тем чтобы избежать истощения ресурсов². Если это осуществится, то рост опять станет возможным до тех пор,

¹ В сущности, все это — один фактор, который называется «переполнением экологической ниши». Но человечество уже сталкивалось с ним на грани мезолита и неолита, когда прогресс в уровне технологии (производство оружия, действующего на расстоянии) привел к резкому росту популяции и исчерпанию ее пищевой базы. Неолитический экологический кризис носил катастрофический характер, однако привел он не к деградации популяции, а к переходу ее в новую фазу развития, допускающую дальнейший рост населения. (*Прим. ред.*)

² Это особенно касается энергетики. Развитие технологии позволит, вероятно, использовать нефтеносные сланцы, пропитанные нефтью. По-видимому, содержащиеся в них запасы нефти намного превосходят те, которые мы научились извлекать. Внедрение реакторов-размножителей во много раз увеличит используемые сейчас запасы ядерного топлива. (*Прим. Н. М.*)

На сегодняшний день нет основания разделять оптимизм комментариев 1970 года. Хотя в области нефтедобычи достигнут определенный прогресс, человечество по-прежнему зависит не столько от запасов «нефти вообще»,

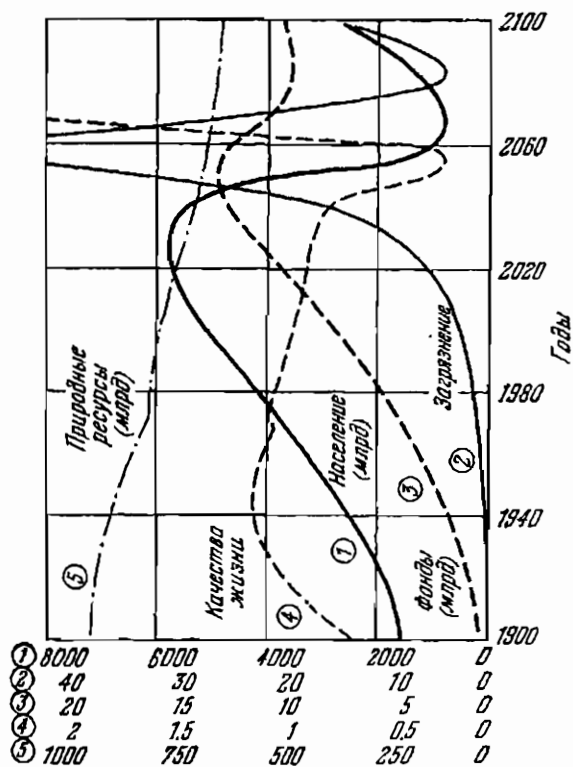


Рис. 1.7. Кризис загрязнения при уменьшении скорости использования природных ресурсов на 75% от уровня 1970 г.

пока в системе не возрастут воздействия некоторых других отрицательных факторов. На рис. 1.7 показаны характеристики возможных траекторий развития, когда нехватка ресурсов перестает быть лимитирующим фактором и даже отсутствует вообще. Рис. 1.6 и 1.7 отличаются только скоростью использования природных ресурсов после 1970 г. На рис. 1.7 после 1970 г. предполагается, что скорость расходования ресурсов в четыре раза меньше, чем на рис. 1.6. Другими словами, мы предполагаем, что технология обеспечивает стандартный уровень жизни при меньшем истощении расходуемых невозобновимых ресурсов.

Но если ресурсы сохраняются в достаточном количестве, то, как видно из рис. 1.7, население и капиталовложения растут до тех пор, пока не возникнет кризис, связанный с загрязнением. Загрязнение тогда непосредственно воздействует на рост населения, вызывая понижение коэффициента рождаемости, увеличение коэффициента смертности, а также приводит к депрессии в производстве продуктов питания. Население, согласно этой несложной модели, достигает своей максимальной численности в 2030 г., а затем в течение 20-летнего периода резко падает до одной шестой этого наибольшего значения. Такой спад был бы всемирной катастрофой. Если бы это произошло, то оставалось бы только размышлять о том, какие части мирового населения пострадают особенно сильно. И вполне возможно, что наиболее развитые индустриальные страны, являющиеся источниками наибольшего загрязнения, оказались бы в наименьшей степени способными выжить в

сколько от запасов дешевой нефти. Распространение ядерной энергетики сдерживается искусственно (не в последнюю очередь позицией сторонников охраны окружающей среды). Термоядерная энергия по-прежнему остается недоступной. (Прим. ред.)

условиях такого продовольственного кризиса и кризиса окружающей среды¹. Они могут оказаться среди тех стран, которые испытывают основную тяжесть последствий такого характера развития мирового процесса. Сейчас возникает все больше сомнений в том, что технологический прогресс является средством спасения человечества. И имеются основания для такого сомнения. Из рис. 1.7 мы видим, как отдельный успех в технологии (ослабляющий нашу зависимость от природных ресурсов), предохраняя нас от одного удара судьбы, может сделать жертвой другого (катастрофы вследствие загрязнения)².

¹ По-видимому, это неверно. Демографическая деградация действительно будет носить катастрофический характер, но произойдет она прежде всего за счет населения слабо-развитых (доиндустриальных) стран. Именно для этих государств характерны высокие темпы роста населения, вследствие чего на их территории плотность населения и производимые загрязнения достигнут максимума (тем более что туда вынесен ряд «грязных» производств промышленных стран). Кроме того, для ряда биологических видов, в том числе для крыс, «пределом роста» оказывается не нехватка продуктов питания, а взрывное развитие инфекционных заболеваний и генетических отклонений. Если предположить, что для человеческих популяций традиционной фазы это так (а весь ход истории подтверждает это), мы должны прогнозировать, что заболеваемость будет нарастать быстрее, нежели загрязнение среды или уровень нехватки продовольствия. Между тем слабо-развитые страны значительно более уязвимы в эпидемиологическом отношении, чем промышленные.

В настоящее время рост населения в странах с преобладающей традиционной экономикой обусловлен экономической и медицинской помощью Запада. (*Прим. ред.*)

² Сформулированное здесь утверждение, следующее (как отмечает сам Форрестер) из «несложной» модели мировых

1.4. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

На протяжении последних 40 лет в Массачусетском технологическом институте разрабатывается эффективный метод анализа динамики сложных систем. Основа была заложена в 1930 г., когда В. Буш создал дифференциальный анализатор, предназначенный для решения уравнений, описывающих определенные типы простых инженерных проблем. Такой набор уравнений есть модель системы, которую они описывают. Такая модель описывает поведение системы. Дифференциальный анализатор, настраиваемый в соответствии с уравнениями (которые в этом случае представляют собой инструкцию), становится имитатором, прослеживающим динамику поведения изучаемой системы. В то время, когда Н. Винер развивал свои концепции о системах с обратными связями, которые впоследствии получили

взаимодействий, касается лишь одного аспекта сложной проблемы технического прогресса. Предполагая прогресс в технологии использования природных ресурсов, Форрестер одновременно не допускает возможности прогресса в области борьбы с загрязнением. (*Прим. Н. М.*)

А вот здесь, скорее всего, Дж. Форрестер прав. По-видимому, невозможно, оставаясь в рамках индустриальной фазы развития, одновременно решить проблемы загрязнения среды, нехватки природных ресурсов и кризиса перенаселенности с вытекающим из него ростом статистики инфекционных заболеваний и генетических аномалий. Поскольку технический прогресс на практике неизбежно включает в себя фазу развития мощного «грязного» производства, прежде чем будут освоены экономичные высокотехнологичные безотходные технологии. (*Прим. ред.*)

название «кибернетика», Х. Хазен написал несколько первых работ в области теории управления системами с обратными связями, которые получили название «сервомеханизмов». В 1940-х годах Г. Браун создал Лабораторию сервомеханизмов, в которой теория систем с обратными связями «развивалась, описывалась, изучалась и распространялась». В 50-х годах, когда автор этой книги был директором Лаборатории вычислительных машин и Отдела № 6 лаборатории им. Линкольна, для моделирования систем были впервые использованы вычислительные машины. Начиная с 1956 г. эта работа была продолжена в Школе управления им. Альфреда П. Слоуна.

Философия и методика используемого подхода, описанные ранее в «Industrial Dynamics» (1961 г. [2])¹ и «Principles of Systems» (1968 г. [8]), представляют собой теорию структур в динамических системах. «Urban Dynamics» (1969 г. [5])² — это результат применения этой теории к изучению роста и стагнации урбанизированных районов. На протяжении ряда лет такая техника моделирования структур обратных связей социальных систем была известна как «индустриальная динамика», однако сейчас это наименование не соответствует содержанию, так как ее применение шире и оказывается эффективным и для моделирования других систем. В связи с тем, что метод может применяться к изучению любых сложных систем, лучшим названием, пожалуй, будет «системная динамика».

¹ Русский перевод: Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М.: Прогресс, 1971. (Прим. ред.)

² Русский перевод: Форрестер Дж. Динамика развития города, М.: Прогресс, 1974. (Прим. ред.)

Она может быть применена к исследованию и корпоративной политики, и динамики заболевания диабетом в медицине, и социальных факторов, воздействующих на распространение наркомании в обществе, и изменений товарных рынков, и проведения научных работ, и развития организаций (см. [4, 6, 7, 11]).

На протяжении ряда лет преподавая динамику социальных систем, мы обнаружили, что простое описание процесса модельной формализации и машинной имитации не является эффективной формой обучения. Студент должен сам принимать непосредственное участие в этом процессе. Он должен сам осуществить и почувствовать каждый этап исследования. Но большинство студентов не в состоянии представить себе модификацию метода при переходе от одной области применения к другой. Чтобы преодолеть эту трудность, стало необходимо создать рабочую модель. Мирская модель, описываемая в следующих главах, и была создана с этой целью.

1.5. МЫСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В использовании моделей для представления социальных систем нет ничего нового. Каждый индивидуум в своей личной и общественной жизни использует модели для принятия решений. Мысленный образ мира, окружающего нас, есть модель. Человек не несет в себе полных образов семьи, бизнеса, правительства или страны. Он только отбирает концепции и взаимосвязи,

которые затем использует, чтобы представить себе реальную систему. Мысленный образ — это модель. Все наши решения и действия определяются моделями. Вопрос заключается не в том, использовать или игнорировать модели, а состоит только в выборе между альтернативными моделями.

Мысленная модель — не строгая, а «размытая». Она несовершенна. Она неточно формулируется. Более того, даже у одной и той же личности мысленная модель изменяется со временем, например в течение беседы. Человеческий разум компонует некоторые взаимосвязи для того, чтобы приспособливаться к смыслу дискуссии. Как только изменяется субъект, меняется и модель. Даже когда обсуждается какая-то определенная тема, каждый участник разговора использует разные мысленные модели, посредством которых интерпретирует предмет беседы. Фундаментальные гипотезы меняются, но никогда явно не высказываются. Цели различны и остаются неидентифицированными. В связи с этим неудивительно, что компромиссы вырабатываются так долго, что даже согласованность ведет к действиям, вызывающим непредвиденные последствия¹.

Человеческий ум отбирает некоторые концепции, которые могут быть справедливы или ошибочны, и использует их для описания окружающего нас мира. На основе этих предположений человек оценивает системное поведение, которое, как он полагает, свойственно системе. Если человек хочет улучшить поведение системы, он думает о том, какое действие следует предпри-

¹ За минувшие десятилетия достигнуты значительные успехи в работе с неформализуемыми качественными моделями, которые Дж. Форрестер называет «размытыми». Речь идет прежде всего о мыследеятельностной методологии, конфликтологии, а также о технологии протоколов общения. (Прим. ред.)

нять, чтобы ее изменить. Однако этот процесс часто приводит к ошибкам.

Человеческий ум в высшей степени приспособлен к анализу элементарных сил и действий, составляющих систему, и очень эффективен при идентификации структуры сложной ситуации. Но опыт показывает, что наш разум не приспособлен для оценок динамических последствий в тех случаях, когда части системы взаимодействуют друг с другом.

1.6. МАШИННЫЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ¹

Подход, используемый здесь для исследования мировой системы, объединяет силу человеческого ума с мощностью современной вычислительной техники. Человек легко воспринимает отрицательные давления, опасения, цели, особенности, предубеждения, задержки, сопротивляемость к изменению, мотивы, доброжелательность, жадность и другие чисто человеческие характеристики, которые регулируют взаимосвязи между отдельными ячейками социальных систем. Только человеческий разум способен в настоящее время формировать структуры, в которых могут быть синтезированы отдельные изолированные куски информации. Но когда эти куски взаимосвязаны, разум становится уже недостаточным для целей предвидения, для изучения динамики поведения, которое свойственно системе.

¹ Машинные модели вместе с математическим обеспечением и регламентацией их использования часто называют имитационными системами. (Прим. Н. М.)

Здесь может помочь инструмент — вычислительная машина, компьютер, позволяющий отслеживать взаимодействия любой специфичной системы взаимосвязей без каких-либо сомнений и ошибок.

Компьютер «инструктируется» заданной ему моделью. Модель — это набор предписаний, которые сообщают вычислительной машине о том, как функционирует каждая часть системы. Это и делает возможным создание реалистичных «лабораторных» моделей социальных систем. Такая модель, конечно, есть упрощение действительно существующей социальной системы, но она может быть значительно более детальной, чем мысленные модели, которые мы обычно используем как основу для обсуждений социальной политики¹.

Машинная модель воплощает в себе теорию структуры систем². В ней формализуются предположения о системе. Качество модели определяется лежащей в ее основе теорией. Лучшей машинной моделью является та, в которой содержится больше существенных черт социальной системы, чем мы обычно можем себе представить. Построение машинной модели требует от нас полной ясности относительно предположений, на которых базируются наши мысленные модели. Когда предположения формулируются четко, это способствует бо-

¹ Как правило, она является не более, а менее детальной. Машинные модели в принципе не способны учитывать качественных изменений в системе (фазовых переходов), если только эти изменения не заданы явно — человеком, проектирующим модель. (*Прим. ред.*)

² Неясно, в каком именно смысле Дж. Форрестер использует понятие «структура системы». Если структура понимается как набор динамических противоречий, ассоциированных с системой, то такой теории пока не существует, поскольку не разработан аппарат, позволяющий работать с заведомо недифференцируемыми функциями. (*Прим. ред.*)

лее глубокому анализу и приводит к лучшему выбору из огромного числа деталей, содержащихся в наших мысленных моделях. Построение машинной модели вносит определенную строгость, которой не хватает дискуссиям и печатным материалам¹.

И хотя ни одна из существующих сегодня машинных моделей социальных систем не может рассматриваться иначе как предварительная, многие начинают предпринимать попытки исследования поведения реальных систем. Это возможно потому, что такие модели вскрывают причины наших сегодняшних трудностей и, кроме того, объясняют неудачи попыток усовершенствования социальных систем. Несмотря на свойственные им недостатки, модели могут быть построены так,

¹ В последние десятилетия имитационные социальные компьютерные модели получили не совсем обычное применение. Сейчас они используются прежде всего в походовых стратегиях. (Очень удачным примером является линейка игр «Civilization», созданная С. Мейером и Б. Рейндольсом: в третьей версии этой игры используется системная модель Дж. Форрестера). Накоплен огромный опыт программирования, тестирования и игры в «имитационные системные модели». Нет никаких сомнений в том, что они довольно точно описывают крупномасштабную структуру истории, в том числе позволяют прогнозировать «неизбежное будущее». Но одновременно выяснилось, что эти модели содержат принципиальные ошибки, так как не учитывают субъективный фактор и не принимают в расчет инновационную деятельность. Для прошедших эпох структурные инновации вносятся в модель извне — в играх серии «Civilization» это делается через тщательно построенное «дерево технологий». Но для будущего инновационные формы деятельности, как оказалось, не моделируются и не выдумываются. Тем самым по мере приближения к настоящему времени имитационные системные модели теряют содержательность. (Прим. ред.)

что они окажутся гораздо полнее интуитивных моделей, на основе которых мы моделируем будущую эволюцию сегодня.

Сформулировав предположения о том, каким образом различные части сложной системы взаимодействуют друг с другом, мы с помощью ЭВМ можем проследить функционирование всей системы во времени¹, решая математические задачи в соответствии с правилами поведения, предписанными модельным описанием. ЭВМ делает некоторые выводы из предположений, которые заложены в конструкции модели. Этот процесс моделирования использует великую силу человеческого интеллекта — его способность к восприятию окружающего мира, и устраняет величайшую слабость человеческого ума — его неспособность оценить все динамические последствия даже при правильном наборе системных предпосылок. Главы 2 и 3 иллюстрируют процесс перехода от обычных, причинных предположений о мировой системе к машинной модели, которая связывает эти предположения в единое целое. Затем компьютер показывает, какие последствия вытекают из исходных предположений (это обсуждается в главах 4, 5 и 6).

¹ Точнее было бы сказать, с помощью той логической цепочки, которую вычислительная машина способна реализовать точнее и быстрее, чем это может сделать человек.
(Прим. Н. М.)

2. СТРУКТУРА МИРОВОЙ СИСТЕМЫ

Обращение к читателю: эта глава дает общее представление о выбранной структуре, характеризующей взаимодействия между основными секторами системы. Раздел 2.1 знакомит с полной системой, в то время как следующие разделы детализируют основные подструктуры, в которых возникают силы роста и уравнивающие силы. Глава 2 дает общее, а не детальное представление о модели. Все детали содержатся в главе 3, там же будут объяснены почти все концепции и использованные в этой главе конкретные числовые значения.

Решающий этап в построении машинной модели социальной системы — выбор и согласование информации о реальной системе. Обычно мы испытываем трудности не в нехватке информации, а в ее избытке и в необходимости избирательного подхода к ней. И дело не только в том, что существует значительно больше информации, чем имеет смысл включить в модель, но также и в том, что она не систематизирована. Разнородная информация должна быть организована. Организация информации определяет структуру модели. Процесс формирования модели должен следовать принципам, общим для всех динамических систем. Краткое изложение основных

принципов организации системной структуры может быть полезно для читателя.

Самой важной концепцией в установлении структуры системы является идея, что все изменения обуславливаются «петлями обратных связей». Петля обратной связи — это замкнутая цепочка взаимодействия, которая связывает исходное действие с его результатом, изменяющим характеристики окружающих условий, которые, в свою очередь, являются «информацией», вызывающей дальнейшие изменения. Мы часто рассматриваем причину и следствие односторонне. Мы говорим, что действие А вызывает результат В. Но такое понимание не полно. Результат В представляет новое состояние системы, изменения которой в будущем повлияют на действие А.

Петли обратных связей определяют действие и изменение в самых различных системах, от простейших до самых сложных. Например, состояние усталости вызывает изменение длительности времени, уделяемого сну, сон изменяет состояние усталости, и новая степень усталости изменяет в дальнейшем время сна. Имеется замкнутая структура петли между действием (процессом сна) и состоянием системы (усталостью), которое, в свою очередь, влияет на действие. Все процессы роста и стабилизации генерируются петлями обратных связей. Примеры, относящиеся к мировой модели, приводятся ниже.

В системе с петлями обратных связей (как это следует из принципов системной структуры) необходимо ввести два типа переменных — уровни и темпы. Уровни — это накопители системы. Темпы — потоки, вызывающие изменение уровней.

Уровень аккумулирует общее количество, являющееся результатом «впадающих» в него темпов, которые прибавляются или вычитаются из уровня. Систем-

ные уровни полностью описывают положение или состояние системы в любой момент времени¹. Банковский баланс — системный уровень; он возникает вследствие накопления «чистой» разницы между денежными потоками «в» и «из». В финансовых отчетах переменные уровни — это те, которые находятся на балансовой «простыне», тогда как прибыль или убыток представляют собой системные темпы. Уровни существуют во всех подсистемах — финансовой, физической, биологической, психологической и экономической. Население, как создающееся в результате аккумуляции «чистой» разности между темпом рождаемости и темпом смертности, должно рассматриваться как уровень мировой системы. Изменение уровней вызывается соответствующими темпами потоков. Темп потока контролируется только одним или несколькими системными уровнями, но не другими темпами. Все системы, которые изменяются во времени, могут быть представлены как конструкции только уровней и темпов. То есть эти два типа переменных не только необходимы, но и достаточны для описания любой системы². Полное разъяснение этих и других структурных принципов и принципов динамического поведения лежит вне рассматриваемой в настоящий момент области исследования, но может быть найдено в работах [2, 3].

¹ То есть в модели Дж. Форрестера считается, что система лишена «памяти»: ее состояние не зависит от предшествующей истории. (Прим. ред.)

² Очень грубое граничное условие для рассматриваемой модели. А для любой системы это просто неверно. По сути, утверждается следующее: динамика системы однозначно описывается значениями функций (уровней) и их производных (темпов потоков) в фиксированный момент времени. Это справедливо только для систем, описываемых гладкими функциями. (Прим. ред.)

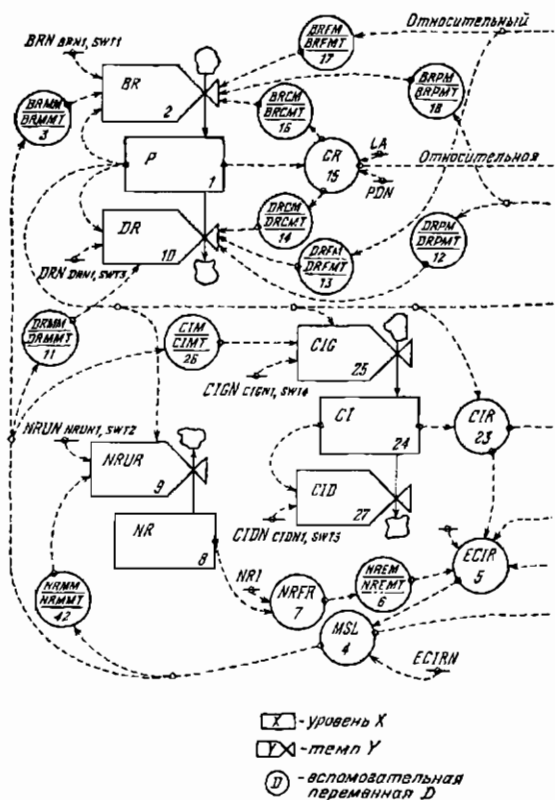
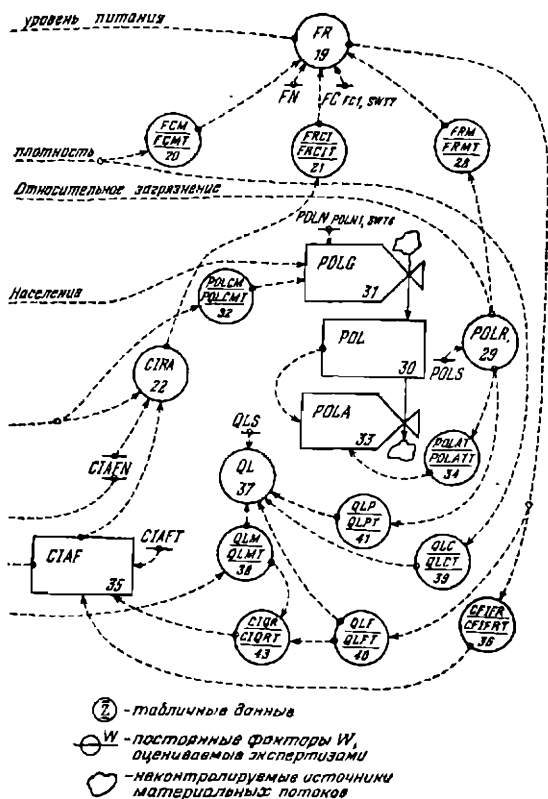


Рис. 2.1. Полная диаграмма мировой модели, взаимосвязывающей пять уровней переменных — население, природные ресурсы, капиталовложения (фонды), часть фондов в сельском хозяйстве и загрязнение. Обозначения:

1 — население; 2 — темп рождаемости; BRN — нормальный темп рождаемости; 3 — множитель зависимости рождаемости от материального уровня жизни; 4 — материальный уровень жизни; 5 — эффективность относительной величины фондов; 6 — множитель зависимости добычи природных ресурсов; 7 — остающаяся часть природных ресурсов; NRI — первоначальные запасы природных ресурсов; 8 — природные ресурсы; 9 — темп



потребления природных ресурсов; *NRUN* — нормальное потребление природных ресурсов; *10* — темп смертности; *DRN* — нормальный темп смертности; *11* — множитель зависимости темпа смертности от материального уровня жизни; *12* — множитель зависимости темпа смертности от загрязнения; *13* — множитель зависимости темпа смертности от питания; *14* — множитель зависимости темпа смертности от плотности; *IS* — относительная плотность; *LA* — площадь земли; *PDN* — нормальная плотность населения; *16* — множитель зависимости темпа рождаемости от плотности; *17* — множитель зависимости темпа рождаемости от питания; *18* — множитель зависимости темпа рождаемости от загрязнения; *19* — относительный уровень

Специалисту по системам необходимо начинать работу с интенсивных дискуссий с группой людей, конкретно знающих систему. Эти люди должны быть активными участниками моделирования социальной системы. Они должны обсуждать проблему, исходя из различных предпосылок и точек зрения, зачастую противоречивых и спорных. Дискуссия должна способствовать хотя бы частичному разрешению спорных вопросов, т. е. представлять процесс, в ходе которого основные предположения должны быть как можно быстрее выявлены.

Во время такой дискуссии специалист по системной динамике собирает информацию, которую затем объе-

питания; *FN* — нормальный уровень питания; *FC* — коэффициент питания; *20* — множитель зависимости производства питания от плотности; *21* — пищевой потенциал фондов; *22* — относительная величина фондов в сельском хозяйстве; *CIAFN* — нормальная часть фондов в сельском хозяйстве; *23* — относительная величина фондов; *24* — капиталовложения (фонды); *25* — генерация фондов; *CIGN* — нормальная генерация фондов; *26* — множитель капиталовложений; *27* — износ фондов; *CIDN* — нормальный износ фондов; *28* — множитель зависимости производства питания от загрязнения; *29* — относительное загрязнение; *POLS* — стандартное загрязнение; *30* — загрязнение; *31* — образование загрязнения; *POLN* — нормальное загрязнение; *32* — множитель зависимости загрязнения от объема фондов; *33* — поглощение загрязнения; *34* — время поглощения загрязнения; *35* — часть фондов в сельском хозяйстве; *CIIFT* — время задержки изменения части фондов в сельском хозяйстве; *36* — предписываемая относительным уровнем питания часть фондов; *37* — качество жизни; *QLS* — стандартное качество жизни; *38* — множитель зависимости качества жизни от материального уровня жизни; *39* — множитель зависимости качества жизни от плотности; *40* — множитель зависимости качества жизни от питания; *41* — множитель зависимости качества жизни от загрязнения; *42* — множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни; *43* — доля капиталовложений в зависимости от качества жизни.

диняет в модель, «схватывающую» самое главное в структуре системы. Одна часть информации описывает причинно-следственные цепочки, другая используется для идентификации системных уровней.

2.1. СИСТЕМНАЯ ДИАГРАММА

Модель, описываемая в этой книге, основывается на моем практическом опыте и на работах других авторов. Эта модель предварительная. Ее цель — поставить вопросы и пробудить интерес к проведению дальнейших работ. Последнее особенно существенно.

В качестве основных уровней, на которых строится структура системы, было выбрано пять:

- население;
- капиталовложения (фонды);
- природные ресурсы;
- часть фондов, вкладываемых в сельское хозяйство;
- загрязнение (уровень загрязнения).

Каждый из этих уровней является основной переменной в основных подсистемах мировой модели. Пять уровней по-разному взаимодействуют друг с другом. Структура в целом показана на рис. 2.1.

На схеме системные уровни изображены прямоугольниками. Каждый уровень увеличивается или уменьшается в зависимости от связанных с ним темпов. Во всех системах уровни изменяются только вследствие темпов потока, а темпы зависят только от системных уровней с помощью схемы информационных связей (сети) — как показано контурными линиями и кружками.

Системная структура состоит только из уровней и темпов. Кружочки на диаграмме — части темповых символов, но отделенные от символа темпа, так как они представляют собой понятия, которые проще описываются отдельно. Неправильной формы «облакообразные» обозначения суть источники или поглотители материальных потоков, лежащие вне системы. Каждый символ на рисунке имеет название, набор букв — аббревиатура названия¹ и номер. Этот номер соответствует номеру уравнения в приложении В и номеру подраздела в главе 3. Аббревиатуры используются в уравнениях главы 3 и приложении В.

В схеме, изображенной на рис. 2.1, любая замкнутая цепочка представляет собой петлю обратной связи. Для ее анализа должен быть выбран путь, позволяющий следовать по направлению стрелок вдоль штриховых информационных линий, но не по направлению стрелок для потоков, контролируемых системными темпами. Некоторые из замкнутых цепей будут, в зависимости от тех или иных обстоятельств, «петлями положительных обратных связей», вызывающими рост в системе. Другие (обычно большинство) будут «петлями отрицательных обратных связей», которые обеспечивают стремление к равновесию.

2.2. ПЕТЛИ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ РОСТ НАСЕЛЕНИЯ

На рис. 2.2 показаны две основные петли, влияющие на численность населения. Верхняя петля определяет темп рождаемости, который увеличивает население.

¹ Сокращения названий при английском варианте написания. (Прим. перев.)

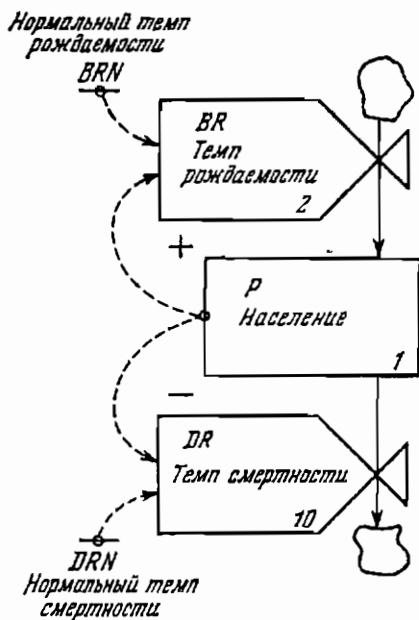


Рис. 2.2. Основные петли обратных связей в секторе населения.

Нижняя петля определяет темп смертности, уменьшающий население. Здесь темп рождаемости и темп смертности определяются количеством людей, родившихся и умерших за год. Они определяют общий темп изменения численности населения. Коэффициенты BRN и DRN¹ эквивалентны обычно используемым терминам «коэффициент рождаемости» и «коэффициент смертности» и представляют собой отношения числа родившихся и умерших за год к общей численности населения. Например, чтобы определить темп рождаемости BR, величина BRN, равная 0.04², умножается на численность населения. То есть при нормальных условиях за счет рождаемости население каждый год увеличивается на 4%. Но в то же самое время коэффициент DRN равен 0.028, что означает уменьшение численности населения в год на 2.8% вследствие смертности. Разность этих величин и есть чистый прирост населения (на 1,2% в год). Эти темпы называются «нормальными» потому, что они соответствуют стандартной системе мировых условий, когда величины уровня питания, материального уровня жизни, плотности и загрязнения соответствуют своим «стандартным» значениям. Однако эта же система переменных при других численных значениях может вызвать рост или падение темпов рождаемости и смертности по сравнению с их нормальными значениями. Влияние жизненных условий в мировой системе описывается посредством «множителей», которые увеличивают или

¹ BRN — нормальный темп рождаемости, DRN — нормальный темп смертности, BR — темп рождаемости. (Прим. перев.)

² В демографии обычно коэффициенты рождаемости и смертности выражаются в промилле, т. е. 40‰ означает 40 новорожденных за год на 1000 человек населения. (Прим. Н. М.)

уменьшают нормальные темпы системы в зависимости от того, насколько благоприятно или неблагоприятно их воздействие в данный конкретный момент времени. Изменение этих множителей, отражающих текущее состояние мировой системы (уровень питания, материальный уровень жизни, плотность населения и уровень загрязнений), может вызывать рост населения, его стабилизацию или уменьшение.

Петля рождаемости на рис. 2.2 — положительная обратная связь, вызывающая рост населения. Увеличение населения P вызывает, через информационную связь (штриховая линия), рост темпа рождаемости BR (число людей, родившихся в системе в течение года), который, в свою очередь, увеличивает население P . Население увеличивает темп рождаемости, который вызывает рост населения, и тем самым удовлетворяются критерии положительной обратной связи. Если бы не было сдерживающих сил, то население экспоненциально возрастало бы за счет влияния положительных обратных связей. Но петля смертности — отрицательная. Когда население растет, количество умирающих в год также возрастает. Увеличение населения P (посредством информационной связи) увеличивает темп смертности DR и уменьшает население P ¹.

Положительная петля рождаемости описывает экспоненциальный рост, и если бы не было смертности, она вызвала бы увеличение роста населения (как показано

¹ Речь идет о том, что в нулевом приближении демографическое уравнение имеет вид $dN/dt = (b - d)N$, где N — текущая численность населения, b — рождаемость (в модели — BRN), d — смертность (в модели — DRN). Решение этого уравнения экспоненциально: $N = N(0) \exp \exp((b - d)t)$. (Прим. ред.)

на рис. 1.2). Если бы не было рождений, петля отрицательной обратной связи для темпа смертности вызвала бы стремящееся к равновесию поведение системы, уменьшающее население вплоть до нуля. Взятые вместе, обе петли могут описывать и экспоненциальный рост и уменьшение до нуля в зависимости от того, какой эффект сильнее. Как мы увидим, многие другие связи в системе обуславливают движение к равновесию с ненулевым населением за счет роста темпа рождаемости одновременно с понижением темпа смертности. Когда вся система находится в равновесии, население должно быть постоянной величиной, и это равновесие должно поддерживаться за счет противоположно действующих системно-индуцированных механизмов регуляции темпов рождаемости и смертности¹.

¹ Сразу заметим, что возможны три версии такого равновесия. Во-первых, теоретически мыслима ситуация, когда $b = d = \text{const}$ (например, рождаемость всегда поддерживается чуть выше естественной смертности, но при этом излишки населения уничтожаются — версия, описанная в ряде фантастических произведений). Во-вторых, вероятны колебательные решения: в нулевом приближении $N = N(0)\sin(\omega t)$, где ω — круговая частота колебаний, обычно порядка среднего срока жизни поколения. Такая динамика (дальнейший анализ приводит к более сложным соотношениям и ангармоническим колебаниям, но не влияет на общий характер поведения системы) характерна для отношений «хищник—жертва» в природных биоценозах. Наконец, существует логистическое решение: $N = N(0)/[1 - \exp(ct)]$, где $c = \text{const}$, отражающее медленное стремление снизу к «уровню насыщения». (Прим. ред.)

2.3. ПЕТЛИ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ (ФОНДОВ)

На рис. 2.3 изображены две петли обратных связей, которые описывают регулирующие воздействия на капиталовложения (фонды). Одна из петель — положительная, другая — отрицательная. Генерация капиталовложений (фондов) CIG зависит от численности населения P и нормальной генерации капиталовложений $CIGN$, являющейся количеством единиц фондов на душу населения, производимых при нормальном значении материального уровня жизни. Но множитель капиталовложений CIM изменяет такой нормальный темп создания фондов. При очень низких значениях материального уровня жизни мотивы для потребления всей создаваемой продукции столь сильны, что накопление капитала может быть очень мало. Способность создавать новые ценности увеличивается, когда растет количество единиц фондов на душу населения¹. Однако при очень высоких значениях относительной величины фондов на душу населения падают потребности и стимулы к еще большему увеличению материального уровня жизни, и темп создания новых материальных ценностей не увеличивается больше с ростом капитала (фондов).

Исследуя положительную петлю на рис. 2.3, мы видим, что увеличение капиталовложений (фондов) CI повышает следующие значения:

- относительную величину фондов CIR , определяемую количеством единиц фондов на душу населения;

¹ В экономической литературе часто используется термин «фондовооруженность» (см. ниже CIR). (Прим. Н. М.)

- эффективность относительной величины фондов ECIR;
- материальный уровень жизни MSL;
- множитель капиталовложений CIM;
- генерацию капиталовложений CIG;
- капиталовложения (фонды) CI.

Поскольку это усиливает рост, то по своему характеру эта петля — положительная обратная связь, т. е. капитал порождает капитал¹. Но, как уже говорилось, множитель капиталовложений CIM перестает расти при высоких значениях уровня фондов. Такое состояние может достигаться, когда рост положительной обратной связи снижается настолько, что не способен более компенсировать темп износа, генерируемый петлей отрицательной обратной связи, включающей фонды CI и темп износа фондов CID. В отрицательной петле нормальный износ фондов CIDN имеет значение 0.025 и задает ту часть фондов, которая изнашивается и устраняется из «активных» фондов за год. Это составляет 2.5% износа фондов за год и эквивалентно средней длительности «жизни» фондов в 40 лет. Эти величины более подробно обсуждаются в разделе 3.25.

¹ Заметим, что это рассуждение заведомо неверно для доиндустриального общества. Совершенно неясен его статус в обществе постиндустриальном (когнитивном). Известно, что с конца 1970-х годов производительность капитала начала падать, а в настоящее время резкий рост золотовалютных резервов всех крупнейших индустриальных стран мира вкупе с продолжительным падением основных индексов экономической активности свидетельствует о кризисе ликвидности капитала. (Прим. ред.)

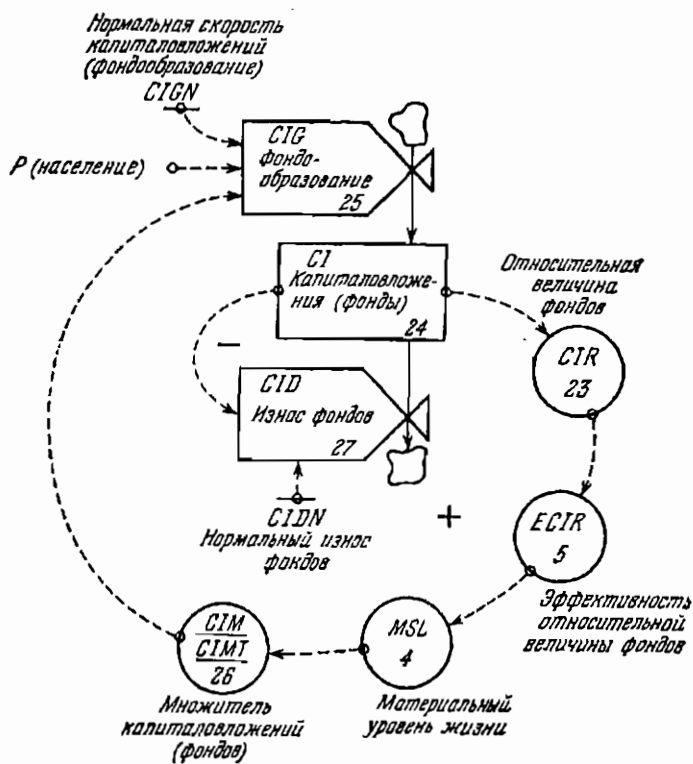


Рис. 2.3. Петля положительной обратной связи, в которой капитал производит капитал, и петля отрицательной обратной связи, в которой капитал (фонды) изнашивается и удаляется.

2.4. ПЕТЛИ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Как показано на рис. 2.4, еще одна петля положительной обратной связи (вместе с отрицательной петлей) существует в секторе загрязнения. Отрицательная обратная связь представляет собой основной процесс разложения загрязнения. Чем выше уровень загрязнения в некоторый момент времени, тем большее его количество может разлагаться в единицу времени — до тех пор пока уровень загрязнения не возрастет настолько, что будет разрушать природные процессы самоочищения.

Итак, увеличение загрязнения способствует ускорению разложения загрязнения POLA, понижающему уровень загрязнения. Обратный эффект определяет отрицательную обратную связь. Такое простое описание процесса предполагает, что постоянная времени разложения загрязнения остается неизменной. (При другом определении параметров можно говорить о времени полураспада, которое представляет собой то же понятие). Но положительная петля определяет время, необходимое для разложения некоторого фиксированного количества загрязнения любого типа. Здесь временная постоянная сама зависит от величины загрязнения. Когда загрязнение невелико, оно может разлагаться быстро. Но возрастающее загрязнение «портит» и замедляет процессы самоочистки и тем самым увеличивает значение постоянной времени разложения. Другими словами, время полураспада меняется, а не постоянно, как, например, при спонтан-

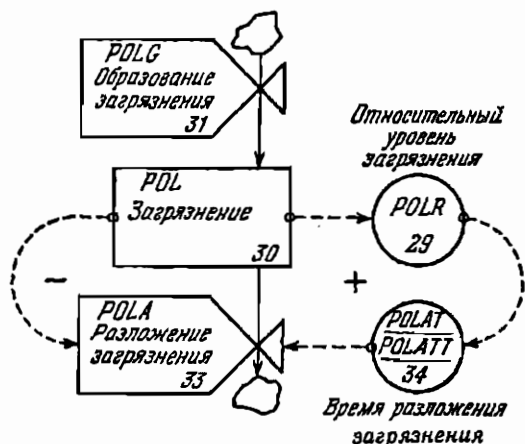


Рис. 2.4. Петля отрицательной обратной связи, регулирующая поглощение загрязнения, и петля положительной обратной связи, вызывающая накопление загрязнения.

ном атомном распаде¹. Предположим, что с некоторой постоянной скоростью в системе происходит «образование загрязнения» POLG. Тогда, как видно из положительной петли на рис. 2.4, при увеличении загрязнения POL возрастает относительный уровень загрязнения POLR и увеличивается время разложения загрязнения POLAT. Все это понижает темп разложения загрязнения POLA и вызывает увеличение загрязнения POL. Итак, увеличения загрязнения вызывает еще

¹ Самопроизвольный (спонтанный) распад атомных ядер характеризуется обычно периодом полураспада, равным времени, в течение которого распадается половина исходного количества вещества. (Прим. Н. М.)

больший его рост, что и определяет петлю положительной обратной связи. Объединение двух петель может давать либо отрицательный, либо положительный эффект в зависимости от величины загрязнения. Крупномасштабные катастрофы (загрязнения), возникающие в некоторых машинных экспериментах главы 4, вызываются кумулятивным эффектом положительной обратной связи, проявляющимся в случае, когда общее загрязнение становится настолько большим, что подавляет природные процессы самоочищения¹.

2.5. ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ НА ЕГО РОСТ

Пара петель отрицательных обратных связей на рис. 2.5 демонстрирует взаимосвязь численности населения с величиной максимально допустимой его плотности. Конеч-

¹ Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что в природе нет никаких процессов самоочищения, а есть процессы утилизации загрязнений. Для очень многих биологических видов нефтяные пятна — это яд, но для каких-то они могут стать ресурсом. И чем больше нефтяных пятен будет на поверхности земли, тем больше равновесие будет сдвигаться в сторону таких видов. Другой вопрос, что по общесистемным закономерностям эти виды будут преимущественно вредны для человека (закон «стрелы Аримана», описанный И. Ефремовым). Так что загрязнение среды действительно будет оказывать отрицательное воздействие на человеческую популяцию, но не прямо, а опосредованно — через возникновение / распространение преимущественно вредных для человека биологических видов (в том числе микроорганизмов). (Прим. ред.)

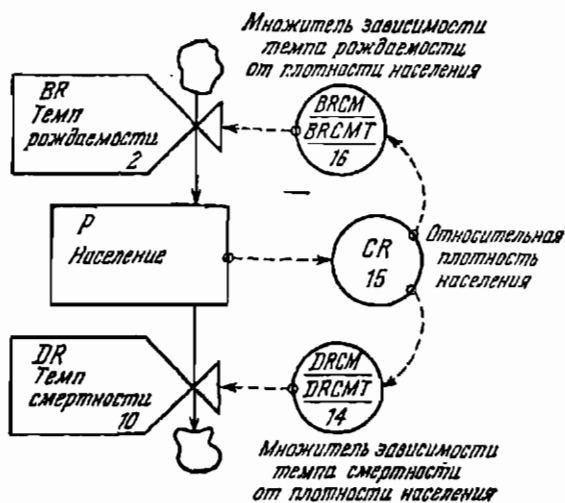


Рис. 2.5. Петли отрицательной обратной связи, обеспечивающие стабилизацию населения на уровне максимальной психологически допустимой плотности.

но, основные петли, изображенные на рис. 2.2, существуют и «работают». Связи, показанные на рис. 2.5, влияют на нормальные значения темпов рождаемости и смертности. Здесь в верхней петле при росте населения P увеличивается его относительная плотность CR , множитель зависимости темпа рождаемости от плотности $BRCM$ уменьшается, темп рождаемости BR понижается и население P убывает. Аналогично в нижней петле при увеличении населения P возрастает его относительная плотность CR , множитель зависимости темпа смертности от плотности населения $DRCM$ увеличивается, темп смертности DR растет и это уменьшает численность населения P . Двойной эффект — уменьшение темпа

рождаемости и возрастание темпа смертности — может быть мощным средством стабилизации населения на уровне его максимально допустимой плотности.

Если в отрицательной петле обратной связи имеется более одной переменной (уровня), то могут возникать колебания и неустойчивые состояния. Такие уровни обычно существуют. Поэтому, видимо, более совершенная модель должна иметь дополнительные переменные, кроме тех, которые показаны на рис. 2.5. Это может быть уровень напряженности в мире или уровень агрессивности. Введение таких переменных вывело бы численность населения из области устойчивого равновесия. Такие дополнительные переменные (уровни) могут вызвать перенаселение и коллапс (крушение) вместо постепенной стабилизации на уровне максимально допустимой плотности населения.

2.6. ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПИЩЕЙ НА РОСТ НАСЕЛЕНИЯ

Рис. 2.6 демонстрирует две петли отрицательных обратных связей, регулирующих численность населения в соответствии с капиталовложениями, фондами и пищевыми ресурсами и, тем самым, с уровнем обеспеченности пищей. Во внешней петле при росте населения P относительная величина фондов (фондовооруженность) CIR уменьшается, и, следовательно, уменьшаются относительная величина фондов в сельском хозяйстве $CIRA$, пищевой потенциал фондов (на человека) $FPCI$, относительный уровень питания FR , множитель зависимости темпа рождаемости от уровня питания $BRFM$, темп рождаемости BR , и все это ведет к умень-

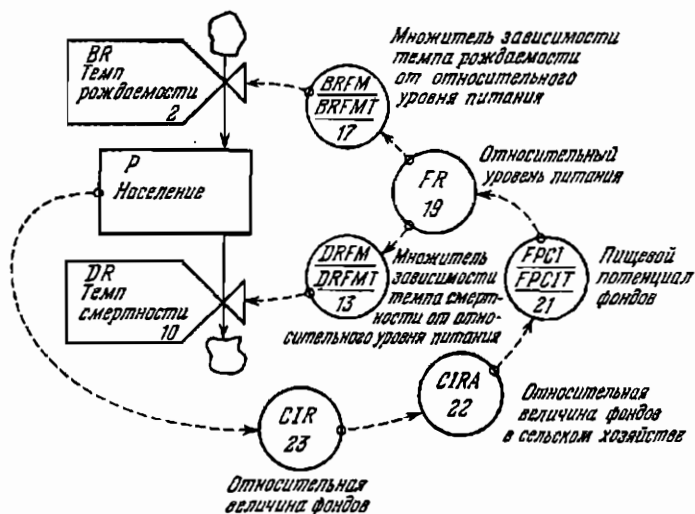


Рис. 2.6. Петли отрицательной обратной связи, устанавливающие численность населения на максимальном уровне, который может обеспечить производство продуктов питания.

шению населения P . Следовательно, рост населения в конечном счете оказывает негативное воздействие на его численность. Отрицательная обратная связь определяет темп рождаемости таким образом, что численность населения всегда находится в соответствии с обеспеченностью пищей. Во внутренней петле с ростом населения P уменьшаются фондовооруженность CIR , относительная величина фондов в сельском хозяйстве $CIRA$, пищевой потенциал фондов (на человека) $FPCI$, относительный уровень питания FR и увеличиваются множитель зависимости темпа смертности от уровня питания $DRFM$ и темп смертности DR , что вызывает уменьшение численности населения. И снова рост населения

определяется петлей отрицательной обратной связи. Эта петля за счет увеличения темпа смертности и уменьшения количества пищи на душу населения также регулирует численность населения в соответствии с уровнем обеспеченности пищей.

С другой стороны (см. рис. 2.1), рост населения P (за счет увеличения относительной плотности населения CR) приводит к уменьшению площади земли, пригодной для сельского хозяйства (что и учитывается множителем зависимости производства питания от плотности населения FCM), и снижению относительного уровня питания FR . Затем, как показано на рис. 2.6, темп рождаемости понижается, а темп смертности повышается за счет множителей $BRFM$ и $DRFM$.

Таким образом, увеличение плотности населения воздействует на само население как непосредственно, через психологические факторы (см. рис. 2.5), так и неявно, через обеспеченность пищей (см. рис. 1.3—1.5).

2.7. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА РОСТ НАСЕЛЕНИЯ

В условиях сильного загрязнения и высокой относительной величины фондов на душу населения загрязнение становится мощным регулятором численности населения за счет обратных связей, представленных на рис. 2.7. Увеличение населения P усиливает процесс образования загрязнения $POLG$, увеличивает уровень загрязнения POL и относительное загрязнение $POLR$. Благодаря множителям $BRPM$ и $DRPM$ увеличивающееся загрязнение снижает темп рождаемости, уменьшая тем самым численность населения, и увеличивает темп

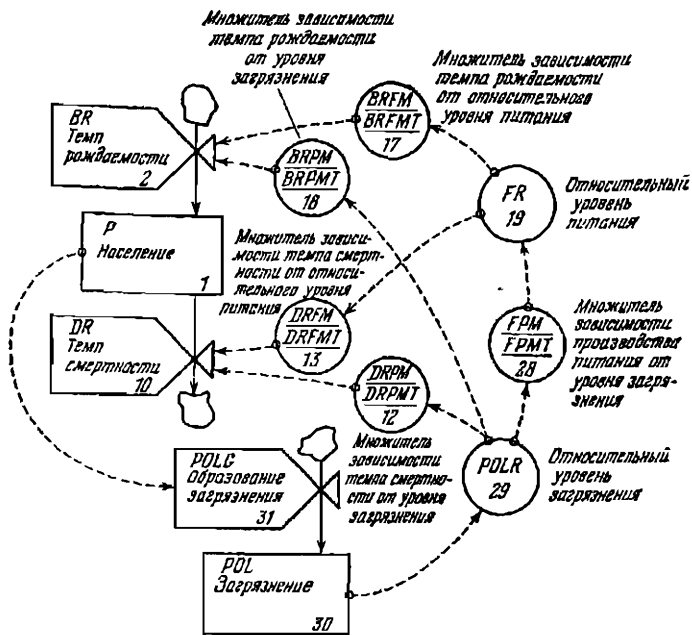


Рис. 2.7. Петли отрицательной обратной связи, обеспечивающие стабилизацию численности населения на том уровне, который определяется загрязнением.

смертности, также уменьшая численность населения¹. В то же время возрастающее относительное загрязнение POLR понижает величину множителя зависимости производства продуктов питания от уровня загрязнения FPM, снижает относительный уровень питания FR и (через множитель BRFM) уменьшает темп рождаемости BR и численность населения P. Аналогично посредством множителя DRFM падение относительного уровня питания увеличивает темп смертности DR, уменьшая численность населения. Влияние загрязнения на рост населения, вероятно, не имело существенного значения в прошлом. Но сведения об уменьшении длительности жизни при долговременном пребывании в загрязненной среде и об увеличении смертности в периоды внезапных кратковременных повышений уровня загрязнения наводят на мысль, что эти связи начинают играть все большую роль. В будущем, если население и фонды будут непрерывно возрастать, эти факторы могут стать доминирующими².

¹ Вполне понятно, каким образом увеличение загрязнения среды повышает смертность. Но вот с чего бы ему понижать рождаемость? Впрочем, значения для модели это не имеет, поскольку в динамические соотношения входит только естественный прирост, равный разности рождаемости и смертности. (Прим. ред.)

² Заметим, что автор заложил в модель необычайно сильную зависимость демографических параметров от уровня загрязнения, включив его в две независимые петли обратной связи, по крайней мере одна из которых совершенно неочевидна. Во всяком случае, нет никаких оснований считать, что очень высокое локальное загрязнение, характерное для средневековых городов, уменьшало в этих городах рождаемость (хотя смертность оно действительно увеличивало — через механизм эпидемий). (Прим. ред.)

2.8. ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОВ НА РОСТ НАСЕЛЕНИЯ

На рис. 2.8 показаны петли обратных связей, обуславливающие взаимодействия населения и природных ресурсов. В этих связях растущее население использует природные ресурсы до тех пор, пока падение материального уровня жизни не вызовет очередного уменьшения численности населения. Если население растет, то темп потребления природных ресурсов $NRUR$ повышается, что приводит к истощению природных ресурсов NR , их запасы $NRFR$ уменьшаются и множитель зависимости добычи природных ресурсов $NREM$ также уменьшается. Это, в свою очередь, понижает эффективность относительной величины фондов $ECIR$ и материальный уровень жизни MSL . Падение материального уровня жизни MSL вызывает увеличение множителя зависимости темпа рождаемости от материального уровня жизни $BRMM$ и повышение темпа рождаемости BR ; но это увеличение компенсируется ростом множителя зависимости темпа смертности от материального уровня жизни $DRMM$, который увеличивает темп смертности DR и уменьшает численность населения P . Здесь одна из петель — положительная, а другая — отрицательная.

Положительная петля обратной связи на рис. 2.3 и петля отрицательной обратной связи на рис. 2.8 имеют общую точку — эффективность относительной величины фондов $ECIR$. И именно здесь существует возможность затормозить и даже остановить рост, вызываемый положительной обратной связью на рис. 2.3. Истощение природных ресурсов NR (на рис. 2.8) снижает эффективность относительной величины фондов $ECIR$.

Множитель зависимости
темпа рождаемости
от материального
уровня жизни

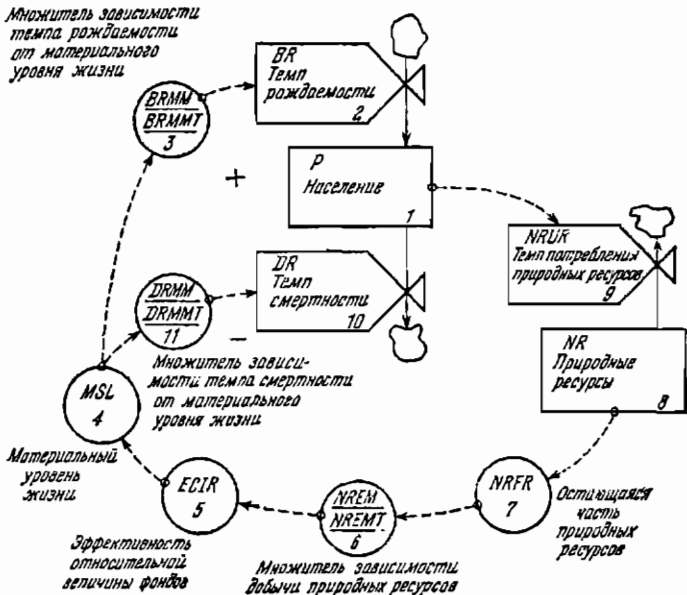


Рис. 2.8. Петли отрицательной обратной связи, обеспечивающие стабилизацию населения на уровне самой высокой численности, которую могут обеспечить природные ресурсы.

На рис. 2.3 понижение эффективности относительной величины фондов вызывает ослабление процесса фонды — продукция — фонды до тех пор, пока процесс образования фондов уже не будет более перекрывать их износ (описываемый отрицательной обратной связью фондов CI и износа фондов CID). Благодаря общим объединяющим точкам, таким как $ECIR$, петли отрицательных обратных связей системы способны подавить механизмы роста¹.

Другие петли обратных связей могут быть прослежены по схеме на рис. 2.1. Схемы на рис. 2.2—2.8 иллюстрируют основные динамические структуры, вызывающие то поведение системы, которое будет исследоваться в главах 4, 5 и 6.

¹ Это иллюстрируется взаимодействием положительных и отрицательных обратных связей [4] и прекращением роста урбанизации вследствие процесса потребления земли [5].
(Прим. автора.)

3. МИРОВАЯ МОДЕЛЬ: СТРУКТУРА И ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

Обращение к читателю: эта глава содержит больше технических подробностей, чем другие. И все же каждому следует прочитать ее, чтобы в полной мере представлять себе те предположения, из которых следуют выводы в главах 4, 5 и 6. Структура мировой модели дается здесь в двух эквивалентных формах—текстовой (вербальной) и в виде уравнений. Те из читателей, кто недостаточно хорошо знаком с математической формой записи, могут по желанию опустить уравнения, приводимые в конце каждого подраздела. Если же они хотят ознакомиться с уравнениями, то они должны предварительно ознакомиться с приложением А.

В этой главе обсуждаются предположения мировой модели, схема которой изображена на рис. 2.1. Каждый символ представляет собой концепцию или зависимость, которые всегда можно обнаружить в мысленной модели соответствующей части мировой системы. Формальная модель, изображенная на этом рисунке, представляет собой некую теорию строения мировой модели. Выбор именно такой структуры модели означает, что включенные в нее взаимосвязи нам кажутся более важными, а опущенные — менее и что взаимодействия в реальном мире могут быть представлены так, как это описывается в модели.

Так как машинная модель должна быть полностью определена, она лишает теорию всякой двусмысленности. Основные предпосылки сформулированной теории становятся явными, они могут критиковаться и сравниваться с предпосылками альтернативных теорий. Полученные численные результаты могут быть, в свою очередь, использованы для исправления и совершенствования первоначальных предположений.

Теория, оформленная в виде машинной модели, может быть проверена и верифицирована гораздо большим числом способов, чем вербальная теория¹. Поскольку входящие в модель предположения формулируются более четко, то их значительно легче сопоставить с имеющейся в нашем распоряжении информацией. А так как динамические выводы получаются путем машинного моделирования, то поведение модели можно сравнивать с поведением самой реальной системы.

Разделы данной главы соответствуют обозначениям и номерам уравнений в модели на рис. 2.1.

Общее описание системы было дано в главе 2, а ниже следует более детальное описание. Читатель должен оценить правдоподобность используемых предположений и зависимостей. В случае же каких-либо сомнений он должен проверить свои альтернативные гипотезы, меняя изложенные здесь предположения для того, чтобы установить, изменение каких предположений приведет к существенным изменениям в поведении системы. Мы очень заинтересованы в установлении возможных траекторий поведения мировой системы. Но прежде чем обосновывать каждую из них большим количеством индивидуальных предположений, нам следует

¹ Любая теория проверяется единственным способом — сравнением с практикой. (Прим. ред.)

хотя бы в общих чертах рассмотреть поведение системы в целом. При оценке модели системы можно проанализировать ее чувствительность к выбору различных предположений и установить, какие из них особенно важны, а какие нуждаются в уточнении. Быстрого прогресса можно добиться, используя итеративную процедуру, в ходе которой создается приближенная модель, затем исследуется поведение описываемой системы и, наконец, уточняются исходные гипотезы. Предлагаемая читателю книга представляет собой первую подобную итерацию, что распространяется в равной мере и на представленную методологию, и на совокупность заключений. Вторая итерация, заключающаяся, в основном, в проверке и усовершенствовании модели, осуществляется в настоящий момент. По мере усиления интереса к роли человека в мировой экологической системе, вероятно, последуют новые перепроверки и усовершенствование модели¹.

В данной модели при определении значений констант (коэффициентов) и переменных в качестве точек отсчета берутся условия 1970 г., т. е. состояние мировой системы описывается по отношению к ее состоянию в 1970 г.

3.1. НАСЕЛЕНИЕ Р

Население на рис. 2.1 представляет собой переменный уровень системы. Уровнем системы характеризуется процесс аккумуляции. Говоря языком математики, это процесс интегрирования. Население в любой момент

¹ Но, что характерно, последующие итерации оказались менее содержательными, нежели исходная модель. (Прим. ред.)

времени вычисляется как население в предшествующий момент времени плюс население, которое добавляется за счет темпа рождаемости в охватываемый период, минус население, убывающее за счет темпа смертности. Уравнения уровней представляют собой вычислительные процедуры, разворачивающиеся в сторону возрастания времени¹, увеличивающие или уменьшающие (в соответствии с темпами потоков) значение одной из величин, характеризующих накопление в системе. Если переменные уровни заданы, то по ним могут быть вычислены переменные темпы системы. Таким образом, чтобы привести систему в действие, необходимо знать только значения переменных уровней. Уровни определяют «память» системы и обеспечивают непрерывность связи прошлого с будущим. Начальные значения должны быть заданы для каждой уровневой переменной системы. Здесь для мировой модели начальные значения берутся в 1900 г. Численность населения в 1900 г. составляла 1.65 млрд человек.

$$\begin{array}{ll}
 P.K=P.J+(DT)(BR.JK-DR.JK) & 1, L^2 \\
 P=PI & 1.1, N \\
 PI=1.65E9 & 1.2, C
 \end{array}$$

- P — население (чел.);
 BR — темп рождаемости (чел./год);
 DR — темп смертности (чел./год);
 PI — население, начальное значение (чел.).

¹ То есть значения переменных в предшествующие моменты времени могут встречаться только в правых частях уравнений. (Прим. Н. М.)

² Предыдущие моменты времени обозначаются в языке DYNAMO символом J (или JK, если соответствующая величина является темпом). Эти величины могут встречаться только в правых частях уравнений. Последующие моменты

3.2. ТЕМП РОЖДАЕМОСТИ BR

Темп рождаемости представляет собой составную часть петли положительной обратной связи, показанной на рис. 2.2. Основной (базисный) темп рождаемости зависит от численности населения P и значения нормального темпа рождаемости BRN . Темп рождаемости BR , как он определяется здесь, есть темп увеличения населения. Он измеряется количеством родившихся за год. В демографии «темп рождаемости» чаще определяется как рождаемость (в процентах от численности населения) и более соответствует определению парамет-

времени обозначаются символом K (или KL для темпов). Поэтому символы P , K означают население в следующий момент времени, P , J — в предыдущий, а темпы BR и DR вычисляются на интервале JK . Символ (DT) означает временной шаг моделирования.

Уравнения для определения новых значений уровней помечаются справа буквой L , для вспомогательных переменных — буквой A , для определения темпов — буквой R , для присваивания начальных значений — буквой N и для присваивания значений константам — буквой C . Кроме того, имеются уравнения, предназначенные для занесения в память массивов информации. Они помечены буквой T . Здесь уравнение l — уравнение уровня L , $l.1$ — присваивания начального значения N , $l.2$ — присваивания значения константе C . (Прим. Н. М.)

«Все страньше и страньше» — как говорила кэрролловская Алиса. До сих пор речь шла о классических дифференциальных уравнениях и непрерывном времени. Теперь в уравнениях появляется итерационное пошаговое время, но в текстовой части это не оговаривается. Впрочем, может быть, речь идет просто о шаге переменной при приближенном вычислении интеграла. (Прим. ред.)

ра «нормальный темп рождаемости» BRN, используемому здесь. Базисный темп рождаемости есть тогда население P , умноженное на нормальный темп рождаемости BRN; BRN измеряется в единицах «люди за год на человека» или как относительная ежегодная прибавка населения за счет рождаемости.

Однако реальный темп рождаемости зависит и от условий в других частях мировой системы, в частности от фондов и природных ресурсов, поскольку эти переменные влияют на материальный уровень жизни, плотность населения, обеспеченность пищей и уровень загрязнения. Такого рода влияния со стороны других частей системы вводятся множителями, которые модифицируют базисный темп рождаемости. При нормальных условиях, которые при сравнении принимаются за отправную точку, множители не должны изменять базисный темп рождаемости, т. е. они равны 1. Если условия оказываются более благоприятными, чем нормальные, то множитель должен быть больше 1. Если состояние какой-либо части системы менее благоприятно, чем при нормальных условиях, то соответствующий множитель должен быть меньше единицы.

За нормальные условия в данной модели были приняты условия, существовавшие в мире в 1970 г. Иными словами, множители системы имеют значение 1 всегда, когда значения уровней системы (население, капитал (фонды), природные ресурсы, фонды в сельском хозяйстве, загрязнение) совпадают с их значениями в 1970 г.¹

¹ Чрезвычайно интересная ситуация: сейчас мы знаем, что именно в 1970-м году основные характеристики «мировой системы» начали резко меняться (происходил переход от века мировых войн к веку посттоталитарных демократий, что сопровождалось отказом от геополитического дискурса в пользу геоэкономического). Может быть, высокая эвристическая ценность модели тем и определялась, что в

Реальный темп рождаемости есть, таким образом, темп рождаемости (определяемый произведением численности населения P и нормального темпа рождаемости BRN), умноженный на произведение следующих множителей: множитель зависимости темпа рождаемости от материального уровня жизни $BRMM$; множитель зависимости темпа рождаемости от плотности населения $BRCM$; множитель зависимости темпа рождаемости от уровня питания $BRFM$; множитель зависимости темпа рождаемости от загрязнения $BRPM$.

Для определения темпа рождаемости необходимо оценить значение коэффициента BRN . Нормальный темп рождаемости BRN в модели не эквивалентен демографической «рождаемости на тысячу населения», если только все множители зависимости темпа рождаемости не равны 1. Вообще говоря, множители не будут равны 1 и поэтому BRN не есть непосредственно количество рождений на тысячу населения. Однако если предположить, что множители имеют значения 1, то можно оценить некоторую область разумных значений BRN и нормального темпа смертности DRN . Полагая, что население мира в 1900 г. составляло 1.6 млрд, а в 1970 г. — 3.6 млрд, совокупный темп роста равен в среднем 1.2% за год. Это есть разность между темпом рождаемости и темпом смертности, которую мы будем понимать как разность между параметрами BRN и DRN . Значения 0.04 для BRN и 0.028 для DRN удовлетворяют такому среднему темпу роста и совпадают с демографическими данными для первых трех четвертей текущего столетия. Нормальный темп смертности DRN ,

качестве стартовой была выбрана точка бифуркации, заключающая в себе множество альтернативных смыслов. В более поздних моделях начальные условия были более гладкими, вследствие чего и результаты оказывались менее содержательными. (Прим. ред.)

равный 0.028, означает, что средняя ожидаемая продолжительность жизни для новорожденных равна 36 годам (включая детскую смертность).

Значения, выбираемые для таких коэффициентов, как BRN и DRN, нет смысла критиковать, поскольку они лежат в разумных границах. Петли обратных связей, описанные в главе 2, осуществляют регулирование действительных значений темпов рождаемости и смертности в изменяющихся мировых условиях и компенсируют в более широких масштабах изменения в значениях «нормальных» коэффициентов. Эта нечувствительность модели по отношению к величинам BRN и DRN будет продемонстрирована в главе 5.

$$\begin{aligned} BR.KL &= (P.K) (CLIP) (BRN, BRN1, SWT1, TIME.K) \times \\ &\quad \times (BRFM.K)(BRMM.K)(BRCM.K)(BRPM.K) \quad 2, R \\ BRN &= .04 \quad 2.2, C \\ BRN1 &= .04 \quad 2.3, C \\ SWT1 &= 1970 \quad 2.4, C \end{aligned}$$

- BR — темп рождаемости (чел./год);
 P — население (чел.);
 CLIP — логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значения параметра¹;
 BRN — нормальный темп рождаемости (часть/год);
 BRN1 — нормальный темп рождаемости № 1 (часть/год);
 SWT1 — время переключения № 1 для BRN (год);
 TIME — текущее время (год);
 BRFM — множитель зависимости темпа рождаемости от уровня питания;

¹ Функция CLIP определяется следующей формулой:

$$CLIP(a, b, c, d) = \begin{cases} a, & \text{если } c \geq d, \\ b, & \text{если } c < d. \end{cases}$$

Таким образом, до 1970 г. имеет место темп рождаемости BRN, а после 1970 г. — BRN1. (Прим. Н. М.)

- BRMM — множитель зависимости темпа рождаемости от материального уровня жизни;
- BRCM — множитель зависимости темпа рождаемости от плотности населения;
- BRPM — множитель зависимости темпа рождаемости от загрязнения.

3.3. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА РОЖДАЕМОСТИ ОТ МАТЕРИАЛЬНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ BRMM

Этот множитель модифицирует темп рождаемости в зависимости от изменений в материальном уровне жизни. Зависимость, выбранная в модели, представлена на рис. 3.1. Выбор значения материального уровня жизни MSL, равного 1, означает, что агрегированное по всему миру количество промышленных товаров на душу населения равно среднему мировому значению в 1970 г., что определяет значение BRMM, равное 1. Вид оставшейся части кривой по обе стороны от этой точки зависит от наших предположений о том, как будет изменяться темп рождаемости при изменении материального уровня жизни. Материальный уровень жизни включает в себя и здоровье населения, и уровень медицинского обслуживания, и санитарные удобства, и все другие достижения цивилизации. Поэтому с ростом материального уровня жизни темпы рождаемости и смертности уменьшаются и частично компенсируют друг друга. В результате изменение числа выживающих детей на семью оказывается менее заметным, чем изменения темпов рождаемости и смертности. Зависи-

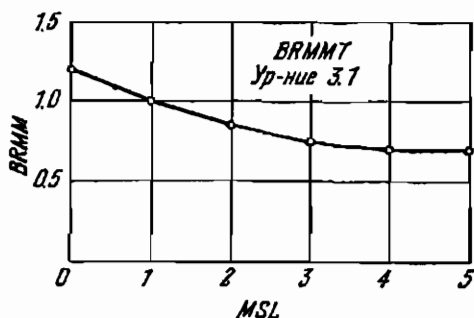


Рис. 3.1. Множитель зависимости темпа рождаемости от материального уровня жизни.

мость, представленная на рис. 3.1, демонстрирует эффект только одного системного «входа» — влияние материального уровня жизни на темп рождаемости. Зависимость легко интерпретируется в предположении, что все другие системные условия, исключая материальный уровень жизни, остаются постоянными, т. е. учитывается влияние только одного фактора. Конечно, в реальной системе изменяющийся темп роста должен был вызвать перемены во всей системе. Но если уровень питания на душу населения, загрязнение и плотность населения не изменялись бы, а варьировался бы один только материальный уровень жизни, то рис. 3.1 описывал бы последствия этого изменения для темпа рождаемости.

$$BRMM.K = TABHL (BRMMT, MSL.K, 0, 5, 1)$$

3, A

$$BRMMT = 1.2 / 1.85 / .75 / .7 / .7$$

3.1, T

BRMM — множитель зависимости темпа рождаемости от материального уровня жизни;

- TABNL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией¹;
- BRMMT — таблично задаваемый множитель зависимости темпа рождаемости от материального уровня жизни;
- MSL — материальный уровень жизни.

Зависимости типа рис. 3.1, по-видимому, характерны для реальных систем. Чтобы установить, сколь существенно их влияние в петлях регулирующих обратных связей, мы должны включать их в модели реальных систем (если они показывают реалистичное поведение). Однако бесспорные сведения о таких зависимостях редко бывают в нашем распоряжении. Оценки могут базироваться только на фрагментарной информации и на рассуждениях о вероятном поведении параметров в экстремальных условиях.

Рассмотрим очень низкий в мировом масштабе материальный уровень жизни, соответствующий левой границе на рис. 3.1. Каким окажется средний темп рождаемости, если среднемировой материальный уровень жизни упадет почти до нуля? Для трех четвертей мирового населения это могло бы означать лишь незначи-

¹ Смысл аргументов функции TABNL следующий: BRMMT — название таблицы некоторой функции, заложенной в памяти машины (уравнение 3.1, T, где табличные значения перечислены в правой части уравнения), MSL.K — значение входа в таблицу, т. е. аргумент, для которого нужно определить значение BRMM; следующие аргументы (0 и 5) определяют границы изменения входной переменной (MSL). Последний аргумент (1) определяет шаг таблицы. Если значение аргумента не совпадает ни с одним из узлов таблицы, то значение функции вычисляется с помощью линейной интерполяции. Аргументам, выходящим за пределы таблицы, присваиваются соответствующие крайние значения. (Прим. Н. М.)

тельные перемены. Только для одной четверти мирового населения в экономически развитых странах должно произойти существенное изменение. При условии, что темп рождаемости у трех четвертей населения в два раза больше, чем у оставшейся четверти, удвоение темпа рождаемости в одной четверти мира увеличило бы его среднемировое значение менее чем на 20%. Рис. 3.1 иллюстрирует такое 20-процентное увеличение темпа рождаемости при приближении материального уровня жизни к нулевому значению. С другой стороны, при повышении жизненного уровня предполагается, что темп рождаемости падает, но оценить такое его поведение далеко не просто. Высокий материальный уровень жизни обычно ассоциируется с более высоким уровнем питания, большими плотностью населения и загрязнением. Эти факторы, видимо, нелегко разграничить. Представляется сомнительным, что их влияние может быть выделено по отдельности на основе имеющихся в нашем распоряжении данных и при существующей технике их анализа¹. Но так как заключения и выводы, сделанные из анализа динамических моделей, как правило, нечувствительны к вариациям большинства параметров, то мы можем исходить из предположения о реалистичности оценок параметров модели. Чувствительность системы может быть проверена на будущих стадиях ее изучения.

Рис. 3.1 предполагает, что темп рождаемости снижается на 30% при пятикратном увеличении материального уровня жизни по сравнению с его средним значением в 1970 г.²

¹ Это сравнительно несложно (см. Послесловие).

² Опыт прошедших десятилетий показывает, что темп рождаемости не может снизиться на треть. Он либо остается неизменным, либо падает более чем вдвое. В первом случае

3.4. МАТЕРИАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ЖИЗНИ MSL

Материальный уровень жизни есть безразмерная величина, которая описывает степень изменения эффективности относительной величины фондов на душу населения в сравнении с ее значением в 1970 г. Его значение определяется как отношение эффективности относительной величины фондов ECIR (на душу населения) к нормальной эффективности относительной величины фондов ECIRN. Единица капитала (фондов) в модельной системе определяется как количество фондов на душу населения в 1970 г. По определению значение ECIRN равно 1 (фондов на душу населения). Следовательно, введение этого отношения не изменяет численного значения ECIR, но устанавливает определенную систему измерения.

$$MSL.K = ECIR.K / (ECIRN) \quad 4, A$$

$$ECIRN = 1 \quad 4.1, C$$

- MSL — материальный уровень жизни;
 ECIR — эффективность относительной величины фондов (ед. фондов/чел.);
 ECIRN — нормальная эффективность относительной величины (ед. фондов/чел.).

рождается 4—5 детей в семье, что при текущей смертности соответствует годовому приросту населения от 4 до 6% (для Пакистана на протяжении XX столетия — 7,9%, для Нигерии во второй половине XX века даже выше). Во втором случае в семье рождается 1—2 ребенка, что соответствует годовому сокращению населения от 2 до 3%.
 (Прим. ред.)

3.5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ФОНДОВ ECIR

Единицы эффективного капитала (фондов) на душу населения — это такие единицы фондов, которые непосредственно повышают уровень жизни. Число эффективных единиц на душу населения определяется общим объемом капитала с учетом роста нехватки мировых природных ресурсов. Нехватка ресурса означает, например, что нужно вкладывать все больше капиталовложений для добычи глубоко залегающего минерального сырья, обогащения бедных руд и использования менее эффективных источников энергии, т. е. оборудование становится менее эффективным. Чтобы определить ECIR, нужно относительную величину фондов (фондовооруженность) CIR умножить на множитель добычи природных ресурсов NREM. При первоначальном уровне запасов природных ресурсов, который существовал в 1900 г., эта величина была равна 1. Однако в нашей модели фондовооруженность CIR есть мера всего капитала безотносительно к тому, как эти фонды используются. В этой модели капитал разделяется на две части: для использования в сельском хозяйстве и для всех других целей. Таким образом, часть фондов, не используемая в сельском хозяйстве ($1 - CIAF$), умножается на полученный только что результат. CIAF — это переменная часть фондов, локализованная в сельском хозяйстве. ECIR определяется так, чтобы его «нормальное» значение в 1970 г. оказалось равным 1. Для этого часть фондов, не используемую в сельском хозяйстве ($1 - CIAF$), нужно разделить на нормальную, не используемую в сельском хозяйстве часть капитала ($1 - CIAFN$). Здесь CIAFN —

постоянный коэффициент, смысл которого будет обсуждаться в 3.22.

Таким образом, ECIR есть произведение следующих сомножителей: относительной величины фондов (фондовооруженности) CIR, множителя добычи природных ресурсов NREM, переменной части $(1 - CIAF)$ капитала, не используемого в сельском хозяйстве, и все это деленное на константу $(1 - CIAFN)$, которая представляет собой «нормальную» часть капитала 1970 г., не используемого в сельском хозяйстве. Итак, ECIR есть отношение единиц эффективного капитала (фондов) на душу населения в каждый момент времени к единицам фондов на душу населения в 1970 г.

$$ECIR.K = (CIR.K)(1 - CIAF)(NREM.K) / (1 - CIAFN) \quad 5, A$$

- ECIR — эффективность относительной величины фондов (ед. фондов/чел.);
 CIR — фондовооруженность (ед. фондов/чел.);
 CIAF — часть фондов в сельском хозяйстве;
 NREM — множитель добычи природных ресурсов;
 CIAFN — нормальная часть фондов в сельском хозяйстве.

3.6. МНОЖИТЕЛЬ ДОБЫЧИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ NREM

Для того чтобы показать снижение эффективности фондов, на рис. 3.2 рассматривается вариант уменьшения запасов природных ресурсов. Если все природные ресурсы присутствуют в достаточном количестве, множитель NREM равен единице, так же как и значение остающейся части природных ресурсов NRFR. В другом

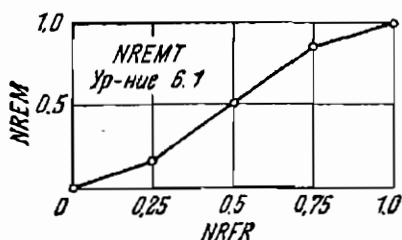


Рис. 3.2. Множитель добычи природных ресурсов как функция остающейся части природных ресурсов.

предельном случае, если природных ресурсов нет, то фонды будут неэффективными и множитель равен нулю¹. В верхнем правом углу графика кривая близка к горизонтали, так как начальный этап истощения ресурсов, вероятно, не приведет к резкому изменению значения NREM, в средней части кривая падает круче, а в левой — снова выравнивается, что отражает трудность добычи остающегося ресурса, когда запасы становятся более рассеянными и труднодоступными.

$NREM.K = TABLE(NREMT, NRFR.K, 0, 1, .25)$

6, A

$NREMT = 0/.15/.5/.85/1$

6.1, T

¹ Но этот случай не реализуется в принципе. К природным ресурсам относится, например, солнечная энергия, вода в океанах, воздух в атмосфере Земли. Опыт гитлеровской Германии в 1944—1945 гг. показывает, что фонды могут оставаться эффективными даже при практически полном отсутствии энергоносителей и острой нехватке металла. Да и в Японии 1945 г., где пытались добывать нефть из корней сосен, а конструкторские бюро прекращали работу из-за нехватки бумаги и карандашных грифелей, эффективность фондов не упала до нуля. (Прим. ред.)

- NRREM — множитель добычи природных ресурсов;
 TABLE — логическая функция, задаваемая таблично,
 с интерполяцией;
 NRREMT — таблично задаваемый множитель добычи
 природных ресурсов;
 NRFR — остающаяся часть природных ресурсов.

3.7. ОСТАЮЩАЯСЯ ЧАСТЬ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ NRFR

Реально существующие природные ресурсы NR, деленные на первоначальные запасы природных ресурсов NRI, определяют оставшуюся часть природных ресурсов NRFR.

$$\text{NRFR.K} = \text{NR.K} / \text{NRI} \qquad 7, A$$

- NRFR — остающаяся часть природных ресурсов;
 NR — существующие природные ресурсы
 (ед. природных ресурсов);
 NRI — первоначальные запасы природных ресурсов
 (ед. природных ресурсов).

3.8. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ NR

Природные ресурсы — системный уровень. Он связан только с одним потоком — уменьшающим его темпом потребления. В соответствии с принятым здесь определением природные ресурсы включают в себя только невозобновимые ресурсы и не включают, например, лес и другие ресурсы, которые могут возобновляться; пос-

ледние классифицируются как часть сельскохозяйственного сектора.

Для каждой уровневой переменной должно быть задано начальное условие. Мы принимаем темп использования природных ресурсов NRUR в 1970 г. равным единице природных ресурсов на душу населения. Относительно существующего в настоящее время темпа использования ресурсов мы будем предполагать, что природных ресурсов в мире хватит еще на ближайшие 250 лет¹. Очевидно, что эта цифра достаточно приближительна. Если мы имеем в 1970 г. 3.6 млрд человек, то умножая 3.6 млрд на 1 единицу природных ресурсов в год на душу населения и на 250 лет, получаем 900 млрд единиц природных ресурсов в качестве разумного начального значения запасов природных ресурсов NRI. Такое значение является следствием заданного темпа использования ресурсов в одну единицу в год на душу населения и предположения о 250-летней обеспеченности запасами природных ресурсов.

$$\begin{aligned} \text{NR.K} &= \text{NR.J} + (\text{DT})(-\text{NRUK.JK}) && 8, \text{ L} \\ \text{NR} &= \text{NRI} && 8.1, \text{ N} \\ \text{NRI} &= 900\text{E9} && 8.2, \text{ C} \end{aligned}$$

- NR — природные ресурсы (ед. природных ресурсов);
 NRUR — темп использования природных ресурсов
 (ед. природных ресурсов/год);
 NRI — первоначальные запасы природных ресурсов
 (ед. природных ресурсов).

¹ Критиковать цифру, понятно, бессмысленно: Дж. Форрестер сам не отрицает, что она взята «с потолка». Ясно также, что от ее истинного значения ничего, в сущности, не зависит. Интересно, однако, есть ли существенная зависимость результатов модели от коэффициента повторного использования ресурсов? (Прим. ред.)

3.9. ТЕМП ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ NRUR

Темп использования природных ресурсов NRUR определяется произведением следующих сомножителей: численностью населения P , нормальным потреблением природных ресурсов NRUN и множителем зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни NRMM. Множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни NRMM растет, когда возрастает материальный уровень жизни. Этот рост необходим, поскольку повышение уровня жизни обеспечивается увеличением производства, что в свою очередь требует увеличения добычи природных ресурсов¹. Нормальное потребление природных ресурсов NRUN определяется как одна единица ресурсов, использованных на душу населения за год, представляющая среднемировой темп потребления в 1970 г.

NRUR.KL=(P.K)(CLIP(NRUN, NRUN1, SWT2, TIME.K)) (NRMM.K)	9, R
NRUN=1	9.1, C
NRUN1=1	9.2, C
SWT2 =1970	9.3, C

NRUR — темп использования природных ресурсов
(ед. природных ресурсов/год);

¹ Это совершенно необязательно, поскольку в данной модели солнечная энергия, а также все восполняемые запасы (лес, торф, сланцы) природными ресурсами не считаются. Легко представить себе экономику, которая растет за счет развитого «рециклинга» невозполнимых ресурсов и усиленной эксплуатации восполняемых запасов. (Прим. ред.)

- P — численность населения (чел.);
 CLIP — логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значения параметра;
 NRUN — нормальное потребление природных ресурсов (ед. природных ресурсов/чел. • год.);
 NRUN1 — нормальное потребление природных ресурсов № 1 (ед. природных ресурсов/чел. • год.);
 SWT2 — время переключения № 2 для NRUN (год);
 TIME — текущее время (год);
 NRMM — множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни.

3.10. ТЕМП СМЕРТНОСТИ DR

Основной (базисный) темп смертности равен численности населения P , умноженной на нормальный темп смертности DRN . Но реальный темп смертности (аналогично темпу рождаемости) зависит от условий в других частях мировой системы. Питание, плотность населения, материальный уровень жизни и загрязнение влияют на темп смертности посредством множителей, которые в условиях 1970 г. имеют значения, равные 1, и изменяются при изменении условий. Значение нормального темпа смертности DRN 0.028 обсуждалось в связи с определением нормального темпа рождаемости и представляет собой эквивалент средней предстоящей продолжительности жизни в 36 лет. Эта величина может показаться заниженной, однако ее повышение вызывает компенсационные изменения в нормальном темпе рождаемости (чтобы скорректировать темп роста населения между 1900 и 1970 г.) и поэтому изменение нормального темпа смертности не дает заметного эффекта.

DR.KL = (P.K) (CLIPCDRN, DRN1, SWT3; TIME.K) ×	
× (DRMM.K)(DRPM.K)(DRFM.K)(DRCM.K)	10, R
DRN = .028	10.2, C
DRN1 = .028	10.3, C
SWT3 = 1970	10.4, C

DR	—	темп смертности (чел./год);
P	—	численность населения (чел.);
CLIP	—	логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значения параметра;
DRN	—	нормальный темп смертности (часть/год);
DRN1	—	нормальный темп смертности № 1 (часть/год);
SWT3	—	время переключения № 3 для DRN (год);
TIME	—	текущее время (год);
DRMM	—	множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни;
ERPM	—	множитель зависимости темпа смертности от загрязнения;
DRFM	—	множитель зависимости темпа смертности от уровня питания;
DRCM	—	множитель зависимости темпа смертности от плотности населения.

3.11. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА СМЕРТНОСТИ ОТ МАТЕРИАЛЬНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ DRMM

Материальный уровень жизни влияет на уровень медицинского обслуживания, обеспеченность жильем и другие факторы и поэтому имеет ярко выраженный харак-

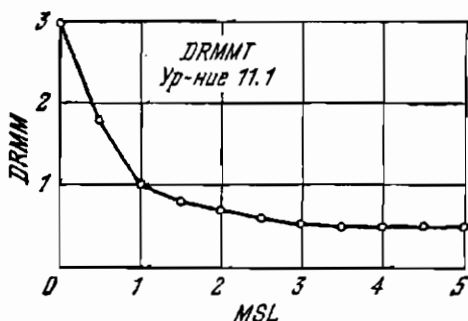


Рис. 3.3. Множитель зависимости темпа смертности от материального уровня жизни.

тер воздействия на смертность. Предполагаемый эффект показан на рис. 3.3. Предполагается, что очень высокий материальный уровень жизни может вызвать понижение темпа смертности в 2 раза, но не более. В левой граничной точке диаграммы, когда материальный уровень падает до нуля, темп смертности возрастает в 3 раза. Возможно, что в ходе дальнейшего изучения выяснится, что эта зависимость должна быть менее сильной, т. е. кривая должна расти в левой части слабее и не так резко уменьшаться в правой части диаграммы. Как и для других множителей, точка (1.1) (где значение множителя равно 1 при материальном уровне жизни, также равном 1) берется по условиям в 1970 г.

$$\text{DRMM.K} = \text{TABHL}(\text{DRMMT}, \text{MSL.K}, 0, 5, .5) \quad 11, \text{A}$$

$$\text{DRMMT} = 3/1.8/1/.8/.7/.6/.53/.5/.5/.5/.5/ \quad 11.1, \text{T}$$

DRMM — множитель зависимости темпа смертности от материального уровня жизни;

- TAVHL – логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;
- DRMMT – таблично задаваемый множитель зависимости темпа смертности от материального уровня жизни;
- MSL – материальный уровень жизни.

3.12. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА СМЕРТНОСТИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ DRPM

Загрязнение, видимо, не являлось в прошлом основным фактором, влияющим на темп смертности. Однако рост темпа смертности, который время от времени проявляется при неожиданных возрастаниях концентрации загрязнения, и предположение о снижении средней продолжительности жизни людей, живущих в зонах с высоким уровнем загрязнения¹, наводят на мысль о том, что продолжающийся рост загрязнения будет иметь прогрессивно возрастающее влияние на смертность. Существующая фрагментарная информация позволяет сделать лишь очень приблизительные оценки. Рис. 3.4 демонстрирует возможную зависимость темпа смертности от относительного загрязнения POLR (относительное загрязнение определяется как отношение величины текущего загрязнения к уровню загрязнения в 1970 г.). На рис. 3.4 значение 60 для POLR означает 60-кратное увеличение уровня загрязнения по сравнению с 1970 г. Здесь предполагается, что темп смертности удваивается при возрастании загрязнения в 20 раз

¹ Кстати, статистически это до сих пор не доказано. (Прим. ред.)

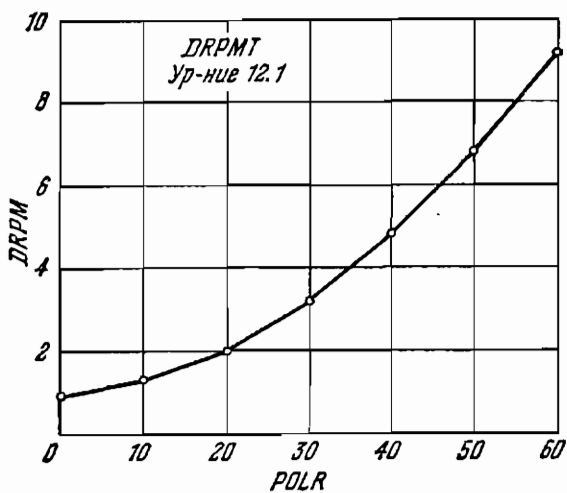


Рис. 3.4. Множитель зависимости темпа смертности от загрязнения.

по сравнению с сегодняшним загрязнением и возрастает почти в 10 раз, если загрязнение увеличивается в 60 раз¹. Кривые типа изображенных на рис. 3.4 отражают скорее долгосрочные, чем сиюминутные эффекты. Рис. 2.1 не учитывает эффекта запаздывания между POLR в кружке 29 и темпом смертности (символ 10). Если бы ускоряющие и замедляющие эффекты со стороны загрязненной среды были включены в модель, то они должны были бы принять вид задержек с дополнительными уравнениями для уровней в информационных петлях обратных связей модели. Дополнительные системные уровни ввели бы в модель возможность других типов перехода к кризису, причем количество населения могло бы колебаться относительно некоторого равновесного значения.

DRPM.K=TABLE (DRPMT, POLR.K, 0, 60, 10)	12, A
DRPMT=.92/1.3/2/3.2M-8/6.8/9.2	12.1, T

- DRPM — множитель зависимости темпа смертности от загрязнения;
- TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;
- DRPMT — таблично задаваемый множитель зависимости темпа смертности от загрязнения;
- POLR — относительное загрязнение.

¹ Цифры совершенно произвольны. Может оказаться, что при увеличении загрязнения в 60 раз жизнь вообще окажется невозможной. Но с той же вероятностью это увеличение вообще никак не повлияет на смертность. Здесь необходимо очень четко дифференцировать: о каком именно загрязнении идет речь. Например, тепловое загрязнение на темп смертности не оказывает ни прямого, ни опосредованного влияния. Рост производства углекислого газа должен был бы очень сильно воздействовать на смертность,

3.13. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА СМЕРТНОСТИ ОТ УРОВНЯ ПИТАНИЯ DRFM

Уровень питания, вероятно, сильнейший регулятор численности населения. Если количество пищи на душу населения падает, то, безусловно, темп смертности должен резко возрастать вплоть до бесконечно большой величины при отсутствии пищи¹. В условиях 1970 г., которые здесь определяют относительный уровень питания FR, равный 1, значительная часть мирового населения находилась в стадии хронического недоедания, а определенная часть — на грани голода. На рис. 3.5 предполагается, что темп смертности в среднем уменьшится наполовину, если уровень питания на душу населения возрастет в мировом масштабе в 2 раза. При нехватке пищи темп смертности возрастает в 30 раз — этого вполне достаточно, чтобы за год погибло все население. Резкий рост кривой в левой части диаграммы очевиден. Поведение кривой в правой части можно объяснить тем, что увеличение уровня питания не может привести к более чем 50-процентному снижению уровня смертности. Рис. 3.5 иллюстрирует возрастание темпа смертности при уменьшении уровня питания на душу населения и понижение темпа смертности с ростом уровня питания. В результате численность населения

если бы его содержание в атмосфере не поддерживалось бы неизменным за счет карбонат-бикарбонатного равновесия в океанах. А вот загрязнение ртутью, кадмием или плутонием весьма фатально. (Прим. ред.)

¹ Величина не будет бесконечной. Просто разовьется каннибализм. (Прим. ред.)

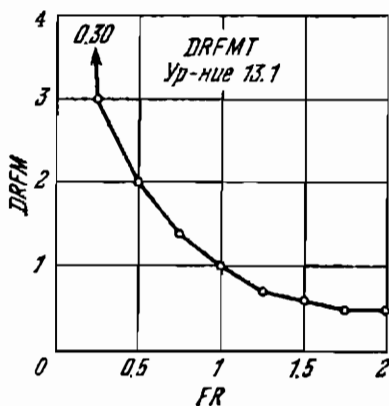


Рис. 3.5. Множитель зависимости темпа смертности от питания.

стабилизируется на максимальном уровне, который определяется существующими пищевыми ресурсами. Если существующая в настоящее время неравномерность распределения благ будет господствующей и впредь, то значительная часть населения этого «максимального уровня» будет голодать. Увеличение общего количества пищи вызовет увеличение доли пищи на душу населения. Но это произойдет лишь на коротком временном интервале, поскольку увеличение уровня питания снова вызовет рост населения до предельного уровня обеспеченности пищей¹.

¹ Все приведенные рассуждения справедливы для любых популяций животных, но не для человеческого общества. Социальные механизмы вносят в эти зависимости принципиальные изменения. (Прим. Н. М.)

$$\begin{aligned} \text{DRFM.K} &= \text{TABHL}(\text{DRFMT}, \text{FR.K}, 0, 2, .25) && 13, \text{A} \\ \text{DRFMT} &= 30/3/2/1.4/1/.7/.6/.5/.5 && 13.1, \text{T} \end{aligned}$$

- DRFM — множитель зависимости темпа смертности от уровня питания;
- TABHL — логическая функция, заданная таблично, с линейной интерполяцией;
- DRFMT — таблично задаваемый множитель зависимости темпа смертности от уровня питания;
- FR — относительный уровень питания.

3.14. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА СМЕРТНОСТИ ОТ ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ DRSM

Даже при отсутствии любых других воздействий возрастающая плотность населения должна в конце концов ограничить рост его абсолютной численности. Но задолго до достижения этого окончательного предела другие, более тонкие механизмы могут с ростом плотности населения развить сильные негативные давления. Сюда включаются и психологические эффекты, и социальные

Но хотелось бы понять — какие? В рамках построенной Дж. Форрестером модели человек всего лишь биологический вид, подчиняющийся общим биологическим законам. Это означает, что экологическая ниша человечества действительно может быть переполнена. Другой вопрос, что вид Ното уже однажды (в неолите) продемонстрировал способность полностью менять свою экологию. (Прим. ред.)

стрессы, которые вызывают рост преступности, и международные конфликты, которые могут вести к войне, а также эпидемии и другие последствия перенаселения¹.

Рис. 3.6 иллюстрирует характер влияния плотности населения на смертность. Относительная плотность CR есть отношение плотности населения к плотности в 1970 г. Вплоть до существующей в настоящий момент численности населения эффект влияния плотности на темп смертности предполагается слабым. Однако, когда плотность по сравнению с существующей увеличится в 5 раз, темп смертности возрастет в 3 раза.

На темп смертности влияют четыре множителя: DRMM, DRPM, DRFM и DRCM. Окажется ли эффект экстремальных значений всех множителей в рамках разумного? На рис. 3.3— 3.6 наименьшие значения множителей соответственно равны 0.5, 0.92, 0.5 и 0.9. Произведение этих величин дает 0.2, что при умножении на нормальный темп смертности DRN, равный 0.028 (см. разделы 3.2 и 3.10), дает значение темпа смертности за

¹Эти рассуждения автора относятся к условиям господствующей на Западе социальной системы. Безусловно, что коэффициент смертности связан с плотностью населения. Но эта зависимость совершенно не изучена. И очень дискуссионным является утверждение, что уже сейчас наблюдается повышение коэффициента смертности в густонаселенных районах. Прямых данных, говорящих о том, что в мегаполисах (например, в Москве или Лондоне) смертность выше, чем в окружающем менее населенном пространстве, нет. Для того чтобы правильно представить картину, следует учесть и различие в возрастной структуре города и деревни; например, зависимость смертности от плотности населения начнет, по-видимому, проявляться только при очень больших плотностях, когда начнут уже сказываться и другие факторы и прежде всего начнут изменяться социальные механизмы. (Прим. Н. М.)

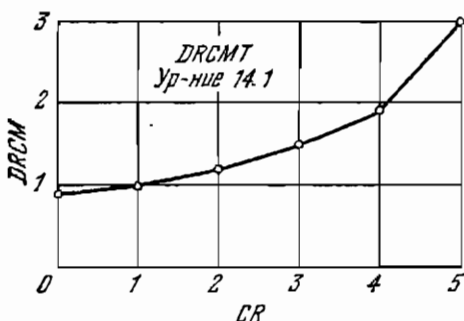


Рис. 3.6. Множитель зависимости темпа смертности от плотности.

год, равный 0.0056. Это значение эквивалентно средней продолжительности жизни в 178 лет, не наблюдавшейся в истории человечества. Подобный факт обнаруживает слабость настоящей формализации, которую,

Опыт последующих лет доказал, что смертность в крупных городах меньше, чем в сельской местности, а стресс перенаселенности легко снимается воспитанием и психотерапевтическими процедурами. Однако для каждой фазы развития существует величина плотности населения, выше которой возникает системный инфекционный отклик. По мнению И. Ефремова, именно с ростом плотности населения связано возрастание во второй половине XX столетия различных форм аллергий, в том числе бронхиальной астмы, а также онкологических заболеваний (которые И. Ефремов также относил к аллергиям) и наследственных болезней. Во всяком случае, средняя продолжительность жизни, поднимавшаяся в развитых странах до 72 лет, с конца 1980-х годов вновь начала падать, что свидетельствует в пользу рассуждений Дж. Форрестера. (Прим. ред.)

однако, легко устранить за счет дополнительного усложнения модели. Для наших же целей углублять модель, по-видимому, не имеет смысла¹.

DRCM.K=TABLE (DRCMT, CR.K, 0, 5, 1) 14, А
DRCMT=.9/1/1.2/1.5/1.9/3 14.1, Т

- DRCM — множитель зависимости темпа смертности от плотности населения;
TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;
DRCMT — таблично задаваемый множитель зависимости темпа смертности от плотности населения;
CR — относительная плотность населения.

3.15. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ CR

Относительная плотность равна частному от деления численности населения P на площадь земли LA и нормальную плотность населения (в 1970 г.) PDN . CR из-

¹ Вот с этим нельзя не согласиться. Последние фразы этого раздела формулируют важное правило оценки допустимых пределов модели, в которой основой являются данные экспертизы, поскольку кривые на рис. 3.3—3.6 — это прежде всего экспертные характеристики процесса. (Прим. Н.М.)

Более того, полученный результат свидетельствует либо о том, что в человека «заложена» способность жить до 200 лет, либо же о том, что темпы, которые Дж. Форрестер считает независимыми, на самом деле связаны. Но последнее означает, что неверна сама формализация модели. (Прим. ред.)

меряется в единицах плотности населения в 1970 г. Значение 1 определяет уровень плотности в 1970 г. Значение CR в любой другой момент представляет собой число, кратное средней плотности населения в 1970 г. Площадь земли LA берется равной 135 млн км²; тогда нормальная средняя плотность населения PDN в 1970 г. равна 26.5 человек на квадратный километр.

$$CR.K = (P.K) / (LA * PDN) \quad 15, A$$

$$LA = 135E6 \quad 15.1, C$$

$$PDN = 26.5 \quad 15.2, C$$

- CR — относительная плотность населения;
 P — население (чел.);
 LA — площадь земли (км²);
 PDN — нормальная плотность населения (чел./км²).

3.16. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА РОЖДАЕМОСТИ ОТ ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ BRSM

Рис. 3.7 иллюстрирует зависимость темпа рождаемости от плотности населения. Множитель имеет значение 1 для условий 1970 г. При уменьшении плотности населения происходит лишь небольшое увеличение темпа рождаемости. При увеличении же плотности влияние ее становится существенным (мы предполагаем, что при 5-кратном возрастании плотности по сравнению с 1970 г. происходит 50-процентное снижение темпа рождаемости). Этот эффект включает в себя, конечно, и психологические факторы. При оценке значений этой зависимости мы должны иметь в виду, что по горизонтальной оси откладывается усредненная по всему миру

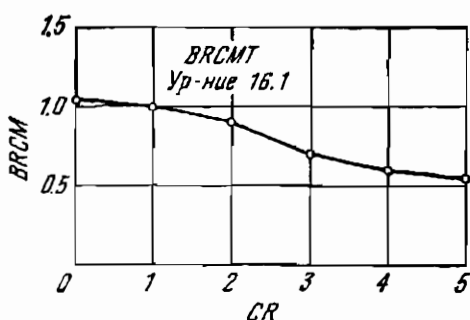


Рис. 3.7. Множитель зависимости темпа рождаемости от плотности.

плотность населения. Последствия высокой плотности населения весьма различны и при достижении экстремальной плотности во всемирном масштабе будут более неблагоприятными, чем те, что встречаются только в небольших изолированных центрах с высокой плотностью населения, характерной для урбанизированных районов¹.

$BRCM.K = TABLE (BRCMT, CR.K, 0, 5, 1)$ 16, A
 $BRCMT = 1.05 / 1 / .9 / .7 / .6 / .55$ 16.1, T

BRCM — множитель зависимости темпа рождаемости от плотности населения;

TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;

BRCMT — таблично задаваемый множитель зависимости темпа рождаемости от плотности населения;

CR — относительная плотность населения.

¹ Для такой гипотезы нет никаких априорных оснований, автор не приводит в ее пользу никаких аргументов. (Прим. ред.)

3.17. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА РОЖДАЕМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПИТАНИЯ BRFM

Можно предположить, что наличие пищи — фактор, имеющий существенное влияние на темп рождаемости, особенно в критической ситуации, когда население испытывает недостаток пищи. По-видимому, человечество существовало ранее в таком неустойчивом состоянии, когда уровень питания регулировал темпы рождаемости и смертности таким образом, что население поддерживало свое ненадежное существование при максимально возможной численности, определяемой уровнем производства продуктов питания. На рис. 3.8 показана зависимость между темпом рождаемости и относительным уровнем питания. Относительный уровень питания FR измеряется здесь в единицах уровня питания на душу населения в 1970 г. Отношение,

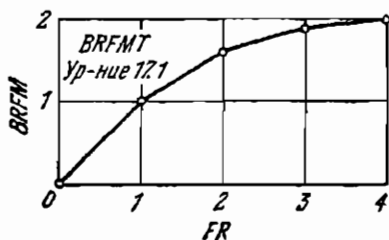


Рис. 3.8. Множитель зависимости темпа рождаемости от питания.

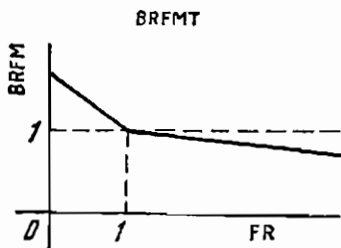
равное 2, следует понимать как удвоение уровня питания на душу населения по сравнению с уровнем в 1970 г. Когда уровень питания близок к нулевому значению, жизнь становится невозможной и естественно, что темп рождаемости — нулевой. При другом предельном значении — изобилие пищи — предполагается, что темп рождаемости возрастает в 2 раза¹.

$$\begin{aligned} \text{BRFM.K} &= \text{TABHL}(\text{BRFMT}, \text{FR.K}, 0, 4, 1) && 17, \text{A} \\ \text{BRFMT} &= 0/1/1.6/1.9/2 && 17.1, \text{T} \end{aligned}$$

- BRFM — множитель зависимости темпа рождаемости от уровня питания;
 TABHL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;

¹ Описанная гипотеза очень дискуссионна. Конечно, определенная зависимость коэффициента рождаемости от уровня питания существует, но зависимость гораздо более сложная и описать ее с помощью мультипликативного члена вряд ли возможно.

Имеется много примеров, противоречащих рис. 3.8. Например, в Средние века вряд ли у европейцев уровень питания был намного выше, чем сейчас, а тем не



менее рождаемость была очень высокая. Обществу, семье было необходимо интенсивное пополнение для компенсации огромной детской смертности, эпидемий, опустошительных войн (крестьянские войны в Китае в VIII веке унесли 90% населения, тридцатилетняя война стоила жизни 80% населения Чехии и т. д.). Подъем жизненного уровня (и прежде всего питания), увеличение продолжительности жизни и лучшее обеспечение в старости делают

- BRFMT — таблично задаваемый множитель зависимости
 темпа рождаемости от уровня питания;
 FR — относительный уровень питания.

3.18. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПА РОЖДАЕМОСТИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ BRPM

Можно предположить, что высокий уровень загрязнения будет оказывать сильное влияние на темп рождаемости, причем самым различным образом, и прежде всего за счет воздействия на здоровье. Кроме того, очень высокий уровень загрязнения может оказывать психологическое давление и вызывать социальные конфликты¹. На рис. 3.9 относительное загрязнение, равное 1, представляет условия 1970 г. На кривой предусмотрено 60-кратное увеличение загрязнения мировой

необязательным для сохранения гомеостазиса общества тот уровень рождаемости, который был в прошлом. Семья с двумя и даже одним ребенком становится нормой. Поэтому характер предложенной зависимости скорее должен быть таким, как на рис. (Прим. Н. М.)

Разумнее было бы принять в качестве гипотезы то, что от обеспеченности продуктами питания зависит только темп смертности, считая, что в рамках предположений, положенных в основу модели Форрестера, зависимость темпа рождаемости от количества пищи малосущественна. (Прим. ред.)

¹ И психологическое давление, и социальные конфликты скорее повышают темп рождаемости, чем понижают его. Во-первых, групповая солидарность при социальных конфликтах усиливается благодаря изоляции, вызванной

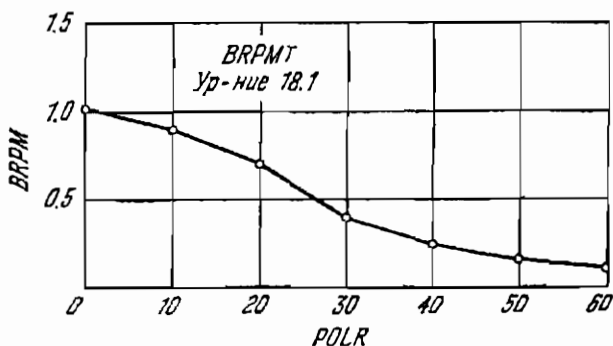


Рис. 3.9. Множитель зависимости темпа рождаемости от загрязнения.

среды. При загрязнении ниже уровня 1970 г. степень его влияния предполагается незначительной. Но при экстремально высоком уровне загрязнения темп рождаемости падает до 0.1 своего начального значения.

противостоянием интересов или еще чем-либо, а двое — есть первичная группа и вероятность вступить в обмен энергиями — сексуальные отношения повышается. Вторая типичная социальная модель — сброс группового социального страха в период нарушения общественных убеждений, смотри катастрофу 11 сентября, когда многие люди кинулись в объятия друг друга, чтобы забыть шок биовыживательного контура «нас не защитили». В пользу повышения рождаемости в условиях психологического или социального стресса свидетельствует устойчивая метафора «лир во время чумы», которая как раз и характеризует стремление человека предаться плотским страстям в период кризиса. (Прим. ред.)

BRPM.K=TABLE (BRPMT POLR.K, 0, 60, 10) 18, A
 BRPMT=1.02/.9/.7/.4/.25/.1 18.1, T

- BRPM — множитель зависимости темпа рождаемости от загрязнения;
 TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;
 BRPMT — таблично задаваемый множитель зависимости темпа рождаемости от загрязнения;
 POLR — относительное загрязнение.

3.19. ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ПИТАНИЯ FR

Относительный уровень питания определяет количество пищи на душу населения в единицах среднего мирового уровня питания на душу населения в 1970 г. Эта безразмерная величина равна частному от деления значения пищевого потенциала фондов FPCI на нормальный уровень питания в 1970 г. FN, умноженному на три множителя: зависимости производства продуктов питания от плотности населения FCM, от уровня загрязнения FPM и от коэффициента питания FC. Множители FCM, FPM и FPCI равны 1 при нормальных условиях (условия 1970 г.). Более или менее благоприятные условия должны соответственно вызывать изменения в значении уровня питания на душу населения.

FR.K = (FPCI.K) (FCM.K) (FPM.K)
 X (CLIP (FC, FC1, SWT7, TIME.K))/FN 19, A
 RC=1 19.1, C

FC1=1	19.2, С
FN=1	19.3, С
SWT7 =1970	19.4, С

- FR — относительный уровень питания;
- FPCI — пищевой потенциал фондов (ед. пищи/чел. • год);
- FCM — множитель зависимости производства продуктов питания от плотности населения;
- FPM — множитель зависимости производства продуктов питания от загрязнения;
- CLIP — логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значения параметра;
- FC — коэффициент питания;
- FC1 — коэффициент питания № 1;
- SWT7 — время переключения № 7 для FC (годы);
- TIME — текущее время (годы);
- FN — нормальный уровень питания (ед. пищи/чел. • год).

3.20. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ОТ ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ FCM

Плотность населения в конечном счете оказывает основное влияние на производство продуктов питания. Растущее население занимает все большую площадь, а увеличение занимаемого пространства вызывает уменьшение площади сельскохозяйственных земель. Обычно под города занимают самые лучшие земли, а их заменяют в сельскохозяйственном производстве землей худшего качества, что способствует только усилению влияния плотности населения на производ-

ство продуктов питания¹. Население использует землю под жилищное строительство, для размещения производственных площадей и транспорта, а также для отдыха и «захоронения» загрязнении. Рис. 3.10 иллюстрирует предположение о том, что под сельское хозяйство оставлена предельно допустимая площадь земли. По-видимому, при очень низкой плотности мирового населения люди группировались в окрестностях самых высокопродуктивных земель². Рис. 3.10 позволяет увидеть зависимость количества земли, остающейся под сельское хозяйство, от плотности населения. Как видно из рисунка, левый участок кривой описывает ситуацию, когда вся сельскохозяйственная земля в 2.4 раза превышает суммарную площадь реально существующих в настоящее время и пригодных для сельского хозяйства земель. На правом участке плотность населения в 5 раз выше уровня 1970 г., что должно привести к привлечению в сельскохозяйственное производство менее продуктивных земель с одновременным уменьшением площадей самых плодородных земель. Кривая описывает и эффект использования засушливых земель, когда капитал (фонды) в виде инвестиций на ирригацию применяется для улучшения плохих условий

¹ Хотелось обратить внимание на то, что все существующее население Земли (около 6 млрд человек) может разместиться в одной тысяче городов размером с Санкт-Петербург, площадь которого не превышает 900 км². Таким образом, суммарная площадь городов заведомо не превышает 0,9 млн км², т. е. 0,7% от площади земли, определенной Дж. Форрестером в 135 млн км². Следовательно, земли, выделяемые под города, практически не влияют на земельный баланс. (Прим. ред.)

² По отношению к существовавшей технологии использования земли. (Прим. Н. М.)

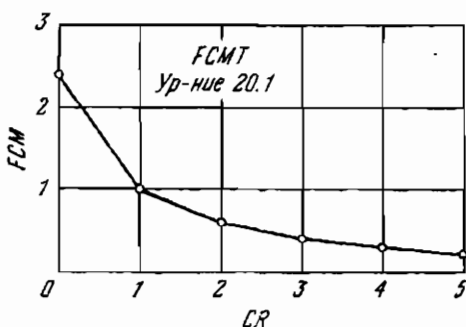


Рис. 3.10. Множитель зависимости производства продуктов питания от плотности.

производства. Кроме того, при возрастании спроса на продукты питания могут использоваться другие способы производства пищи (оранжереи, использование пищевых ресурсов океана), что приводит к падению эффективности капиталовложений (фондов).

FCM.K=TABLE (FCMT, CR.K, 0, 5, 1) 20, A
 FCMT=2.4/.1/.6/.4/.3/.2 20.1, T

- FCM — множитель зависимости производства продуктов питания от плотности населения;
- TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;
- FCMT — таблично задаваемый множитель зависимости производства продуктов питания от плотности населения;
- CR — относительная плотность населения.

3.21. ПИЩЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ ФОНДОВ FPCI

Капиталовложения (фонды) на душу населения в сельском хозяйстве являются главным фактором, определяющим способность к производству продуктов питания. Фонды здесь означают нечто большее, чем просто сельскохозяйственные машины.

Они включают в себя плодородные земли, ирригационные системы, переработку продуктов питания, системы распределения. Относительная величина фондов в сельском хозяйстве CIRA определяется по отношению к 1970 г. На рис. 3.11 показывается предполагаемая зависимость влияния величины фондов на производство продуктов питания. Продукты питания могут производиться даже при отсутствии капитала за счет

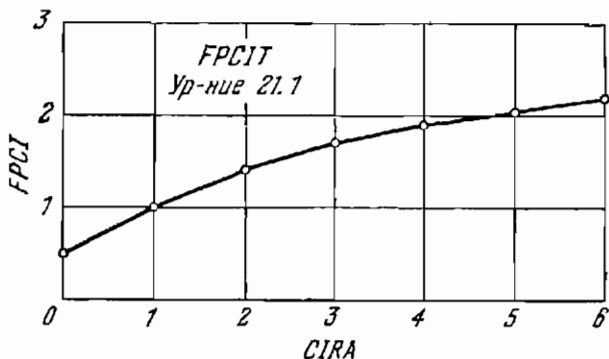


Рис. 3.11. Пищевой потенциал фондов как функция относительной величины фондов в сельском хозяйстве.

увеличения использования ручного труда. Нулевой капитал на рис. 3.11 определяется из условия понижения производства продуктов питания в мире на 50% по сравнению с 1970 г. При высоком значении капитала увеличение фондов оказывает слабое влияние на производство продуктов питания.

$$\begin{aligned} \text{FPCI.K} &= \text{TABNL}(\text{FPCIT}, \text{CIRA.K}, 0, 6, 1) && 21, \text{A} \\ \text{FPCIT} &= .5/1/1.4/1.7/1.9/2.05/2.2 && 21.1, \text{T} \end{aligned}$$

- FPCI — пищевой потенциал фондов (ед. пищи/чел. • год);
 TABNL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;
 FPCIT — таблично задаваемый пищевой потенциал фондов;
 CIRA — относительная величина фондов в сельском хозяйстве (ед. фондов/чел.).

3.22. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ФОНДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ CIRA

Количество пищи на душу населения предполагается зависящим от количества фондов на душу населения в сельском хозяйстве (называемого относительной величиной фондов в сельском хозяйстве CIRA). В соответствии с принятым в других частях системы описанием мы определяем единичное значение условиями 1970 г. CIRA вычисляется как относительная величина фондов (фондовооруженность) CIR, умноженная на часть фондов в сельском хозяйстве CIAF и разделенная на нормальную часть фондов в сельском хозяйстве CIAFN. Последний коэффициент равен 0.3, что дает нормальное значение CIRA, равное 1 в 1970 г. Результат вычис-

лений определяет величину фондов в сельском хозяйстве на душу населения, которая затем используется для определения относительного уровня питания.

$$CIRA.K = (CIR.K) (CIAF.K) / CIAFN \quad 22, A$$

$$CIAFN = 3 \quad 22.1, C$$

- CIRA — относительная величина фондов в сельском хозяйстве (ед. фондов/чел.);
- CIR — относительная величина фондов (фондовооруженность) (ед. фондов/чел.);
- CIAF — часть фондов в сельском хозяйстве;
- CIAFN — нормальная часть фондов в сельском хозяйстве.

3.23. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ФОНДОВ CIR

Относительная величина фондов (фондовооруженность) CIR определяет количество единиц фондов на душу населения и измеряется в единицах количества фондов на душу населения по отношению к уровню 1970 г., когда она была равна 1. Значение CIR равно частному от деления абсолютной величины фондов CI на численность населения P.

$$CIR.K = CI.K / P.K \quad 23, A$$

- CIR — относительная величина фондов (ед. фондов/чел.);
- CI — фонды (ед. фондов);
- P — население (чел.).

3.24. ФОНДЫ CI

Фонды — один из системных уровней. Этот уровень формируется за счет накопления капиталовложений, то есть генерации фондов (фондообразования) CI_G , и за счет уменьшения фондов вследствие их износа. Чистое накопление (когда фонды уже созданы, но еще не износились) и определяет в любой момент времени текущий уровень фондов. Так как фонды — системный уровень, необходимо задать их начальное значение в 1900 г. Мы предполагаем, что количество фондов на душу населения в 1900 г. составляло 0.25 единиц фондов по сравнению с 1 единицей фондов на душу населения в 1970 г. Так как за начальную численность населения принято значение 1.6 млрд чел., то начальное значение количества фондов будет: $0.25 \text{ (ед. фондов/чел.)} \cdot 1.6 \text{ млрд (чел.)} = 0.4 \text{ млрд (ед. фондов)}$.

$CI_K = CI_J + (DT) (CI_G.JK - CI_D.JK)$	24, L
$CI = CI_{II}$	24.1, N
$CI_{II} = .4E9$	24.2 C

- CI — фонды (ед. фондов);
- CI_G — фондообразование (ед. фондов/год);
- CI_D — износ фондов (ед. фондов/год);
- CI_{II} — начальное значение фондов (ед. фондов).

3.25. ГЕНЕРАЦИЯ ФОНДОВ CI_G

Генерация фондов (фондообразование) вычисляется как произведение количества населения P на нормаль-

ную генерацию фондов $CIGN$ и на множитель капиталовложений CIM . Фондообразование CIG измеряется в единицах капитала (фондов) в год и зависит от численности населения и среднего количества капитала, накапливаемого человеком за год. Коэффициент $CIGN$, имеющий значение 0.05 единиц капитала на человека за год, описывает нормальный темп накопления капитала в условиях 1970 г. Значение множителя CIM зависит от материального уровня жизни и определяет способность к накоплению капитала, зависящую от количества уже существующих фондов. В условиях 1970 г. значение CIM равно 1. Если материальный уровень жизни становится ниже, чем в 1970 г., то способность к накоплению на душу населения должна уменьшаться; это означает, что мотивы для потребления становятся сильнее, а тенденции к экономии в целях расширения производства ослабевают¹.

Значение $CIGN$, равное 0.05, означает, что в условиях 1970 г. ежегодное фондообразование составляет 0.05 от существующих фондов, так как

$$CIG = (P) (CIGN) (CIM) = (P) (0.05) (1) = 0.05P.$$

Кроме того, в 1970 г. значение количества фондов C равно количеству населения P , причем обе величины равны 3.6 млрд (вследствие того, что единица фондов определяется как количество фондов на душу населения в 1970 г.). При ежегодном темпе износа фондов, равном 0.025 (выбор этого значения обсуждается

¹ Это рассуждение является параметризацией механизмов, действующих в обществе, и прежде всего механизма рынка капитала, функционирование которого определяет фонды накопления и инвестиции. (Прим. Н. М.)

в разделе 3.27), чистый темп аккумуляции капитала в условиях 1970 г. должен представлять собой процесс, который будет приводить к удвоению количества фондов каждые 40 лет.

$CIG.KL = (P.K) (CIM.K) \times$	
$\times (CLIP (CIGN, CIGN1, SWT4, TIME.K))$	25, R
$CIGN = .05$	25.1, C
$CIGN1 = .05$	25.2, C
$SWT4 = 1970$	25.3, C

- CIG — фондообразование (ед. фондов/год);
 P — население (чел.);
 CIM — множитель капиталовложений;
 CLIP — логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значения параметра;
 CIGN — нормальное фондообразование (ед. фондов/чел. • год);
 CIGN1 — нормальное фондообразование № 1 (ед. фондов/чел. • год);
 SWT4 — время переключения № 4 для CIGN (годы);
 TIME — текущее время (годы).

3.26. МНОЖИТЕЛЬ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ CIM

При экстремально низком значении фондов уровень жизни и способность к накоплению капитала низки. В таких условиях почти весь произведенный продукт используется для непосредственного потребления. Но когда капитал накапливается, производство (при пре-

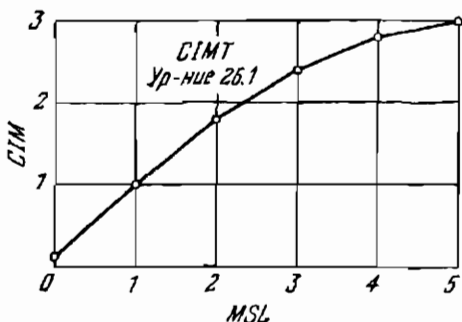


Рис. 3.12. Множитель капиталовложений как функция материального уровня жизни.

вышении текущих потребностей) позволяет часть продукции направлять для дальнейшего накопления фондов. Рис. 3.12 показывает зависимость множителя капиталовложений CIM от материального уровня жизни MSL. Как CIM, так и MSL в 1970 г. имеют значения 1. При нулевых фондах, которым соответствует нулевой материальный уровень жизни, способность к накоплению капитала принимается равной 10% от средней интенсивности капитала в 1970 г. Форма кривой показывает, что капитал среди населения распределен неравномерно. Предполагается, что на начальном этапе накопления капитала его концентрация в руках немногих людей способствует еще большему росту капитала. Если бы капитал всегда был распределен поровну, то кривая на рис. 3.12 была бы горизонтальна в левой части (перед изгибом вверх). После того как достигнута точка, когда дальнейший рост фондов не способствует еще большему удовлетворению потребностей

человека¹, накопление капитала на душу населения в год не повышается. Значение MSL, равное 5, следует понимать как среднемировое значение количества капитала (фондов) на душу населения (ситуация, имевшая место в США в 1970 г.). Даже такой невозрастающий темп фондообразования стимулирует процесс накопления фондов до очень высоких значений, прежде чем темп фондообразования не окажется равным темпу износа фондов CID. Далее можно предположить, что кривая на рис. 3.12 будет возрастать до максимума, а затем снижаться. В самом деле, можно ожидать, что при высоком материальном уровне жизни мотивы, побуждающие к большому накоплению капитала, должны ослабляться².

$$CIM.K = TABNL(CIMT, MSL.K, 0, 5, 1) \quad 26, A$$

$$CIMT = .1/1/1.8/2.4/2.8/3 \quad 26.1, T$$

CIM — множитель капиталовложений;

TABNL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;

¹ Качественный характер кривой 3.12 наверное довольно правильно отражает реальность. Горизонтальный участок вряд ли может быть у этой кривой, так как любые мыслимые механизмы обратной связи, которые существуют, существовали и будут существовать всегда, будут побуждать человека удаляться от границы гомеостаза, т. е. тех значений основных характеристик его существования, за которыми бытие человечества невозможно. Разумеется, такой взгляд на вещи требует значительно более широкого толкования термина «потребность». (Прим. Н. М.)

² Этот тезис является типичным для *société de consommation* — общества потребления. Его нельзя принять, если учитывать тенденцию к концентрации и централизации, которая свойственна капиталистическому обществу. (Прим. Н. М.)

- CIMT — таблично задаваемый множитель капиталовложений;
MSL — материальный уровень жизни.

3.27. ИЗНОС ФОНДОВ CID

Износ фондов представляет собой просто процесс старения. Некая часть фондов изнашивается каждый год. Эта часть есть нормальный износ фондов CIDN, принимаемый равным 0.025, что соответствует среднему времени «жизни» оборудования (определяемому обратной к CIDN величиной) в 40 лет. Фонды здесь включают в себя строения, дороги и заводы. Кроме того, в них также включаются образование и результаты научных исследований, которые не представлены в другом месте модели системы; инвестиции в них «изнашиваются» примерно с тем же темпом, что и материальные фонды.

$$\begin{aligned}
 CID.KL &= (CI.K) \times \\
 &\times (CLIP(CIDN, CIDN1, SWT5, TIME.K)) && 27, R \\
 CIDN &= .025 && 27.1, C \\
 CIDN1 &= .025 && 27.2, C \\
 SWT5 &= 1970 && 27.3, C
 \end{aligned}$$

- CID — износ фондов (ед. фондов/год);
CI — фонды (ед. фондов);
CLIP — логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значения параметра;
CIDN — нормальный износ фондов (ед. фондов/год);
CIDN1 — нормальный износ фондов № 1 (ед. фондов/год);
SWT5 — время переключения № 5 для CIDN (годы);
TIME — текущее время (годы).

3.28. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ FPM

Производство пищи зависит, в частности, от уровня загрязнения. Очевидно, что загрязнение уже начинает сказываться на величине урожайности в некоторых местностях и рыбных запасах в океане. На рис. 3.13 показано предполагаемое влияние загрязнения на производство пищи. Относительный уровень загрязнения POLR, равный 1, определяет уровень загрязнения в 1970 г. Предложенная зависимость демонстрирует, однако, падение продуктивности процесса производства пищи все более быстрыми темпами по мере повышения уровня загрязнения до значения, в 60 раз превышающего уровень 1970 г. При увеличении уровня загрязнения 1970 г. в 25 раз продуктивность падает на 50% по сравнению с ее значением при малом загрязнении. Для высоких уровней загрязнения мы имеем в настоящее время очень немногочисленные сообщения о падении продуктивности производства пищи; однако, вероятно, должны измениться в неблагоприятную сторону и погодные, и фотосинтезирующие, и влагообразовательные процессы¹.

¹ В вопросе об антропогенных воздействиях на климат мнения различных специалистов весьма противоречивы. (Прим. Н.М.)

Из общесистемных закономерностей Дж. Форрестер, видимо, прав в общей оценке падения эффективности сельскохозяйственного производства с ростом уровня загрязнения среды. Но механизмы такого падения (и, следовательно, его масштабы) на сегодняшний день совершенно

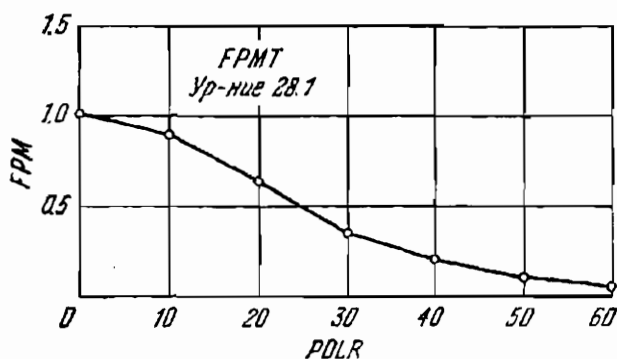


Рис. 3.13. Множитель зависимости производства продуктов питания от загрязнения.

FPM.K=TABLE (FPMТ, POLR.K, 0, 60, 10) 28, А
 FPMТ=1.02/.9/.65/.35/.2/.1/.05 28.1, Т

FPM — множитель зависимости производства питания от загрязнения;

TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;

FPMТ — таблично задаваемый множитель зависимости производства питания от загрязнения;

POLR — относительное загрязнение.

неясны. Во всяком случае, на климат человеческая деятельность, судя по всему, заметного влияния не оказывает. (Прим. ред.)

3.29. ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ POLR

Относительное загрязнение определяется в соответствии с уровнем загрязнения в 1970 г. Оно равно частному от деления реально имеющего место загрязнения POL на значение уровня загрязнения в 1970 г., которое задается так называемым стандартным загрязнением POLS. Стандартное загрязнение определяется как 1 единица загрязнения на душу населения в 1970 г. и равно 3.6 млрд единиц загрязнения.

$$POLR.K = POL.K / POLS \quad 29, A$$

$$POLS = 3.6E9 \quad 29.1, C$$

- POLR — относительное загрязнение;
 POL — загрязнение (ед. загрязнения);
 POLS — стандартное загрязнение (ед. загрязнения).

3.30. ЗАГРЯЗНЕНИЕ POL

Загрязнение — один из пяти системных уровней. Это «накопитель», который увеличивается за счет образования загрязнения и уменьшается за счет его разложения. Загрязнение POL представляет собой активное загрязнение в окружающей среде, т. е. загрязнение, которое не успело разложиться в какую-либо безвредную неактивную форму. Мы будем считать, что начальное загрязнение на одного человека составляет одну восьмую часть загрязне-

ния в 1970 г., т. е. $(0.125) \cdot (1.6) = 0,2$ млрд единиц загрязнения.

$$\begin{aligned} \text{POL.K} &= \text{POL.J} + (\text{DT}) (\text{POLG.JK} - \text{POLA.JK}) && 30, L \\ \text{POL} &= \text{POLI} && 30.1, N \\ \text{POLI} &= .2\text{E9} && 30.2, C \end{aligned}$$

- POL — загрязнение (ед. загрязнения);
 POLG — образование загрязнения (ед. загрязнения/год);
 POLA — разложение загрязнения (ед. загрязнения/год);
 POLI — начальное значение загрязнения
 (ед. загрязнения).

3.31. ОБРАЗОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ POLG

Величина POLG определяется произведением следующих сомножителей: количества населения P , нормального загрязнения POLN и множителя зависимости загрязнения от объема фондов POLCM. Множитель POLCM связывает объем фондов на душу населения с процессом образования загрязнения; для условий 1970 г. его значение равно 1. Коэффициент POLN поэтому должен равняться темпу образования загрязнения на душу населения в 1970 г. Чтобы оценить значение POLN, мы должны рассмотреть величину POL с точки зрения «длительности жизни» загрязнения. Какое время загрязнение остается на уровне POL? Такое загрязнение как дым может рассеиваться в течение нескольких дней. Другие загрязняющие вещества, такие как инсектициды, промышленные отходы и моющие

средства, могут сохраняться годами. В разделе 3.33 мы будем использовать так называемую нормальную постоянную времени очистки, равную 1 для условий 1970 г. Загрязнение, разлагающееся с темпом, вызывающим его исчезновение за 1 год, должно вырабатываться с точно таким же темпом (если система находится в равновесии) или с несколько большим (если загрязнение растет). Мы выбираем здесь такой темп образования загрязнения, который за 1 год приведет к существующему его уровню (при отсутствии разложения). Это и есть величина POLN, равная единице загрязнения на душу населения за год, соответствующая скорости роста загрязнения в 3.6 млрд единиц в год. (Для 1970 г. уровень загрязнения на душу населения равен 1.)

$POLG.KI = (P.K) (CLIP(POLN, POLN1, SWT6, TIME.K)) \times$

$\times (POLCM.K)$	31, R
POLN=1	31.1, C
POLN1=1	31.2, C
SWT6=1970	31.3, C

POLG	— образование загрязнения (ед. загрязнения/год);
P	— население (чел.);
CLIP	— логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значения параметра;
POLN	— нормальное загрязнение (ед. загрязнения/чел. • год);
POLN1	— нормальное загрязнение № 1 (ед. загрязнения/чел. • год);
SWT6	— время переключения № 6 для PO (годы);
TIME	— текущее время (годы);
POLCM	— множитель зависимости загрязнения от объема фондов.

3.32. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ ОБЪЕМА ФОНДОВ POLCM

Загрязнение (в расчете на душу населения) сильно зависит от объема фондов на душу населения. Человек, не вооруженный современным оборудованием, производит небольшое количество вредных загрязняющих веществ. Вредные загрязнения образуются мощными источниками энергии, в процессе переработки сырья химическими заводами, при выбросе отходов и в результате интенсивного способа ведения сельского хозяйства. На рис. 3.14 показана кривая, которая связывает возрастающую фондовооруженность CIR с увеличивающимся темпом образования загрязнения на душу населения POLCM. И слова, используя 1970 г. в качестве точки отсчета, когда CIR равен 1, получаем, что POLCM также равняется 1. Остановимся более подробно на виде кривой в правом верхнем углу. Если бы при возрастании объема капиталовложений тип оборудования не изменялся, кривая продолжала бы расти вверх с прежним наклоном. Но, с другой стороны, если большие объемы фондов будут включать в себя капитал, предназначенный для контроля и регулирования загрязнения, кривая может и не возрастать с увеличением фондов.

$$\begin{aligned} \text{POLCM.K} &= \text{TABHL}(\text{POLCMT}, \text{CIR.K}, 0, 5, 1) && 32, \text{A} \\ \text{POLCMT} &= .05/1/3/5.4/7.4/8 && 32.1, \text{T} \end{aligned}$$

- POLCM — множитель зависимости загрязнения от объема фондов;
 TABHL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;

- POLCMT — таблично задаваемый множитель зависимости загрязнения от объема фондов;
- CIR — относительная величина фондов (ед. фондов/чел.)

3.33. РАЗЛОЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ POLA

Темп разложения загрязнения зависит от его уровня. Он также зависит от природных процессов самоочистки, определяющих скорость разложения загрязнений. В связи с этим темп разложения загрязнения POLA определяется как частное от деления загрязнения POL на время разложения загрязнения POLAT. В простых процессах разложения это время постоянно (например, при спонтанном распаде радиоактивных веществ, которые характеризуются временем полураспада¹). Но разложение загрязнения не является таким простым процессом. Время, необходимое для разложения определенной части какого-либо из существующих типов загрязнения, зависит, по-видимому, от уровня загрязнения. Время разложения загрязнения POLAT является поэтому переменной, а не постоянной величиной. В связи с этим процесс разложения в секторе загрязнения отличается от процесса износа в секторе фондов, где износ фондов CID определяется постоянным временем износа, задаваемым нормальным износом фондов CIDN².

¹ См. сноску на стр. 67. (Прим. Н. М.)

² Процессы ассимиляции (уничтожения природой вредных отходов) будут еще зависеть, конечно, от той доли капитала, которая будет направлена на интенсификацию процессов очистки, от совершенствования «безотходных» технологий и т. д. (Прим. Н. М.)

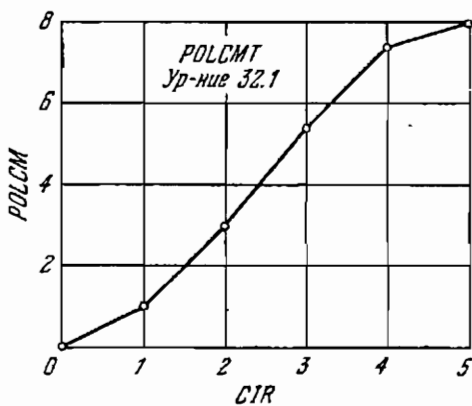


Рис. 3.14. Множитель зависимости загрязнения от объема фондов.

POLA.KL—POL.K/POLAT.K

33, R

POLA — разложение загрязнения (ед. загрязнения/год);

POL — загрязнение (ед. загрязнения);

POLAT — время разложения загрязнения (годы).

3.34. ВРЕМЯ РАЗЛОЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ POLAT

На рис. 3.15 показана предполагаемая зависимость времени разложения загрязнения от уровня относительного загрязнения. Время разложения загрязнения представляет собой «константу» процесса разложения загрязнения. Это есть время, необходимое для разложения 63% какого-либо из существующих типов загрязнений. Время разложения вводится по аналогии с атомным полураспадом. Относительное загрязнение POLR, равное 1, соответствует состоянию среды в 1970 г.; значение POLAT в 1970 г. также берется равным 1. Это предположение означает, что при существующих в 1970 г. условиях необходим один год для того, чтобы около двух третей веществ-загрязнителей распалось (если, конечно, процессы, увеличивающие загрязнение, остановлены). Для некоторых веществ-загрязнителей это слишком медленный процесс. С другой стороны, встречаются и иные оценки, например 90% всего изготовленного ДДТ, по-видимому, все еще находятся в окружающей среде. Конечно, многие типы загрязнений (включая особо опасные вещества) требуют для разложения гораздо больше времени, чем год. (Год здесь используется в качестве усредненной величины.)

Когда же уровень загрязнения возрастает, то время разложения должно увеличиваться. Именно так мы понимаем процессы «отравления» и разрушения очистительно-восстановительных механизмов в природе. Небольшие количества загрязнения разлагаются довольно быстро, а большие приводят к кумулятивному эффекту, тормозящему естественные процессы разложения. Рис. 3.15 отражает гипотетическую ситуацию, при которой время распада двух третей существующего загрязнения возрастает следующим образом: в 5 раз (до 5 лет) при увеличении уровня загрязнения в 20 раз по сравнению с 1970 г.; до 10 лет при росте загрязнения в 40 раз; и до 20 лет при 60-кратном увеличении загрязнения. Такие явления уже наблюдаются. Процессы загрязнения во многих озерах могут стать необратимыми или для восстановления этих водоемов потребуются времена, длительность которых показана на рис. 3.15¹.

При загрязнении выше определенного уровня, даже если скорость образования загрязнения постоянна, замедляется распад загрязнения, в то время как сам уровень загрязнения увеличивается, и процессы перерождаются в процессы с положительной обратной связью.

¹ Факт существования необратимых загрязнений — один из самых тревожных симптомов неблагополучия мировой экосистемы. К сожалению, примеров здесь существует уже довольно много. Постепенное превращение Великих озер в Северной Америке в мертвые водоемы — это уже реальная действительность, причем некоторые из них, например озеро Эри, восстановить уже практически невозможно, поскольку это потребует таких усилий и капиталовложений, которые сейчас не могут быть выделены. (Прим. Н. М.)

Тем не менее химера гибели оказалась вовсе не так страшна: к 2000 году и Великие озера, и Рейн были практически полностью очищены. (Прим. ред.)

Тогда загрязнение быстро возрастает до тех пор, пока не становится настолько высоким, что вызывает снижение численности населения и объема фондов, а это, в свою очередь, приводит к падению скорости образования загрязнения ниже установившегося замедленного темпа разложения.

POLAT.K=TABLE(POLATT, POLR.K, 0, 60, 10) 34, A
 POLATT=.6/2.5/5/8/11.5/15.5/20 34.1, T

- POLAT — время разложения загрязнения (годы);
 TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;
 POLATT — таблично задаваемое время разложения;
 POLR — относительное загрязнение.

3.35. ЧАСТЬ ФОНДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ CIAF

Размещение капитала в зависимости от поставленных целей может быть осуществлено различными способами. Можно было бы построить структуру модели так, чтобы учитывать создание фондов в сельском хозяйстве отдельно от всех других. Однако в нашей системе моделей предполагается, что сначала образуется общий капитал (фонды), а затем уже выделяется часть фондов, предназначенная для сельского хозяйства.

Величина CIAF определяется таким образом, чтобы осуществить постепенный переход от реально существующего объема фондов в сельском хозяйстве к

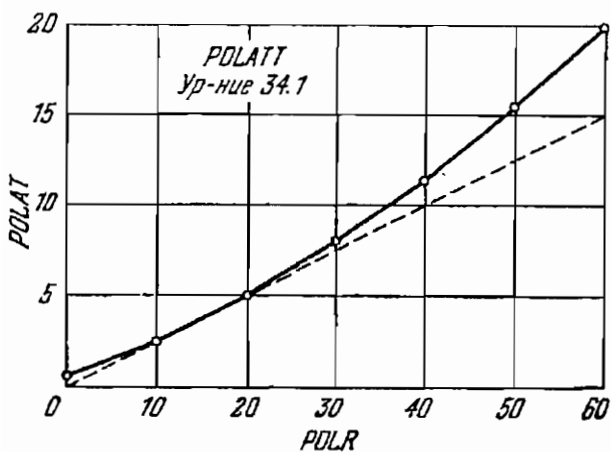


Рис. 3.15. Время разложения загрязнения как функция относительного загрязнения.

тому уровню, который определяется текущими условиями¹.

Требование перераспределения фондов вводит временную задержку, которая представляет собой срок, необходимый для изменения структуры капитала. Постоянная времени регулирования CIAFT принимается равной 15 годам. Она соотносит время «жизни» фондов и время, необходимое для существенного изменения имеющейся структуры фондов. Реальная часть капитала в сельском хозяйстве CIAF изменяется по направлению к «требуемой» доле значения фондов, которая определяется из условий обеспеченности населения пищей. Эта доля капитала равна произведению относительного уровня питания CFIFR на долю капиталовложений в зависимости от качества жизни CIQR. Последний позволяет ввести весовые коэффициенты в определении качества жизни при заданных уровне питания и материальном уровне жизни. Общий результат вычисления части фондов в сельском хозяйстве CIAF задает приоритет продуктов питания перед промышленными товарами, так что требование обеспечить необходимый уровень питания оказывается требованием более предпочтительным, чем требование повысить промышленный потенциал.

¹ При оценке той части фондов, которая используется в сельском хозяйстве, автор должен столкнуться с необходимостью новых гипотез. Здесь могут быть разные подходы. Например, можно считать, что распределение фондов остается неизменным. Автор предлагает ниже более тонкую схематизацию механизмов распределения инвестиций по отраслям — если угодно, некоторый желательный норматив, связанный с оценкой уровня жизни. Это и объясняется на следующих ниже страницах. (Прим. Н. М.)

В связи с тем, что CIAF — системный уровень, необходимо задать его начальное условие. Мы запускаем систему в 1900 г. с начальным значением части фондов в сельском хозяйстве, равным 0.2.

$$\begin{aligned} \text{CIAF.K} &= \text{CIAF.J} + (\text{DT}/\text{CIAFT}) \times \\ &\quad \times (\text{CFIFR.J} * \text{CIQR.J} - \text{CIAF.J}) && 35, \text{ L} \\ \text{CIAF} &= \text{CIAFI} && 35.1, \text{ N} \\ \text{CIAFI} &= .2 && 35.2, \text{ C} \\ \text{CIAFT} &= 15 && 35.3, \text{ C} \end{aligned}$$

- CIAF — часть фондов в сельском хозяйстве;
 CIAFT — время задержки изменения части фондов в сельском хозяйстве (годы);
 CFIFR — предписываемая относительным уровнем питания часть фондов;
 CIQR — доля капиталовложений в зависимости от качества жизни;
 CIAFI — начальное значение части фондов в сельском хозяйстве.

3.36. ОПРЕДЕЛЯЕМАЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫМ УРОВНЕМ ПИТАНИЯ ЧАСТЬ ФОНДОВ CFIFR

На рис. 3.16 показан характер изменения части фондов CFIFR в зависимости от различных значений относительного уровня питания FR. Когда количество пищи уменьшается, необходимо использовать все большие объемы фондов для производства необходимого количества пищи. При возрастании количества пищи объем

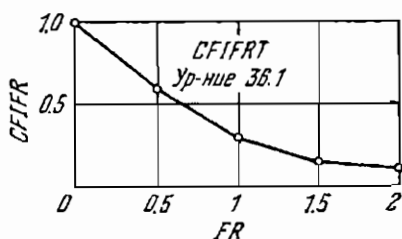


Рис. 3.16. Предписываемая относительным уровнем питания часть фондов как функция относительного уровня питания.

капиталовложений в сельское хозяйство уменьшается¹. Альтернативная модельная формализация вызвала бы непрерывный процесс перераспределения фондов до тех пор, пока относительный уровень питания не стал равен 1². Может быть, такая модель была бы и лучше, так как зависимость, представленная на диаграмме, не обеспечивает подходящего баланса между питанием и материальным уровнем жизни. Этот недостаток частично компенсируется коэффициентом CIQR, описание которого дается в разделе 3.43, благодаря чему часть капитала, предназначенного для производства продуктов питания, зависит от уровня обеспеченности пищей. Это позволяет перераспределять капитал в соответствии с тем, находится в отдельные моменты в критическом состоянии производство промышленных товаров или продуктов питания.

¹ Другими словами — если есть нечего, то весь капитал, все доходы должны быть использованы на производство пищи. Если уровень питания достаточно высок, то можно подумать и об остальных благах. (Прим. Н. М.)

² То есть отслеживать уровень обеспеченности питанием, соответствующий 1970 г. (Прим. Н. М.)

$$\begin{aligned} \text{CFIFR.K} &= \text{TABHL}(\text{CFIFRT}, \text{FR.K}, 0, 2, .5) && 36, A \\ \text{CFIFRT} &= 1/.6/.3/.15/.1 && 36.1, T \end{aligned}$$

- CFIFR — задаваемая относительным уровнем питания часть фондов;
- TABHL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;
- CFIFRT — таблично описываемая часть фондов, задаваемая относительным уровнем питания;
- FR — относительный уровень питания.

Э.Э7. КАЧЕСТВО ЖИЗНИ QL

Качество жизни используется здесь как мера функционирования мировой системы¹. Его значение равно произведению стандартного качества жизни QLS на четыре множителя, зависящих от питания, загрязнения, материального уровня жизни и плотности населения. Стандартное качество жизни определяется условиями жизни в 1970 г. и принимается равным 1. Четыре фактора, влияющие на качество жизни, должны определяться и комбинироваться так, чтобы надлежащим образом отражать необходимость существования каждого из них. Например, низкое значение относительного уровня питания должно вызывать гораздо более существенные изменения качества жизни, чем низкий

¹ Даже и сегодня нет ясности в ответе на вопрос, что такое «качество жизни». По-видимому, речь идет о неизмеримых форматах существования, связанные с коннотациями культуры, цивилизации, трансценденции. Нет никакой возможности выразить их в цифрах и сравнить с уровнем 1970 года. (Прим. ред.)

материальный уровень жизни или высокое значение уровня загрязнения. Аналогичное соответствие устанавливается и между другими компонентами, определяющими качество жизни. При достаточном количестве пищи дальнейшее его увеличение быстро теряет значение для повышения качества жизни, подобно тому как дальнейшее уменьшение загрязнения ниже некоторого разумного уровня уже не имеет значения.

В связи с нелинейным характером зависимости качества жизни от перечисленных факторов происходит изменение их значимости, смена акцентов. На протяжении всей истории человек старался улучшить прежде всего уровень питания и, во-вторых, материальный уровень жизни. Плотность населения имела третьестепенное значение, так как проблемы, связанные с ней, могли быть легко разрешены за счет расселения людей по слабозаселенным территориям. Загрязнение имело ничтожное значение.

Однако такая ситуация может быстро измениться. Загрязнение и плотность населения могут возрасти до такой степени, что станут главными проблемами даже в сравнении с нехваткой продуктов питания. Такое смещение акцентов должно быть отражено при определении качества жизни QL.

$$QL.L=(QLS)(Q.LM.K)(OLC.K)(OLF.K)(OLP.K) \quad 37, S$$

$$QLS=1 \quad 37.1, C$$

- QL — качество жизни;
- QLS — стандартное качество жизни (ед. удовлетворенности);
- QLM — множитель зависимости качества жизни от материального уровня жизни;
- QLC — множитель зависимости качества жизни от плотности населения;

- QLF — множитель зависимости качества жизни от питания;
- QLP — множитель зависимости качества жизни от загрязнения.

3.38. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ОТ МАТЕРИАЛЬНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ QLM

На рис. 3.17 приведена используемая здесь гипотетическая зависимость влияния материального уровня жизни MSL на качество жизни QL . Множитель равен 1 при материальном уровне жизни, характерном для 1970 г. Когда MSL уменьшается до нуля, качество жизни падает до 0.2 его прежнего значения (если все остальные условия в системе остаются неизменными). Значение 5 для множителя MSL соответствует среднемировому значению, примерно равному существующему в настоящее время в США. Здесь предполагается, что такая ситуация может интерпретироваться как повышение среднемирового значения качества жизни в 3 раза. К сожалению, не имеется данных для выбора «правильного» масштаба или крутизны наклона такой кривой. Выбор зависимости такого типа, как на рис. 3.17, произволен. Однако при выборе нового масштаба должны претерпеть изменение и другие концепции и интерпретации, связанные с ним¹.

¹ Эта гипотеза носит «чисто учебный» характер. Представления о качестве жизни очень разные у разных народов. Вообще мне кажется, представлять «качество жизни» в

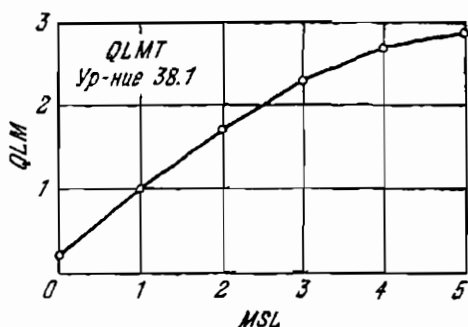


Рис. 3.17. Множитель зависимости качества жизни от материального уровня жизни.

$$QLM.K = \text{TABHL}(QLMT, MSL.K, 0, 5, 1)$$

38, А

$$QLMT = .2/1/1.7/2.3/2.7/2.9$$

38.1, Т

QLM — множитель зависимости качества жизни от материального уровня жизни;

TABHL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;

QLMT — таблично задаваемый множитель зависимости качества жизни от материального уровня жизни;

MSL — материальный уровень жизни.

скалярной форме можно только в классических одно- и двухотраслевых моделях. Как только в моделях появляется несколько видов благ, подлежащих распределению, становится необходимым характеризовать качество жизни уже несколькими показателями. (Прим. Н. М.)

3.39. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ОТ ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ QLC

Достаточно высокая плотность населения должна приводить к падению качества жизни. Существуют различные мнения о степени отрицательного влияния плотности населения. Рис. 3.18 демонстрирует одно из предположений, при котором кривая особенно чувствительна к плотности населения вблизи значения CR , равного 1 (в 1970 г.). При понижении численности населения качество жизни возрастает, вероятно, не более чем указано на рис. 3.18, с возрастанием количества жизненного пространства на душу населения. В условиях экстремально высокой плотности населения качество жизни падает до 0.2 своего значения в 1970 г. Под высокой плотностью здесь подразумеваются все неблагоприятные для людей обстоятельства: психологические эффекты, война и угроза войны, нехватка территории и даже просто отсутствие места, чтобы побыть одному¹.

¹ Предположение о том, что демографическое давление создает угрозу войны, несколько преждевременно (вновь напомним о том, что все современное человечество можно, в принципе, расселить на 1% площади суши). Что же касается стрессообразующего характера высокой плотности населения, то, насколько можно судить, это не характерно даже для западной культуры. А в Корее, Индии, Китае очень высокая плотность населения не приводит к каким-либо отрицательным последствиям и не рассматривается в качестве ограничителя качества жизни. (Прим. ред.)

QLC.K=TABLE(QLCT, CR.K, 0, 5, .5)

39, A

QLCT=2/1.3/1/.75/.55/.45/.38/.3/.25/.22/.2

39.1, T

- QLC — множитель зависимости качества жизни от плотности населения;
- TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;
- QLCT — таблично задаваемый множитель зависимости качества жизни от плотности населения;
- CR — относительная плотность населения.

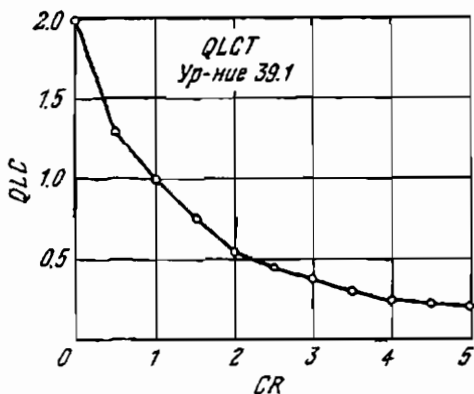


Рис. 3.18. Множитель зависимости качества жизни от плотности населения.

3.40. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ОТ ПИТАНИЯ QLF

Количество пищи — фактор, имеющий самое сильное влияние на качество жизни. На рис. 3.19 показана зависимость параметра QLF от уровня питания FR. Возможно, что множитель должен принимать нулевое значение еще раньше, чем относительный уровень питания станет равным нулю. Качество жизни QL вычисляется как произведение отдельных компонентов. Это означает, что нулевое значение множителя зависимости качества жизни от питания понижает значение качества жизни до нуля независимо от значений других сомножителей, но при достаточно высоком значении относительного уровня питания дальнейшее его увеличение вносит незначительный вклад в повышение качества жизни.

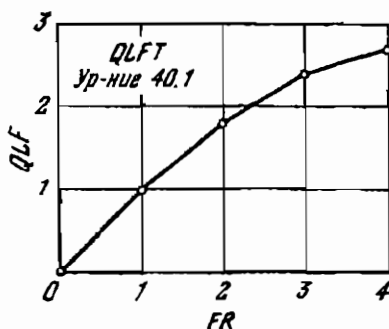


Рис. 3.19. Множитель зависимости качества жизни от питания.

QLF.K=TABHL(QLFT, FR.K, 0, 4, 1) 40, A
 QLFT=0/1/1./8/2.4/2.7 40.1, T

- QLF — множитель зависимости качества жизни от питания;
- TABHL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;
- QLFT — таблично задаваемый множитель зависимости качества жизни от питания;
- FR — относительный уровень питания.

3.41. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ QLP

Предположим, что качество жизни в пересчете на одного человека слабо зависит от загрязнения вплоть до 1970 г., когда относительное загрязнение POLR принято равным 1 (рис. 3.20). Однако мы близки к тому, что загрязнение будет оказывать все большее влияние на качество жизни. Кривая показывает предполагаемую крутизну падения качества жизни при 30-кратном возрастании загрязнения относительно уровня 1970 г.

QLP.K=TABLE(QLPT, POLR.K, 0, 60, 10) 41, A
 QLPT=1.04/.85/.6/.3/.15/.05/.02 41.1, T

- QLP — множитель зависимости качества жизни от загрязнения;
- TABLE — логическая функция, задаваемая таблично, с интерполяцией;
- QLPT — таблично задаваемый множитель зависимости качества жизни от загрязнения;
- POLR — относительное загрязнение.

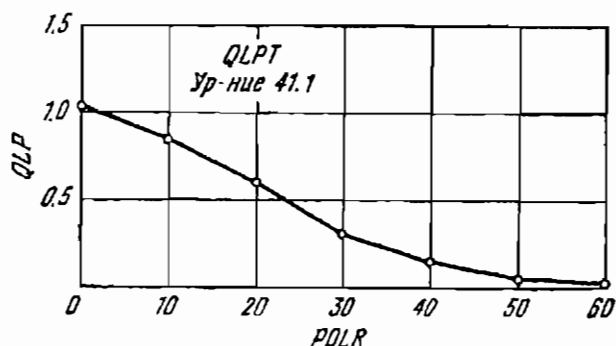


Рис. 3.20. Множитель зависимости качества жизни от загрязнения.

3.42. МНОЖИТЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ДОБЫЧИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ОТ МАТЕРИАЛЬНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ NRMM

Темп использования природных ресурсов зависит от численности населения и материального уровня жизни, отражающего общемировой объем фондов. На рис. 3.21 показана зависимость, в которой потребление природных ресурсов, возрастая вместе с материальным уровнем жизни, достигает насыщения и более не увеличивается. То, что кривая не должна отклоняться от достигнутого уровня, можно аргументировать тем, что материальный уровень жизни означает определенный

уровень потребления природных ресурсов. С другой стороны, видимо, значительная часть современных капиталовложений направляется на научные исследования, накопление знаний и образование и не приводит к истощению природных ресурсов.

$$\begin{aligned} \text{NRMM.K} &= \text{TABHL}(\text{NRMMT}, \text{MSL.K}, 0, 10, 1) && 42, \text{A} \\ \text{NRMMT} &= && \\ &= 0/1/1.8/2.4/2.9/3.3/3.6/3.8/3.9/3.95/4 && 42.1, \text{T} \end{aligned}$$

- NRMM — множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни;
- TABHL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;
- NRMMT — таблично задаваемый множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни;
- MSL — материальный уровень жизни.

3.43. ДОЛЯ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ CIQR

Зависимость, представленная на рис. 3.22, демонстрирует соотношение между множителями зависимости качества жизни от материального уровня жизни и питания. Величина CIQR входит в формулу вычисления части фондов в сельском хозяйстве так, что сельское хозяйство получает капиталовложений больше при значении множителя зависимости качества жизни от материального уровня жизни, превышающем значение множителя зависимости качества жизни от питания.

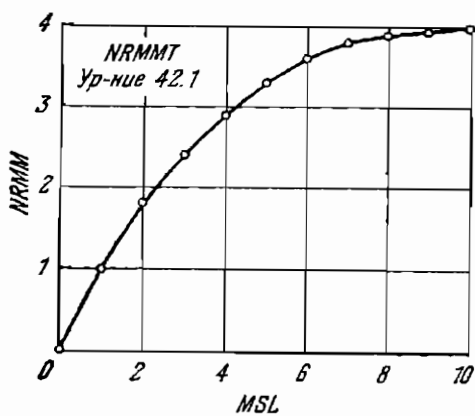


Рис. 3.21. Множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни.

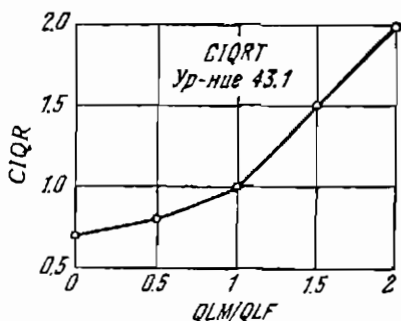


Рис. 3.22. Доля капиталовложений в зависимости от качества жизни как функция отношения множителей зависимости качества жизни от материального уровня жизни и питания.

Это позволяет использовать в системе все большие ресурсы на повышение материального уровня жизни, только если относительный уровень питания возрастает одновременно с ним.

$$CIQR.K = \text{TABHL}(CIQRT, QLM.K/QLF.K, 0, 2, .5)$$

43, А

$$CIQRT = .7/.8/1/1.5/2$$

43.1, Т

CIQR — доля капиталовложений в зависимости от качества жизни;

TABHL — логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией;

CIQRT — таблично задаваемая доля капиталовложений в зависимости от качества жизни;

QLM — множитель зависимости качества жизни от материального уровня жизни;

QLF — множитель зависимости качества жизни от питания.

4. ПРЕДЕЛЫ РОСТА

В предыдущих главах рассматривались предположения, позволившие ввести основные переменные и соотношения между ними для мировой динамической модели.

Подобная модель позволяет оценить поведение системы, а также взаимодействия отдельных ее частей. В процессе обсуждения выяснилось, что сделанные в 3 главе предположения представляются наиболее вероятными. Очевидно, это связано с тем, что эти предположения не выходят за рамки общепринятых воззрений, которыми руководствуются многие из нас. Они также близки к общепринятым взглядам на развитие мировой системы. На основе этих предположений построена модель, с помощью которой может быть проанализирована динамика описываемой системы¹.

¹ Необходимо четко представлять себе, что «рамки общепринятых воззрений» автора соответствуют воззрениям капиталистического общества. Поэтому советского читателя не должны удивлять такие выражения, как «избыточное население», «новая эра мировых конфликтов из-за сырья», «выживание развивающихся стран» и т. д. Это обычная терминология, принятая печатью капиталистических стран, и было бы странным, если бы автор смог ее избежать. Кроме того, автор распространяет получаемые

Элементы модели, описанной в двух предыдущих главах, определяют правила взаимодействия между ними. Эти правила предписывают, каким именно образом каждый блок системы функционирует под влиянием других блоков. Знание этих правил позволяет вычислительной машине выступать в роли различных элементов системы, и при их взаимодействии мы можем наблюдать общую динамику рассматриваемой системы.

Уровни системы, изображенные на рис. 2.1 в виде прямоугольников, определяют темпы их изменений. А темпы, в свою очередь, вызывают изменение уровней системы. Чтобы убедиться в корректности начальных условий, необходимо шаг за шагом проследивать изменение системы во времени.

Динамика системы может привести к абсурдным результатам, что потребует пересмотра начальных условий для отдельных составляющих¹, заложенных в модель. Проследивая развитие частей системы в зависи-

им результаты на мир в целом, игнорируя то, что модель, основанная на принципах капиталистической экономики, не может дать правильных ответов для всего мира в целом. Особенно это касается выводов главы 5 книги. (Прим. Н. М.)

Насколько можно судить по опыту последних десятилетий, советская социалистическая система функционирует (вернее, функционировала) в рамках тех же демографических и экономических законов, что и капиталистическая. Дж. Форрестер в этом плане старался быть объективным, тем более, что на уровне общности, принятом в данной модели, разница между «планом» и «рынком» неощутима. Необходимо, однако, подчеркнуть, что все соотношения, положенные в основу модели, носят четко индустриальный характер: они заведомо ошибочны для доиндустриального общества и, вероятно, неверны в постиндустриальном. (Прим. ред.)

¹ Или пересмотра исходных гипотез. (Прим. Н. М.)

мости от начальных условий, наблюдая за поведением системы в целом, мы улучшаем наше понимание структуры и динамики системы. Данная книга является результатом нескольких последовательных приближений и изменений, сделанных автором. Дальнейшие шаги должны предпринять те, кто имеет иную точку зрения и шире представляет себе предмет исследования.

Рассмотрим поведение предлагаемой модели мира. Любая математическая модель и ее динамический выход предоставляют нам некую информацию о реальном мире. Эта информация складывается из двух частей — информации о поведении какого-то элемента системы или всей системы в целом. Под термином «система в целом» в данном случае подразумевается лишь отдельный аспект поведения системы. Замкнутая система, с одной точки зрения, является лишь частью более сложной системы с другой, более широкой точки зрения, а «точка зрения» определяется рядом описанных временных последовательностей, свойственных данному образу поведения модели.

Интересующий нас образ поведения рассматривает взаимодействия, проявляющиеся при возникновении противоречий между экспоненциальным ростом и фиксированными окружающими условиями. Такие взаимодействия уже начинают проявляться в современном мире.

Мы достаточно много знаем о причинах, вызывающих рост народонаселения и экономики¹. Мы также осведомлены о физических пределах и естественных ресурсах планеты. Мы знаем о том, что существует предельно допустимый уровень загрязнения. Но что произойдет, когда рост экономики и народонаселения

¹ Ясность, господствовавшая в этих вопросах в конце 1960-х годов, оказалась обманчивой (*Прим. ред.*).

приблизится к фиксированным природой пределам и сменится неустойчивой формой равновесия?

Особенно большое беспокойство обычно выражается по поводу необходимости ограничения роста народонаселения. Мы считаем, что экспоненциальный рост народонаселения не может продолжаться бесконечно. Рост населения и развитие индустриализации не беспредельны. Вопрос состоит только в том, когда и как он прекратится, а не в том, прекратится ли он вообще¹.

Мировая модель, рассматриваемая в этой книге, содержит четыре параметра, способных ограничить рост населения, — это истощение природных ресурсов, увеличение уровня загрязнения, перенаселенность, нехватка продуктов питания. В следующих разделах мы проанализируем воздействия этих параметров на рост численности населения. В дальнейшем будут исследованы различные виды равновесия, которые могли бы быть созданы путем проведения соответствующих мероприятий.

4.1. КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ГРАФИКАМИ

Все графики, к которым мы будем в дальнейшем обращаться, в значительной степени унифицированы.

¹ Подобное утверждение в значительной степени преждевременно, так как вывод автора основан на результатах настоящей работы. (Прим. Н. М.)

Правильно было бы сказать, что прекращение экспоненциального роста неизбежно, если человечество останется навсегда привязанным к одной планете. Но это и так очевидно. (Прим. ред.)

По горизонтальной оси (абсцисс) во всех графиках отложено время с 1900 г. по 2100 г. Ось ординат многозначна, так как на каждом графике приводится большое количество данных. Масштабы по оси ординат указываются слева от графика в виде таблицы для соответствующих переменных.

4.2. ИСТОЩЕНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

В результате исследований было установлено, что модель, описанная в главах 2 и 3, представляет систему, в которой процесс роста сменяется упадком в результате истощения природных ресурсов. Рис. 4.1 показывает поведение мировой модели, описанной в главе 3. По оси абсцисс отложено время с 1900 г. по 2100 г. На графике представлено пять кривых, иллюстрирующих изменение четырех основных уровней системы и параметра качества жизни. Как мы видим, население достигает своего максимума в 2020 г., а затем начинает убывать, что вызывается истощением природных ресурсов. Истощение естественных ресурсов резко снижает эффективность капиталовложений и материальный уровень жизни и, как следствие, приводит к сокращению народонаселения.

Запасы ресурсов начинают катастрофически уменьшаться уже к 2000 г.¹ При сохранении существующих

¹ Но сейчас «на дворе» 2003 год, и ничего катастрофического с ресурсами так и не произошло. Тема грядущей энергетической катастрофы, впрочем, по-прежнему муссируется в печати: теперь дата перенесена на 2050 год. Думается, что до этой даты индустриальная экономика «не доживет»

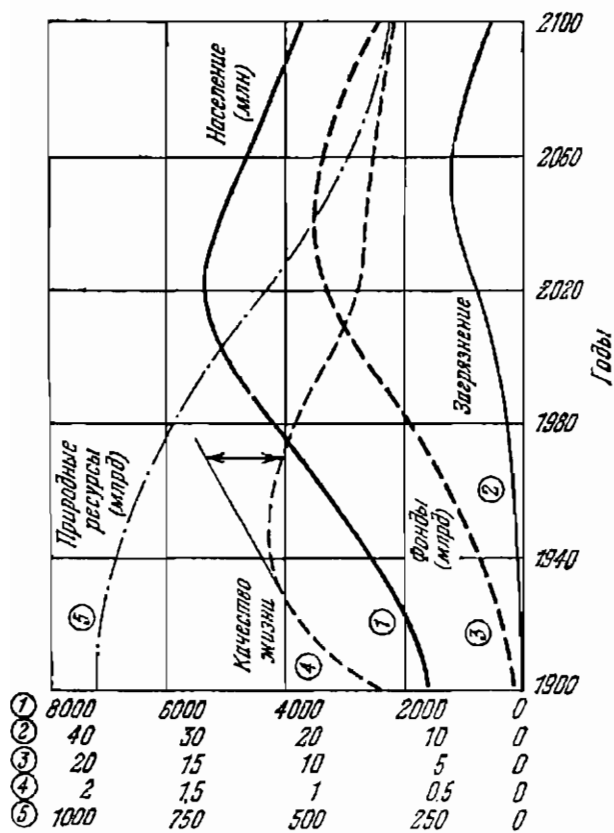


Рис. 4.1. Первоначальный вариант модели. Капиталовложения и численность населения уменьшаются из-за истощения природных ресурсов.

темпов использования ресурсов может произойти полное их истощение уже к 2150 г.

При построении модели в разделе 3.8 предполагалось, что природных ресурсов¹ должно хватить на 250 лет развития человечества, если темп их использования сохранится на уровне 1970 г. Но для рис. 4.1 темп потребления ресурсов, не показанный на этом графике, возрастает в 1.5 раза за период с 1970 г. по 2000 г. из-за увеличения численности населения и капиталовложений. Причем влияние недостатка природных ресурсов начнет сказываться значительно раньше, так как усложняется задача добычи ресурсов из истощенных и бедных месторождений, что учитывается в модели множителем добычи природных ресурсов (раздел 3.6)². Увеличение потребности и уменьшение добычи полезных ископаемых приведут к недостатку ресурсов не через 250 лет, а уже через 30—50 лет³.

Анализ мировой системы часто основывается на сравнении ныне существующего положения с ее предельными возможностями. При таком подходе наши секундные потребности обычно кажутся значительно меньшими в сравнении с имеющимися запасами ресурсов. Но при этом обычно упускают из виду два фактора. Во-первых, наши потребности возрастают в два раза

по структурным причинам, никак не связанным с дефицитом ресурсов и ростом народонаселения. (*Прим. ред.*)

¹ Разведанных. (*Прим. автора.*)

² Необходимо отметить, что в рамках данной модели не предусмотрены открытие и разведка новых месторождений полезных ископаемых. (*Прим. Н. М.*)

³ Видимо, для алармистских прогнозов «пятьдесят лет» — это мировая константа. Срок, с одной стороны, достаточно малый, чтобы пугать обывателей, но с другой — достаточно большой, чтобы не пришлось отвечать за провал прогноза. (*Прим. ред.*)

каждые 20—30 лет, а во-вторых, последствия надвигающегося кризиса начинают проявляться значительно раньше, чем достигается сама кризисная ситуация. Как можно видеть из рис. 4.1, эффекты нехватки ресурсов проявляются значительно раньше того времени, когда ресурсы будут полностью истощены, и, как будет ясно из дальнейшего, можно лишь оттянуть проявление этих эффектов, если сохранить темпы потребления ресурсов на современном уровне. Можно ожидать также все возрастающего влияния факторов недостатка продуктов питания, перенаселенности и загрязнения. Многие индустриальные страны сейчас развиваются очень быстро и все больше нуждаются в природных ресурсах, которые поступают в основном из развивающихся стран. Что же произойдет, когда страны — экспортеры сырья начнут сокращать поставки, предвидя, что скоро они сами начнут нуждаться в сырье?¹ Уже сейчас начинает ощущаться влияние надвигающейся нехватки природных ресурсов. Будут ли индустриальные страны пассивно наблюдать, как их экономика приходит в упадок, в то время как в других странах все еще существуют запасы ресурсов? Не возникнет ли новая эра мировых конфликтов, первопричиной которых станет отсутствие сырья?

На рис. 4.1 максимум загрязнения приходится на 2060 г. и его величина в 6 раз выше уровня загрязнения в 1970 г. Но загрязнение еще не достигло того значения, которое может вызвать все возрастающие трудности, отраженные в следующем разделе. На рис. 4.1

¹ Разве не ясно, что произойдет? Развитые страны заменят в данной развивающейся стране правительство, используя для этого политические, диверсионные, а при необходимости — военные методы. Об этом писали уже О. Генри и М. Твен в самом начале XX века. (Прим. ред.)

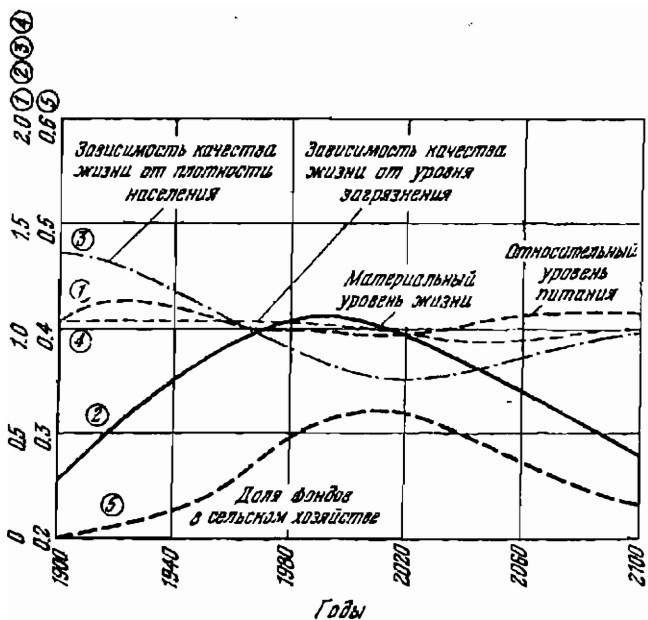


Рис. 4.2. Первоначальный вариант модели.

Материальный уровень жизни достигает максимума и затем падает в связи с истощением природных ресурсов.

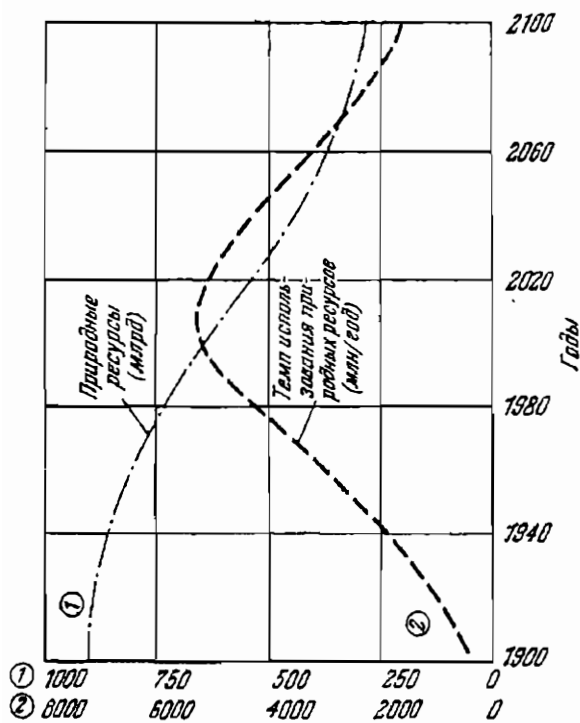


Рис. 4.3. Первоначальный вариант модели. Темп использования естественных ресурсов достигает максимума около 2010 г., а затем падает, так как уменьшаются общие запасы ресурсов, население и объем капиталовложений.

максимум качества жизни приходится примерно на 1960 г. Качество жизни снижается к 1970 г. и после этого стабилизируется¹. Но что значит максимум качества жизни в то время, когда в мире растут социальные противоречия? Это станет более понятным, если мы сравним прогнозы с реальностью. На рис. 4.1 проведена экстраполяционная кривая качества жизни по данным, предшествующим 1940 г. Согласно этой тенденции, должен был бы продолжаться рост, характеризовавший начало XX века, но в действительности кривая уходит вниз от этой экстраполяции. Разрыв между ожидаемым и реальным уровнями обозначен стрелкой. Обычно именно в районе максимума или минимума переменной величины наблюдается наибольшее расхождение между ожидаемой и действительной величиной переменной. Такое расхождение Эдвард Бенфилд иллюстрирует следующим образом: хотя наши города находятся в лучших условиях, чем когда-либо раньше в истории, они менее всего оправдывают наши ожидания (I).

Кривые на рис. 4.2 иллюстрируют поведение четырех относительных величин, характеризующих качество жизни в том же интервале времени и для тех же условий системы, что и на рис. 4.1, и той же доли капиталовложений в сельское хозяйство. Материальный уровень жизни достигает максимума примерно в 2000 г., а затем падает. В этом случае размеры капиталовложений на душу населения возросли, а нехватка ресурсов еще не достигла того уровня, который снизил бы эффективность капиталовложений. На рис. 3.17 иллюстрируется связь между материальным уровнем жизни и качеством жизни.

¹ Качество жизни росло в период 1970—2000 гг., хотя и довольно медленно. (Прим. ред.)

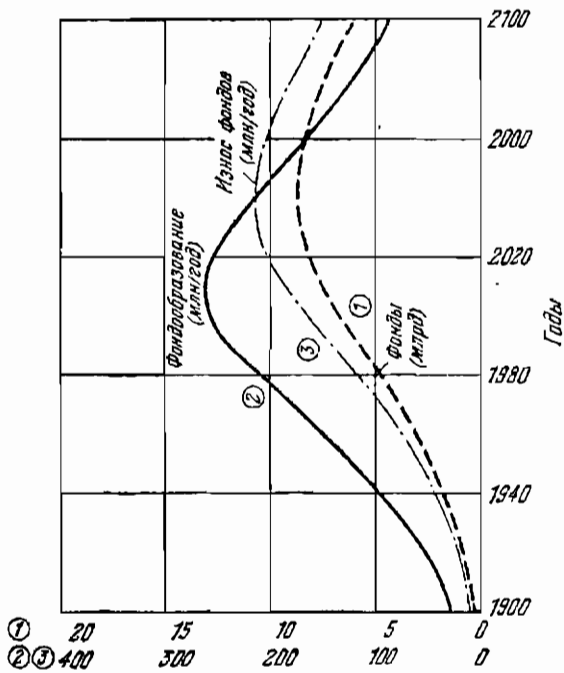


Рис. 4.4. Первоначальный вариант модели. Темп генерации фондов падает после 2010 г., но не опускается ниже значения темпа износа фондов до 2040 г., т. е. до момента, когда начинает уменьшаться уровень капиталовложений.

На рис. 4.2 доля капиталовложений в сельское хозяйство увеличивается в первые сто лет от 0.2 до 0.32. Как видно из рисунка, это увеличение возникает по двум причинам. Во-первых, материальный уровень жизни возрастает настолько, что нет необходимости ассигновать капитал для дальнейшего повышения качества жизни. С другой стороны, незначительно падает относительное количество продуктов питания, которое сильно зависит от доли капиталовложений в сельскохозяйственное производство. Из графика видно, что падение материального уровня жизни и рост относительного количества пищи изменяют необходимый уровень капиталовложений в сельское хозяйство. Множитель зависимости качества жизни от плотности населения сначала уменьшается, а затем увеличивается снова, в то время как численность населения растет, а затем уменьшается. Множитель зависимости качества жизни от загрязнения имеет противоположный характер, что видно из рис. 4.1.

Рис. 4.3, как и рис. 4.1, относится к первоначальной модели с добавлением кривой темпа использования природных ресурсов. Максимум кривой темпа использования природных ресурсов приходится на точку, совпадающую с максимальной отрицательной производной кривой природных ресурсов, т. е. естественные ресурсы убывают быстрее всего в тот момент, когда скорость их использования наибольшая.

Рис. 4.4 также относится к первоначальной модели и показывает изменение генерации и износа фондов на фоне кривой общего объема капиталовложений. До 2040 г. общий объем капиталовложений повышается, так как процесс генерации фондов превышает процесс износа. Максимум общего объема капиталовложений имеет место, когда тенденции начинают уравнивать друг друга. После 2040 г. износ фондов превосходит

генерацию и общий объем капиталовложений сокращается.

Рисунки 4.1—4.4 не следует воспринимать как точное предсказание пути развития сегодняшнего мира. Предполагаемая структура и переменные в модели не были достаточно тщательно проанализированы, чтобы утверждать, что первоначальная модель является наиболее вероятной моделью. Наоборот, ее нужно рассматривать как одну из возможных моделей поведения мировой системы. Можно сказать, что истощение естественных ресурсов не является наиболее вероятным ограничением роста населения. Истинные запасы естественных ресурсов могут быть значительно больше, чем мы предполагаем. Более того, наука может непрерывно находить всевозможные заменители с тем, чтобы отсрочить кризис нехватки природных ресурсов. Если природные ресурсы не ограничивают рост населения и не замедляют темп индустриализации, то анализ моделей позволит определить какой-либо другой параметр в мировой системе, который может привести к другим кризисам. Модель позволяет делать разнообразные эксперименты. Если мы не хотим, например, чтобы природные ресурсы иссякли, мы можем снизить скорость их использования или изменить начальные условия, увеличивая объем предполагаемых запасов сырья, и посмотреть, каким окажется результат в этом случае.

4.3. КРИЗИС ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Модель социальной системы можно исследовать путем изменения структуры и численных величин, чтобы определить, как поведение системы зависит от предполо-

жений, введенных в конструкцию модели. Некоторые изменения в модели проведены, чтобы проверить чувствительность системы к первоначальным предположениям. Другой комплекс изменений позволяет исследовать методы определения путей для улучшения деятельности реальной системы. Третья категория изменений введена для исследования различных типов поведения, которые могут проявиться при функционировании системы. Такой подход использован для более глубокого понимания самой системы. Эта глава рассматривает другие альтернативы, которые могут привести к сокращению роста народонаселения, помимо истощения ресурсов.

Из предыдущего раздела видно, что уменьшение естественных ресурсов задерживает экспоненциальный рост населения и объема капиталовложений. Так как использование ресурсов происходит непрерывно и процесс этот необратим, то непрерывное уменьшение ресурсов не только препятствует росту, но и влияет на поведение всей системы в целом, т. е. вызывает сокращение населения и индустриализации.

Но естественные ресурсы, возможно, не являются решающим фактором мировой окружающей среды. Легко изменить начальные условия в модели системы так, чтобы снизить зависимость от естественных ресурсов.

Предположим, что в 1970 г. скорость использования естественных ресурсов была резко снижена и это не оказало никакого влияния на другие части системы. Это может соответствовать либо изменению оценки действительной скорости потребления мировых запасов, либо открытию новой технологии для уменьшения зависимости от дефицитных материалов. Уравнение 9 в разделе 3.9 описывает темп использования природных ресурсов $NRUNI$ в единицу времени. На рис. 4.5 темп

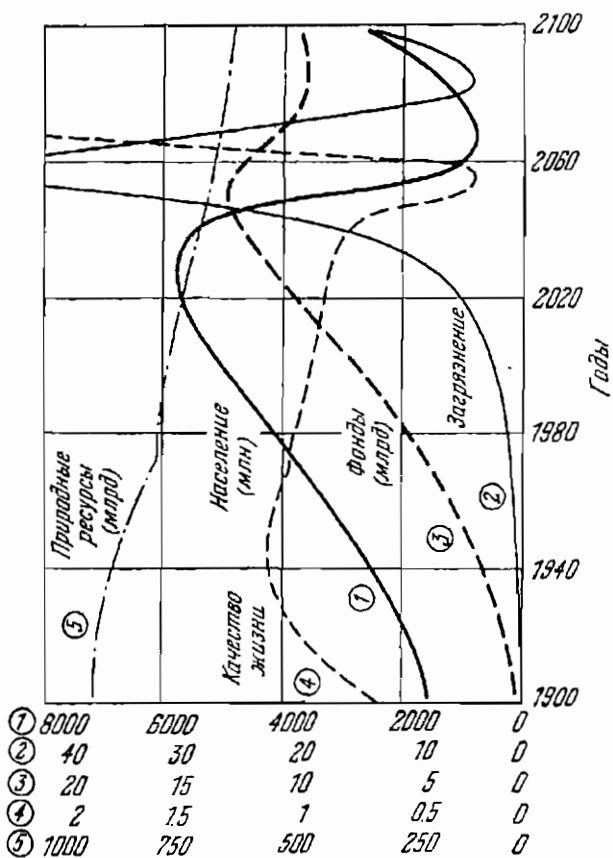


Рис. 4.5. Уменьшение темпа использования природных ресурсов приведет к кризису загрязнений.

использования природных ресурсов был снижен до 25% его первоначальной величины в 1970 г. Это значит, что если все другие параметры системы остаются теми же, то скорость потребления ресурсов после 1970 г. равняется 25% от принятой ранее величины. В действительности же другие параметры тоже изменяются. На использование естественных ресурсов влияют численность населения и материальный уровень жизни, а эти два фактора продолжают изменяться. Уменьшение потребности в естественных ресурсах устраняет один из факторов ограничения развития системы. Выясняется, что если естественные ресурсы больше не ограничивают роста, то в системе возникает другая сила, подавляющая рост.

Такой силой является развивающийся кризис загрязнения, который возникает, если никакие другие факторы не ограничивают роста до того, как это сделает загрязнение. Как показывает рис. 4.5, загрязнение возрастает более чем в 40 раз по сравнению с 1970 г. Чтобы увидеть эффекты снижения использования естественных ресурсов, которое началось в 1970 г., нужно сравнить рис. 4.5 и рис. 4.1. Рис. 4.5 демонстрирует дальнейшее увеличение роста количества населения и капиталовложений. Их рост продолжается до тех пор, пока скорость роста загрязнений не превысит скорости разложения загрязнения. Загрязнение резко увеличивается при перегрузке природных механизмов очистки. Рост загрязнения будет продолжаться до тех пор, пока не подавит процессы, вызывающие загрязнение¹. Это

¹ Либо же — до перестройки «мировой системы» в конфигурацию, превращающую загрязнение в ресурс развития. Такое изменение может произойти и в естественной природной среде (биосфере), и в искусственной среде (техносфере). Примером первой возможности является уже упоминавшийся переход к аэробному метаболизму, в результате

означает сокращение численности населения и объема капиталовложений до тех пор, пока темп образования загрязнений не упадет ниже скорости разложения загрязнений. На рис. 4.5 численность населения падает до $1/6$ своего максимального значения.

В данной модели с уменьшением скорости использования естественных ресурсов процесс образования загрязнения не изменялся. Существует мнение, что загрязнение прямо связано с использованием ресурсов, но это справедливо только отчасти. Применение технологии, направленной на экономию редких металлов, должно привести к использованию химических веществ и пластиков, обладающих такой же или более высокой токсичностью. Так или иначе, будет ли уменьшение населения таким резким, как показано на рис. 4.5, зависит от того, какая часть земного шара подвергнется наибольшему загрязнению. Наиболее полная модель в главах 2 и 3 не делает разницы между индустриальными и развивающимися районами мира. Для вычисления материального уровня жизни весь объем капиталовложений делится на численность всего населения. Если население уменьшается внезапно, модель предполагает, что уменьшающийся капитал используется оставшейся частью населения. Это эквивалентно предположению, что в результате кризиса загрязнения уменьшается та часть населения, которая не использует капиталовложений. Но, вероятно, это не так. Скорее всего нарушение социальных систем и сельского хозяйства привело бы к тому, что численность населения в индустриальных странах уменьшилась бы больше

чего удалось утилизировать, превратив в «непременное условие» жизни, столь сильный клеточный яд как кислород. Вторая возможность реализовывалась в ходе неолитической революции и промышленного переворота. (Прим. ред.)

всего¹. Если так и произойдет, то процесс образования загрязнений остановится прежде, чем численность населения упадет так низко, как показано на рис. 4.5. Другими словами, если основная тяжесть кризиса загрязнения ляжет на страны, создающие загрязнение, то наиболее населенные развивающиеся страны переживут этот кризис с меньшим ущербом для численности своего населения². Предположения, сделанные в рамках модели, должны быть тщательно исследованы повторно, прежде чем решать, какие зависимости будут определять динамику численности населения после того, как оно достигнет максимума. Те, кто участвовал в обсуждении рис. 4.5, утверждают, что начало кризиса загрязнения заставило бы людей пересмотреть свою деятельность и прекратить процессы образования загрязнения прежде, чем наступит катастрофа. Реакция на кризис загрязнения зависит от природы загрязнения и от шагов, которые необходимо предпринять, чтобы процесс не зашел так далеко, как показано на рис. 4.5. Если предупреждение кризиса загрязнения потребует резкого снижения промышленной активности, то такая мера «лечения» может показаться на первый взгляд такой же опасной, как и сама болезнь. Загрязнение можно

¹ Уже указывалось, что это предположение ни на чем не основано и противоречит всем наблюдаемым фактам. (Прим. ред.)

² Даже если игнорировать очевидное стремление промышленных государств вынести загрязняющие производства в традиционный «третий мир» и согласиться с логикой автора, согласно которой экологическая катастрофа разразится прежде всего в индустриальных странах евро-атлантической Ойкумены, неизбежное в подобной ситуации сокращение импорта сельскохозяйственной продукции и, главное, медикаментов приведет к резкому падению численности населения Периферии. (Прим. ред.)

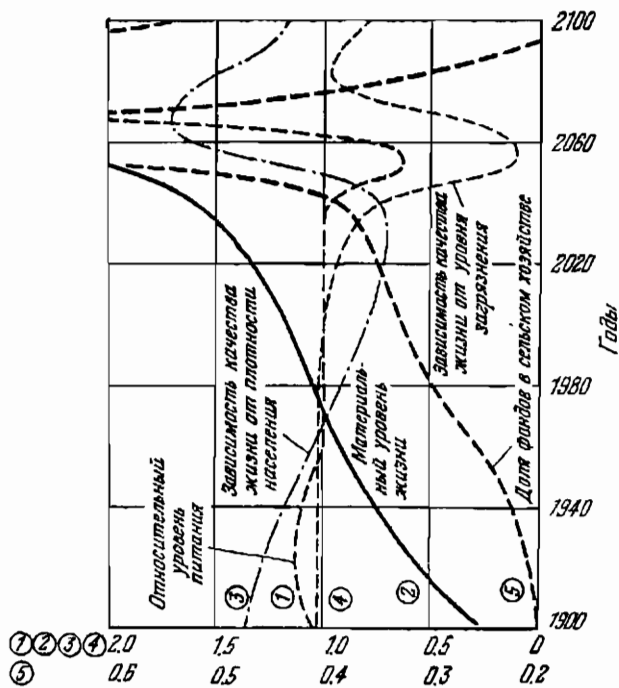


Рис. 4.6. Соотношения в системе во время развития кризиса загрязнения.

действительно считать фактором, тормозящим развитие страны, но таким же фактором явился бы отказ от промышленности, электростанций, заводов по производству удобрений и т. д. Высокая плотность населения возникает только благодаря индустриализации. Без индустриализации трудно было бы сохранить численность населения. Вполне возможно оказаться в такой ситуации, когда продолжение процесса индустриализации может привести к сокращению населения из-за загрязнения, в то время как прекращение индустриального процесса будет означать сокращение населения из-за недостаточной технической оснащённости общества. При встрече с подобной дилеммой представляется разумным немного подождать в надежде, что опасность загрязнения окажется преувеличенной. Но вследствие такой нерешительности цикл загрязнения будет продолжаться.

На рис. 4.5 качество жизни падает по мере того как условия жизни ухудшаются и вызывают уменьшение численности населения. Быстрое увеличение качества жизни после 2060 г. может быть фиктивным и вызываться теми предположениями в модели, которые могут быть нереальны для таких суровых условий. Рис. 4.6 показывает изменение некоторых системных параметров для тех же условий, что и на рис. 4.5. Материальный уровень жизни быстро растёт, когда население начинает убывать. Это происходит в предположении, что весь капитал остался в распоряжении оставшейся части населения и используется им. Это может быть неправильным для тех катастрофических условий, которые описаны в модели. Если падение численности населения из-за роста загрязнения происходит в наиболее развитых странах, места основных капиталовложений и оставшееся население мира могут быть географически разделены. Разница в уровне

развития и образования также помешала бы населению развивающихся стран эффективно вкладывать оставшийся капитал.

На рис. 4.6 видно, что когда относительный уровень питания начинает падать, доля капиталовложений в сельском хозяйстве быстро увеличивается, так как высокий материальный уровень жизни не налагает больших ограничений на капиталовложения, а относительный уровень производства продуктов питания падает из-за пагубного влияния загрязнения на сельское хозяйство. Капиталовложения, предназначенные для сельского хозяйства, растут гораздо быстрее, чем их можно было бы использовать в реальной жизни при таких чрезвычайных обстоятельствах¹.

Во время кризиса загрязнения относительный уровень питания резко падает из-за снижения количества сельскохозяйственной продукции. Это снижение описывается коэффициентом зависимости производства питания от загрязнения, как было показано в разделе 3.28, где утверждалось, что увеличение относительного загрязнения в 40 раз снижает производство пищи на 20% по сравнению с уровнем загрязнения 1970 г. Увеличение относительного уровня питания после уменьшения численности населения происходит вследствие того, что уменьшившееся население имеет в своем распоряжении лучшие земли и оставшиеся высокие капиталовложения в сельском хозяйстве. Население, земля, капиталовложения, возможно, могут быть распределены не лучшим образом. Вполне понятно, что множитель зависимости качества жизни от загрязнения пада-

¹ Автор, очевидно, имеет в виду тот факт, что увеличение капиталовложений в сельском хозяйстве начинает давать эффект через значительно больший промежуток времени по сравнению с промышленностью. (Прим. Н. М.)

ет при 40-кратном увеличении загрязнения. Такое поведение множителя зависимости качества жизни от плотности, представленное на рис. 4.6, является следствием изменения численности населения. При этом опять подразумевается, что вся земля находится в распоряжении оставшегося населения. При предположениях, иных чем те, которые были нами сделаны, параметры качества жизни в правой части графика могут не принимать таких больших значений¹.

Рис. 4.7 иллюстрирует динамику сектора загрязнения в то же самое время и при тех же условиях, что и на рис. 4.6. Загрязнение как следствие увеличения населения и объема капиталовложений растет постоянно примерно до 2050 г. Уменьшение населения, которое начинается в 2040 г., не вызывает немедленного спада в образовании загрязнений, так как объем капиталовложений остается прежним и используется оставшимся населением. Когда население убывает, относительная величина фондов, как описано в разделе 3.23, увеличивается, так как общий объем капиталовложений остается постоянным. Множитель зависимости загрязнения от объема фондов POLCM, введенный в разделе 3.32, увеличивается, пока не достигнет области своего насыщения. Затем образование загрязнения уменьшается вместе с уменьшением населения. Происходит ускорение кризиса загрязнения при условии, что скорость разложения загрязнений не возрастает.

На рис. 4.7 в 2030 г. достигается точка, где разложение загрязнений больше не увеличивается, хотя

¹ Можно согласиться с автором в том, что эффект повышения качества жизни при росте уровня загрязнения является собой явный артефакт и указывает скорее на недостатки модели. Но правомочен вопрос: почему корреляции между численностью населения и тем же загрязнением не подвергаются сомнению? (Прим. ред.)

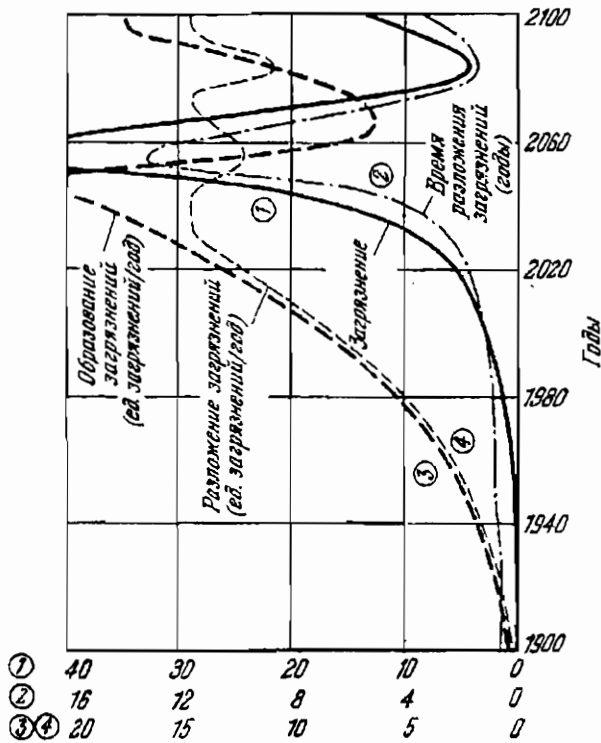


Рис. 4.7. Динамика сектора загрязнения. Отмечается резкое усиление обратной связи при условии, что время разложения загрязнения начинает превышать время образования загрязнения.

общее загрязнение окружающей среды продолжает нарастать. Рис. 3.15 в разделе 3.34 определяет критическую точку при относительном загрязнении POLR в 10 условных единиц. Штриховая линия на графике соответствует случаю, когда время разложения загрязнения пропорционально относительному загрязнению. Как было отмечено в разделе 3.33, разложение загрязнения POLA пропорционально частному от деления уровня загрязнения POL на время разложения POLAT. Если время разложения загрязнения POLAT увеличивается пропорционально времени разложения POLA, то реальная скорость разложения загрязнения остается постоянной (например, для кривой разложения загрязнения на рис. 4.7 между 2030 г. и 2045 г.). Если время разложения загрязнения увеличивается быстрее, чем показано на рис. 3.15 для области выше значения относительного загрязнения в 20 условных единиц, то разложение загрязнения будет падать при возрастании общего загрязнения (например, на рис. 4.7 между 2045 г. и 2060 г.). На рис. 4.7 время разложения загрязнения увеличивается до максимума в 13 лет по сравнению с одним годом, как предполагалось для среднего времени разложения в 1970 г. Именно то обстоятельство, что разложение загрязнения не увеличивается при увеличении общего загрязнения, дает толчок кризису загрязнения. Возможно ли это? Это означает, что процессы разложения нарушаются самим загрязнением. Кажется, что многие уже рассмотренные процессы имеют такой характер. Эвтрофикация (умирание) озер приводит к такому моменту, когда процессы очищения не справляются с увеличивающимся загрязнением. Значительное вмешательство в жизнь растений и бактерий в океанах и лесах может замедлить способность природы восстанавливать свой первоначальный баланс. Наши экологические системы проявляют высокую стабильность

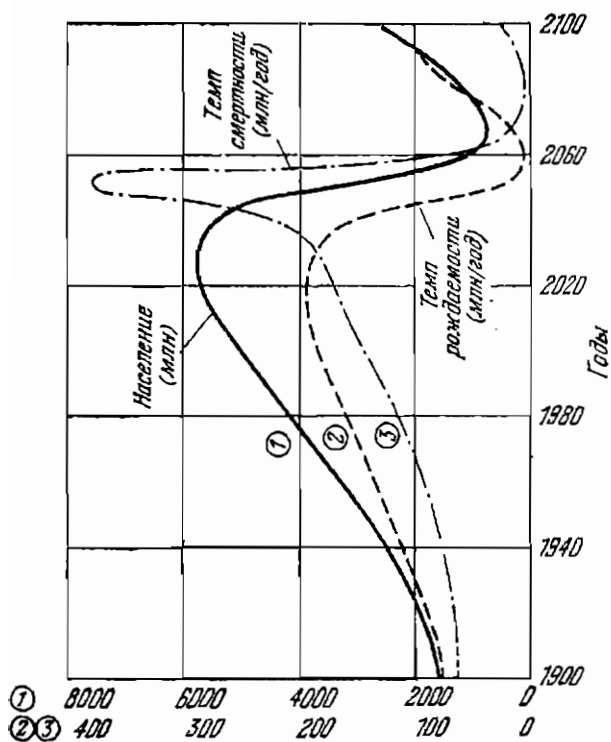


Рис. 4.8. Сектор населения во время кризиса загрязнения.

по отношению к малым возмущениям. Такая стабильность характерна для многоциклических нелинейных систем. Но когда возмущение достаточно велико, процессы, ведущие к восстановлению равновесия, могут отказаться. За критической точкой возможны накапливающиеся и самоускоряющиеся изменения. На рис. 4.5—4.7 показан именно такой момент, когда загрязнение достигает критических значений.

На рис. 4.7 видно, что примерно в 2040 г. создается большой разрыв между образованием и разложением загрязнения. Для прекращения роста загрязнений необходимо, чтобы скорость его образования стала меньше скорости разложения загрязнения. Предположим, что скорость образования загрязнения должна быть снижена наполовину. Это означает, что половина мировой промышленности должна прекратить работу¹. На это отводится только 10 лет между 2030 г. — началом резкого увеличения загрязнения — и 2040 г., когда спасти положение могут только крайние меры. Весьма проблематично, чтобы мировые организации смогли отреагировать за такой короткий срок с достаточной скоростью и энергией.

Рис. 4.8 показывает, что темпы рождаемости и смертности связаны с численностью населения. Условия здесь те же, что и на рис. 4.5, где скорость использования природных ресурсов была уменьшена в 1970 г. Рост загрязнения после 2020 г. воздействует на население двояким образом. Кроме прямого воздействия на рождаемость и смертность, загрязнение влияет на производство продуктов питания. Результатом является резкое увеличение смертности и уменьшение рождаемости с развитием кризиса загрязнения. Число людей,

¹ Или должна быть введена более совершенная технология.
(Прим. Н. М.)

умирающих в год, удваивается между 2030 г. и 2050 г. Примерно в 2060 г. рождаемость падает до очень низкого уровня, частично из-за того, что сама численность населения упала до относительно малой величины, а частично из-за ухудшающихся условий жизни.

Возникнет ли такая ситуация в реальных условиях во время и после кризиса загрязнения, зависит от справедливости обсуждавшихся ранее предположений относительно распределения населения, капиталовложений и земли. Темп смертности на рис. 4.8 в 1900 г. задавался равным или был выше темпа рождаемости. Это представляет собой лишь незначительное искажение начальных предположений, не согласованных с развитием системы должным образом. Такие вопросы, возникающие из поведения модели системы, заставляют нас пересматривать и улучшать модель. Дальнейшее развитие модели входит в программу нашей работы.

Устранение одной трудности или проблемы может привести к замене старой проблемы новой. Часто новый путь развития оказывается менее желательным, чем старый. В частности, например, индустриальные страны теперь стали в основном опираться на развитие технологии для решения своих проблем. Это приводит к успеху, если технология развивается настолько быстро, что освоение географического пространства и естественных ресурсов обгоняет рост населения. Но теперь, когда развитие технологии достигло стадии, при которой ее эффективность растет не так быстро при одновременной ограниченности пространства и ресурсов, технологические «решения» могут все чаще подменять один кризис другим.

В этом разделе мы видели, что вместо проблемы нехватки природных ресурсов возникла лишь проблема загрязнения. Из этих двух проблем кризис загрязнения является более болезненным, чем постоянное напряже-

ние, создаваемое нехваткой природных ресурсов¹. (Хотя, конечно, возможные конфликты за обладание природными ресурсами могут опровергнуть это заключение.)

Такой способ решения задачи путем создания новых проблем являлся причиной провала многих наших программ в прошлом и может привести к таким же результатам в будущем, если мы не уделим больше внимания изучению динамики развития нашего общества.

Становится все более необходимым лучше обосновывать краткосрочные решения и задумываться о более далеких последствиях.

4.4. ПРОБЛЕМА ПЕРЕНАСЕЛЕНИЯ

В разделе 4.2 мы обсуждали, каким образом использование естественных ресурсов снижает численность населения. В разделе 4.3 скорость использования природных ресурсов снижалась настолько значительно, что теперь уже загрязнение оказывалось следующим фактором, ограничивающим рост. Если теперь ограничить в модели влияние и природных ресурсов и загрязнения, то можно исследовать третий фактор, ограничивающий рост населения.

Для этого нормальное потребление природных ресурсов $NRUN1$ примем равным 0 и нормальное загрязнение $POLN1$ равным 0.1 в 1970 г. Это означает, что после 1970 г. никакие дополнительные ресурсы исполь-

¹ И та и другая проблемы являются проявлениями структурного кризиса индустриальной экономики, вызванного исчерпанием свободного пространства, и в этом смысле они эквивалентны. (Прим. ред.)

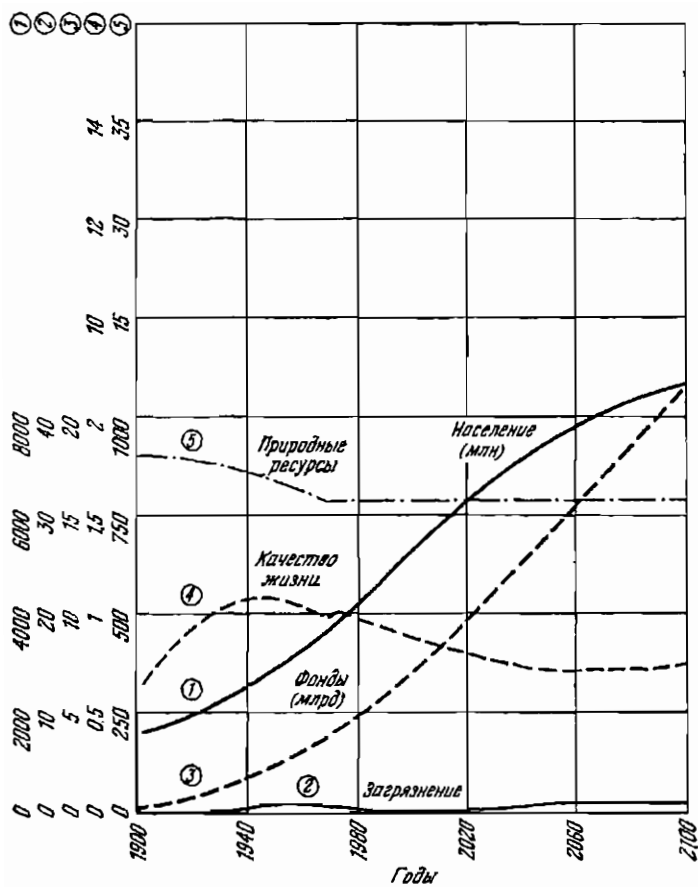
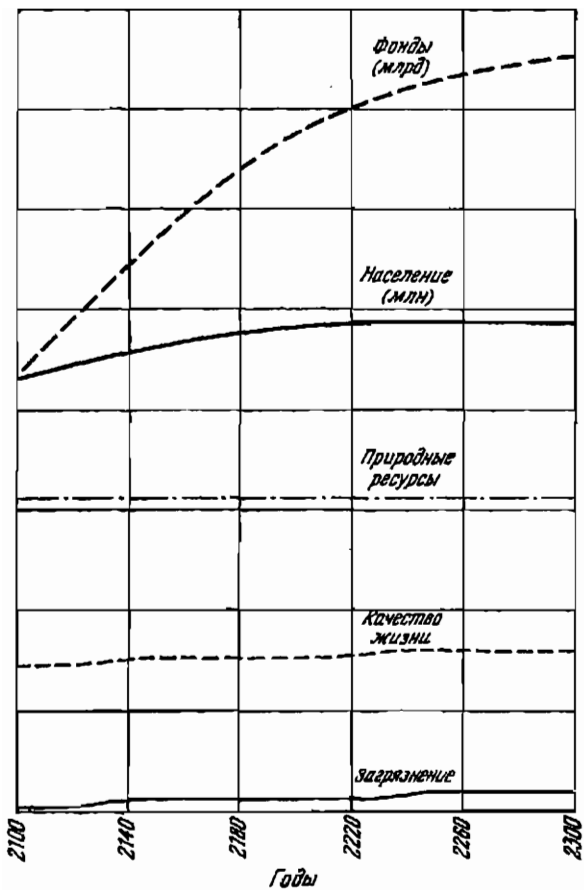


Рис. 4.9. Развитие подавляется только перенаселением, без



учета воздействий естественных ресурсов и загрязнения.

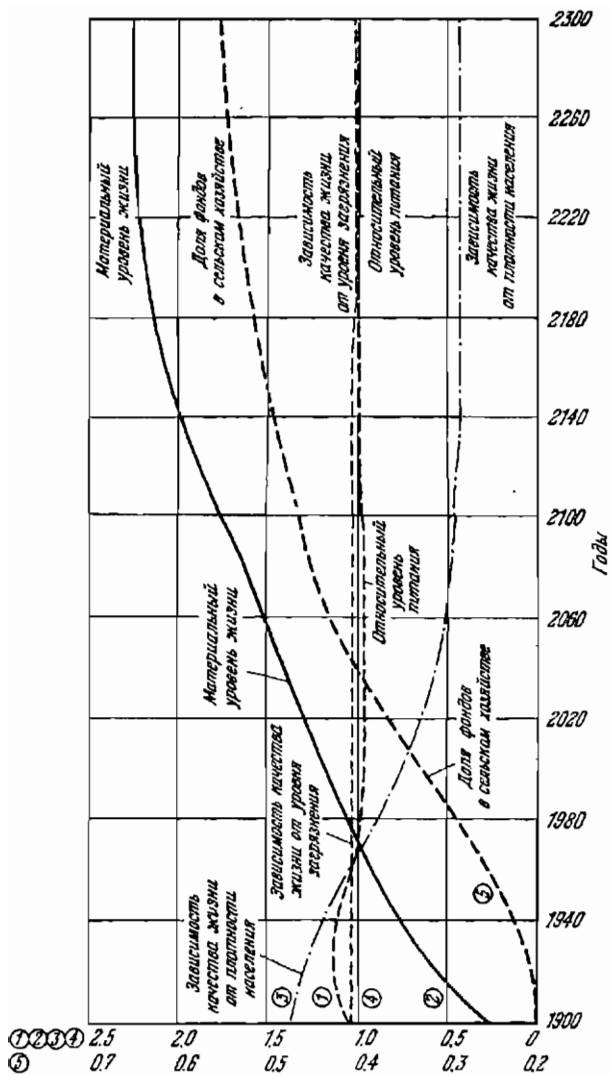


Рис. 4.10. Соотношения в системе при наступлении кризиса.

зоваться не будут и что степень загрязнения будет уменьшена до 10% от его значения. Естественно, это нереальные предположения, так как они подавляют другие части системы и совершенно искусственны. Результаты таких изменений показаны на рис. 4.9. Население растет примерно до 9.7 млрд, что соответствует значению относительной плотности населения 2.65 ($CR = 1$ в 1970 г.). К 2060 г. качество жизни падает настолько, что снижается темп роста населения и его численность к 2200 г. становится практически постоянной¹.

На рис. 4.9 капиталовложения растут до 38 млрд единиц, что соответствует значению относительной величины фондов 3.9 ($CIR = 1$ в 1970 г.). Это возможно только потому, что были сделаны искусственные предположения о неограниченности ресурсов и отсутствии загрязнений. Но рис. 4.10 показывает, что высокое значение относительной величины фондов только частично может поднять материальный уровень жизни, который становится лишь в 2.3 раза выше уровня 1970 г. Бульшая перенаселенность, большой спрос на продукты питания и необходимость использовать земли, менее продуктивные для сельского хозяйства, привели к дополнительным капиталовложениям в производство продуктов питания. Доля капиталовложений в сельское хозяйство возросла от 0.28 в 1970 г. до 0.55 в 2300 г. Такое увеличение капиталовложений в сельское хозяйство может поддержать относительный

¹ При сделанных предположениях динамическая задача для «мировой системы» оказывается эквивалентной динамической задаче для бактериальной колонии в идеальной, но ограниченной питательной среде. Давно известно, что численность такой колонии описывается логистическим уравнением. (Прим. ред.)

уровень питания близким к 1 (т. е. на уровне 1970 г.) на весь период времени.

С ростом капиталовложений пропорционально растет износ фондов *CID*. В то же самое время, как видно из раздела 3.26, стремление к накоплению капитала в дальнейшем начинает ослабляться. В результате наступает момент, когда капитал перестает расти.

Кризис перенаселения в данной модели не носит нарастающего характера, который наблюдался для случая загрязнения. К тому же не учитывается запаздывание по времени между перенаселением и его влиянием на рост численности населения.

То, что эти факторы опускаются (а их можно наблюдать в реальных системах), объясняет плавный рост численности населения и капиталовложений на рис. 4.9 и приближения в конце концов к положению устойчивого равновесия. Если бы существовали задержки по времени, то кривые поднялись бы выше этих равновесных величин и колебались бы около них, а если бы в модель были включены нарастающие процессы, то можно было бы ожидать такого же кризиса для населения, как и в разделе 4.3, вызванного кризисом загрязнения. Такие нарастающие процессы следует ожидать и в случае кризиса перенаселения. Если бы перенаселенность привела к международному конфликту и мировой войне, численность населения, вероятно, упала бы ниже точки равновесия, а затем снова росла бы. Если бы перенаселенность вызвала массовые эпидемии и болезни, то численность населения оказалась бы неустойчивой вблизи положения равновесия. Более тщательно разработанная модель могла бы учесть эти и другие динамические воздействия.

Рисунки 4.9 и 4.10 иллюстрируют развитие модели, связанное с существованием предела перенаселенности из-за влияния плотности населения на его числен-

ность, описанного в разделах 3.14 и 3.16. Плотность также влияет на численность населения косвенным образом, через количество продуктов питания, что видно из рис. 2.1 и разделов 3.19 и 3.20. Качество жизни уменьшается, что определяется суммированием двух основных процессов: возрастающего, связанного с более высоким материальным уровнем жизни, и убывающего, связанного с возрастающей плотностью. Влияние производства продуктов питания и загрязнения на качество жизни, которым мы пренебрегали на рис. 4.9 и 4.10, почти не изменилось.

4.5. УМЕНЬШЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ ПИТАНИЯ

В разделе 4.4 мы пренебрегали влиянием истощения ресурсов и загрязнения на рост населения для того, чтобы продемонстрировать влияние плотности населения. Если теперь пренебречь также и влиянием плотности, то ограничивающим рост численности населения фактором становится недостаток продуктов питания. Для внесения этого изменения в модель сохраним величины $NRUN1$ и $POLN1$ такими, какими они были в предыдущем разделе, и исключим влияние плотности на рождаемость и смертность.

Последняя поправка осуществляется изменением таблиц в разделах 3.14 и 3.16 таким образом, чтобы они не отражали влияния увеличения населения. Это достигается заменой значений относительной плотности населения, больших 1, на величину, равную 1. При этом предположении величина относительной плотности,

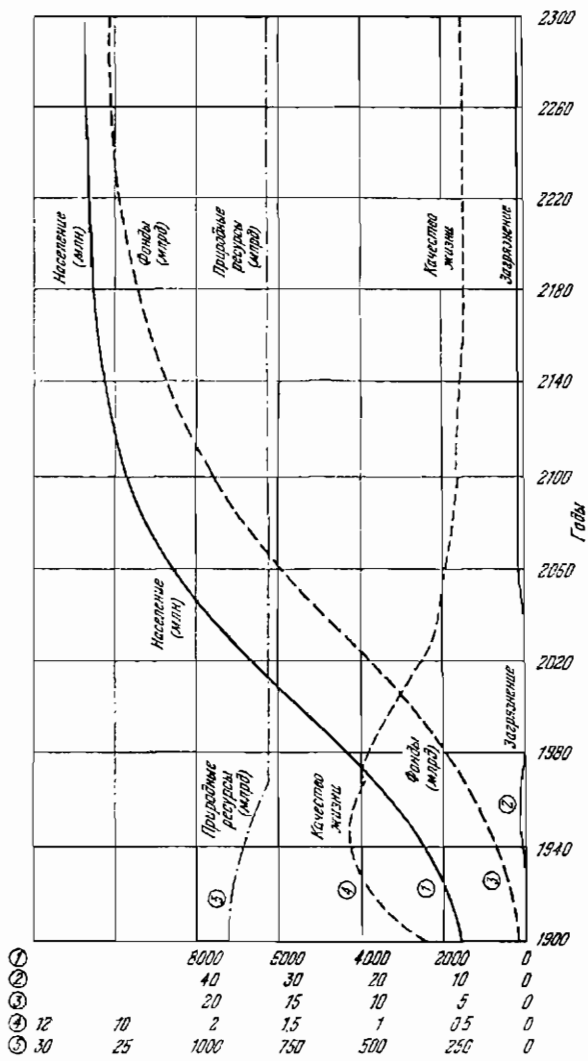


Рис. 4.11. Вариант развития, при котором недостаток продуктов — единственная причина прекращения роста народонаселения.

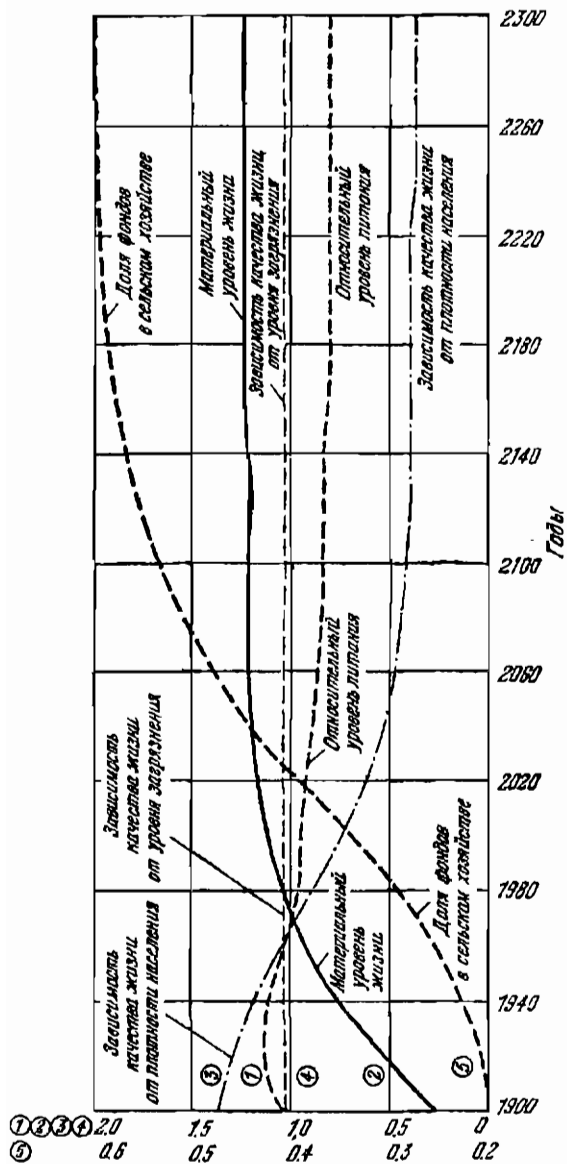


Рис. 4.12. Соотношения в системе при ограничении производства продуктов питания.

определяющая значения темпов рождаемости и смертности, всегда будет иметь значение, равное 1. Результат показан на рис. 4.11.

Численность населения при этом растет до 10.8 млрд, что лишь незначительно больше значения 9.7 млрд, полученного в разделе 4.4. Сравнение рис. 4.11 и 4.9 выявляет различные типы равновесия между численностью населения и объемом капиталовложений. На рис. 4.11 численность населения сначала растет более резко. Это снижает материальный уровень жизни и способность общества накапливать дополнительный капитал. Запросы на продукты питания заставляют капитал перемещаться в сферу производства продуктов питания, что оставляет сектор материального уровня жизни без капиталовложений, нужных для его восстановления на уровне, показанном на рис. 4.9.

На рис. 4.12 наблюдается более низкий материальный уровень жизни и более низкий относительный уровень питания, чем в предыдущих разделах. Качество жизни на рис. 4.11 поэтому существенно ниже.

Поскольку перенаселенность не может оказать прямого влияния на темпы рождаемости и смертности, другие неблагоприятные факторы должны стать достаточно сильными, чтобы остановить рост численности населения. Теперь это происходит благодаря уменьшению уровня питания. Материальный уровень жизни также падает, но это сказывается на численности населения мало, так как темпы рождаемости и смертности растут с падением материального уровня жизни, и они практически компенсируют друг друга. Падение же относительного уровня питания в настоящем случае существенно; его значение составляет 0.77 прежней величины. Этого достаточно, чтобы остановить рост чис-

ленности населения. Если влияние на рост численности населения других факторов устранено, независимо от предположений о чувствительности темпов рождаемости и смертности к относительному уровню питания, численность населения будет возрастать до тех пор, пока уменьшение уровня питания не вызовет прекращение этого процесса.

5. ОЧЕВИДНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕ ВСЕГДА ЯВЛЯЮТСЯ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫМИ

Динамические характеристики сложных социальных систем часто вводят людей в заблуждение. Некоторые из подобных характеристик были впервые получены в выполненных в Массачусетском технологическом институте работах, посвященных индустриальным и городским системам [2, 5]. При решении проблемы о путях воздействия на мировую систему, позволяющих избежать целый ряд кризисов, появляются столь же парадоксальные результаты.

Неожиданные свойства социальных систем проявляются при моделировании индустриальных структур. Довольно часто мы оказываемся членами объединения, которое испытывает известные трудности. Эти трудности могут быть серьезными и, казалось бы, очевидными (например, падение стоимости акций на бирже, низкая рентабельность, неполная занятость). Такие трудности знакомы каждой компании и всякому, кто читает раздел экономических новостей. Первым шагом для того, чтобы понять причины такого положения, может послужить обсуждение в основных чертах тех мер, которые принимаются для решения проблемы. В общем случае мы обнаруживаем, что эти люди правильно понимают свои непосредственные трудности. Они знают, чего они хотят добиться. Они дают себе отчет о

силе организации, о традициях, а также о своих собственных личных целях, и о том, что критическая ситуация вынудит их к определенным действиям. В общем случае, когда обстоятельства не мешают им быть откровенными, они могут объяснить, что они делают для решения этих проблем, и дать разумное обоснование своих действий. Во встретившихся с трудностями компаниях сотрудники обычно добросовестно и в меру своих сил стараются решить главные проблемы. В таких организациях можно узнать о методах, которые хорошо известны и которым, естественно, в этих организациях стараются следовать. Эти методы применяются, разумеется, в предположении, что они помогут преодолеть трудности. Для проверки действенности таких методов они были объединены в некую формализованную модель, которая была исследована с помощью ЭВМ. Во многих случаях выяснялось, что хорошо известные методы приводили к созданию системы, которая начинала испытывать трудности. Иными словами, определенная и целенаправленная деятельность компании очень часто приводит к созданию трудностей для самой компании независимо от того, что происходит вне этой компании или на бирже. Фактически компания попадает в заколдованный круг, в котором направленные на спасение меры лишь усугубляют трудности; это заставляет более решительно действовать в выбранном направлении, и дела идут еще хуже. Расследования и дебаты приводят к тому, что создаются программы, которые выглядят вполне разумно. Дело доходит до определенного решения. Если такое решение в действительности ухудшает положение, то причина этого часто остается скрытой. Так что за ухудшением положения следует умножение ухудшающих положение усилий.

Интуитивно очевидные «решения» социальных проблем имеют тенденцию заводить в одну из нескольких

ловушек, обусловленных характером сложных систем. Прежде всего попытка отреагировать на часть симптомов может только создать новую форму поведения системы, также ведущую к неприятным последствиям. Во-вторых, попытка добиться кратковременного улучшения может привести к трудностям в долгосрочном плане¹. В-третьих, локальные цели для части системы нередко находятся в противоречии с интересами системы в целом. В-четвертых, часто пытаются воздействовать на систему в тех ее частях, где она малочувствительна к такому воздействию и где усилия и деньги тратятся с малым эффектом. Эти четыре характерные ошибки, свойственные решению большинства социальных проблем, далее будут проанализированы подробнее.

Первый тип ошибок заключается в том, что при попытке разрешения старых проблем возникают новые; он был проиллюстрирован в главе 4. Первый пример поведения мировой системы в разделе 4.2 привел к уменьшению численности населения и падению уровня жизни из-за истощения природных ресурсов. Было сделано допущение о принятии некоторого технологического решения, в результате которого система была освобождена от проблемы недостатка природных ресурсов (в разделе 4.3), но в результате развился еще худший вид кризиса — неуправляемый кризис загрязнения. Затем в разделе 4.4 было сделано предположение о том, что загрязнение удастся каким-то образом контролировать, но при этом возникает перенаселенность, в результате которой падает качество жизни и прекращает-

¹ Противоречия между кратко- и долгосрочными интересами (как, впрочем, и остальные «ловушки», отмеченные автором) разрешаются в теоретической стратегии через анализ иерархических уровней системы и удержание целевой рамки. (Прим. ред.)

ся рост населения. В третьей попытке облегчить давление на систему в разделе 4.5 была снята зависимость рождаемости и смертности от перенаселения, что означало бы преодоление психологических проблем жизни в обществе с высокой плотностью населения. Возник еще один, последний, кризис из-за недостатка продуктов питания. Каждая попытка предотвратить кризис приводила к появлению новых трудностей¹.

Второй тип ошибок вызывается тем, что кратковременная и долговременная реакция социальной системы на разные методы управления обычно противоречат друг другу. Обычно воздействия, которые вызывают кратковременные улучшения в системе, в долговременном плане приводят к ухудшениям. Вопрос о том, какой срок является коротким, а какой длительным, обуславливается динамической реакцией интересующей нас системы. В деятельности корпорации коротким может быть срок до трех лет и длительный срок — свыше пяти лет. Для города или страны коротким сроком может быть десятилетие, а длительным — двадцать и более лет. В мировой динамике коротким может являться срок в несколько десятилетий, а длительный срок — от пятидесяти до нескольких сот лет. Методы и программы, улучшающие положение системы в долгосрочном плане, первоначально могут ухудшать его. Это особенно коварное явление! Краткосрочная перспектива первой бросается в глаза и требует немедленных действий. Однако ряд действий, имеющих целью краткосрочное

¹ Вообще-то речь идет об одной и той же трудности: задача добиться неограниченного роста населения при ограниченной площади его обитания, очевидно, не имеет решения. Но, кажется, эту задачу никто, кроме авторов моделей «Мир 1» — «Мир 3», созданных по заказу Римского клуба, и не ставил. (Прим. ред.)

улучшение, может перегрузить систему настолько тяжелыми долгосрочными осложнениями, что никакие даже самые сильные, краткосрочные меры уже не спасут положения. Многие из стоящих сегодня перед миром сложных проблем являются конечным результатом краткосрочных мер, предпринятых в течение последнего столетия. Большие капиталовложения и более интенсивное использование земли в сельском хозяйстве увеличили производство пищевых продуктов в кратковременной перспективе, но в долговременной перспективе они нарушили продуктивность огромных земельных площадей из-за эрозии и засорения.

Третий тип возникших ошибок обусловлен существованием противоречий между целями отдельной подсистемы и благополучным развитием всей системы в целом. Мы наблюдали это на примере городских систем, где целью города является его расширение и повышение уровня жизни. Однако по мере того как город борется за осуществление этих целей, вся страна сталкивается с ростом населения, индустриализации, загрязнения и потребности в продуктах питания.

Интересы более широкой социальной системы — страны или мира в целом — требуют ограничения целей городов, и оказываемое в этом направлении воздействие становится достаточно сильным для того, чтобы удержать площадь и население городов в рамках, удовлетворяющих более общую систему, частью которой является город¹. Страны стремятся к росту своей эко-

¹ В действительности ограничение роста городов носит в основном транспортный характер и крайне слабо связано с проблемами индустрии, загрязнения и т. п. Уже указывалось, что совокупные размеры всех городов мира составляют менее одного процента земной поверхности. (Прим. ред.)

номики, к более высокому уровню жизни, к производству большего количества продуктов питания и даже к увеличению численности своего населения. В результате может наблюдаться углубление противоречий в мире в целом и возникновение сложных проблем в самих этих странах. Мы в настоящее время, вероятно, столкнулись с необходимостью предпринять решительные действия, с тем чтобы избежать в будущем более суровых мер.

Четвертый тип характерных ошибок при анализе социальных систем заключается в том, что такие системы чаще всего нечувствительны к методам, которые мы выберем в попытке изменить их поведение. Чаще всего социальная система привлекает внимание именно к той своей точке, в которой попытка вмешаться потерпит провал. Человеческий опыт, приобретенный в контактах с простыми системами, учит нас, что причину затруднения следует искать рядом с его проявлениями. И поступая так, мы впадаем в ошибку, потому что социальная система предлагает нам кажущуюся причину, которую мы, основываясь на опыте с простыми системами, считаем правдоподобной. В то время как такое впечатление вызывается просто обычным совпадением, которое, как тревожный симптом, возникает в цепи обратной связи большой системы¹.

¹ Но для человеческого организма, который можно рассматривать как пример сложной системы, изоморфной «мировой» (во всяком случае, на принятом уровне моделирования), симптоматическое лечение часто оказывается вполне адекватным и практически никогда не приводит к негативным результатам. Для таких болезней, как холера, желтая лихорадка, грипп, специфического этиотропного лечения не существует, и все, что может сделать врач, — это более или менее успешно воздействовать на симптомы заболевания. (*Прим. ред.*)

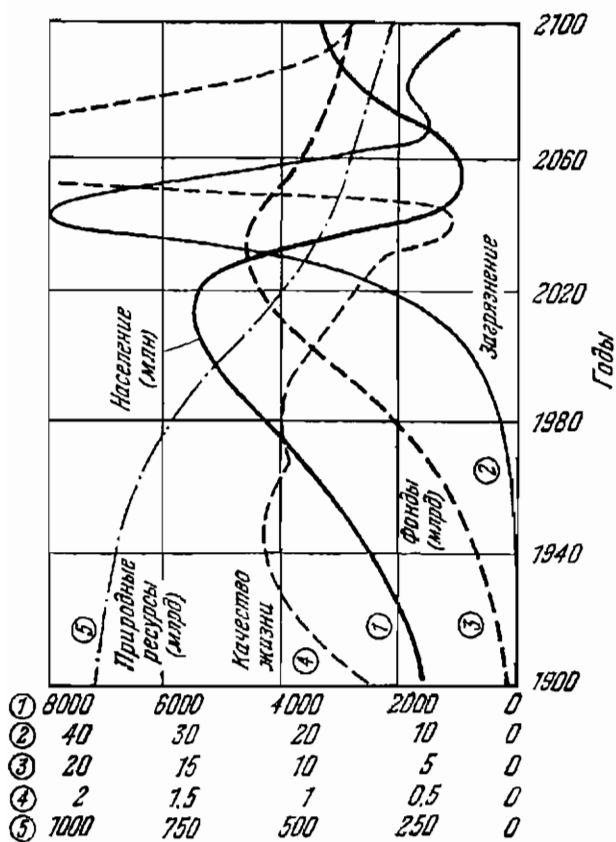


Рис. 5.1. Повышение капиталовложений приводит к усилению кризиса загрязнения.

В мировой системе контроль над рождаемостью является, вероятно, одной из таких ложных чувствительных точек, через которые на самом деле, невозможно воздействовать на систему в целом. При детальном рассмотрении обнаруживается столько факторов, влияющих на уровень рождаемости, что активная программа контроля над рождаемостью неизбежно потерпит поражение из-за ослабления ранее существовавших сдерживающих факторов. В качестве другого примера можно привести одностороннюю попытку разрешить проблему нехватки пищи путем увеличения производства продуктов питания. Подобные программы обычно терпят неудачу, если при этом не сопровождаются одновременными мерами, влияющими на ограничение роста населения.

5.1. УВЕЛИЧЕНИЕ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ

Ускорение индустриализации, вызванное ростом капиталовложений, может быть одним из тех вмешательств в систему, которые в конце концов только заменяют одну присущую системе проблему другой. На рис. 4.1 качество жизни начало падать после 1960 г. Каким образом мог бы быть сохранен прежний рост качества жизни? Одним из путей достижения этого (и именно этим путем мир сейчас и следует) является ускорение индустриализации путем увеличения капиталовложений.

В модели системы можно легко модифицировать методы управления системой, с тем чтобы наблюдать изменения ее деятельности. С помощью модели ответ

может быть получен за несколько минут, и обойдется это значительно дешевле. Соответствие ответа действительности зависит от адекватности модели.

Рис. 5.1 демонстрирует последствия увеличения на 20% в 1970 г. нормального фондообразования CIGN1 (см. раздел 3.25).

Это соответствует тому, что для любого данного набора условий скорость накопления капитала будет на 20% больше, чем была в первоначальной модели. В результате мы снова сталкиваемся с кризисом загрязнения¹. На рис. 4.5 кризис загрязнения появляется из-за того, что природные ресурсы истощались достаточно медленно, в то время как рост численности населения и индустриализация привели к тому, что загрязнение превысило скорость разложения загрязнения в природе. Кризис загрязнения (рис. 5.1) возникает из-за того, что ускорение индустриализации доводит загрязнение до предельного значения задолго до того, как индустриальное общество истощило ресурсы земли.

На рис. 5.1 необходимое на первый взгляд действие привело к большим неприятностям, чем те, которые первоначально предполагалось исправить. Это следствие увеличения капиталовложений показывает, как желательные, на первый взгляд, изменения в социальной системе могут привести к неожиданным негативным результатам. Качество жизни после 1970 г. некоторое время растет, а к 2020 г. падает так же низко, как на рис. 4.1, и далее уменьшается еще больше.

Эффект изменений в системе может оказаться совсем не тем, которого ожидали. Интуиция, рассуждения, аргументы не помогут выявить точные послед-

¹ Мы не можем с ним не столкнуться, поскольку загрязнение было включено в цепочки обратных связей для всех уровней модели. (Прим. ред.)

ствия вмешательства в поведение системы. Только адекватный динамический анализ системы может указать последствия изменения метода управления системой¹.

5.2. СОКРАЩЕНИЕ РОЖДАЕМОСТИ

Какого результата мы можем ожидать от программы контроля над рождаемостью в рамках мировой динамической системы? Не создает ли контроль над рождаемостью новых проблем? Не окажется ли он в противоречии с целями более широкой системы? Не окажется ли его воздействие малоэффективным? Скорее всего последнее.

На рис. 5.2 нормальный темп рождаемости BRN1 (см. раздел 3.2) был уменьшен с 0.040 до 0.028 в 1970 г. Этого достаточно, чтобы прекратить прирост населения, равный 1.2%, который существовал с 1900 г. по 1970 г. При этом в систему не вводятся ограничения по программам контроля над рождаемостью. Сравнение с рис. 4.1 не дает ничего, кроме малых изменений на крайних точках временного интервала.

На рис. 5.2 видна короткая пауза в росте численности населения после начала кампании контроля над рождаемостью в 1970 г. Однако во время этой паузы

¹ Такой анализ содержит в себе все те же «интуицию, рассуждения, аргументы», они упрятаны в исходную модель. Другими словами, динамический анализ системы может быть проще и быстрее интуитивно-логического осмысления ее, но никак не точнее. (Прим. ред.)

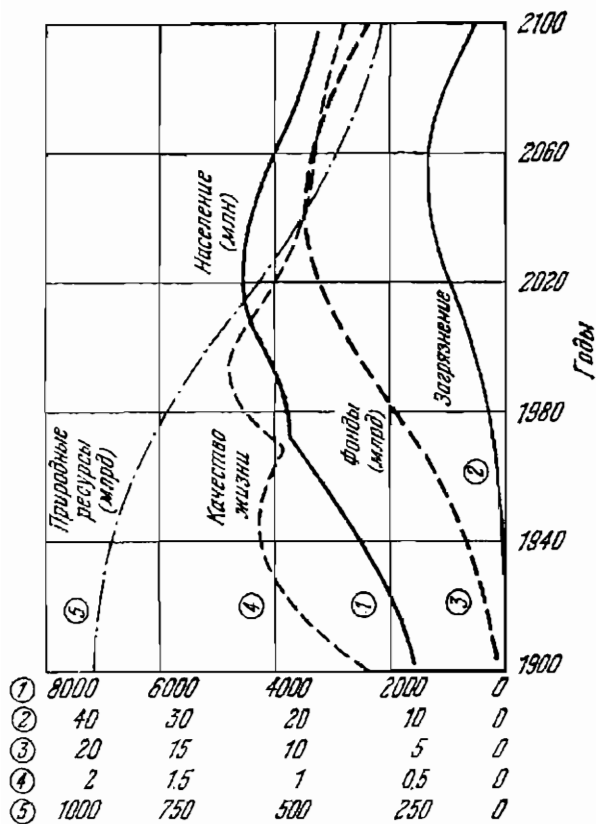


Рис. 5.2. Программа ограничения рождаемости не оказывает воздействия на процесс подавления роста, вызванного недостатком естественных ресурсов.

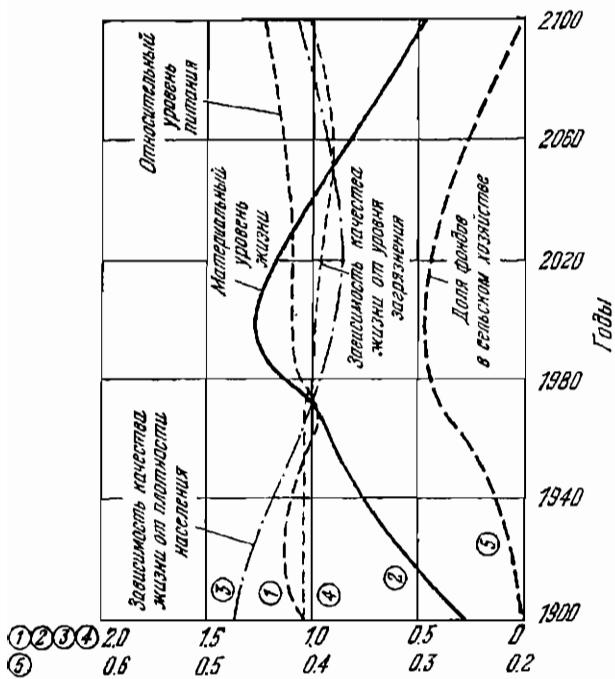


Рис. 5.3. Соотношения в системе при условиях, соответствующих рис. 5.1.

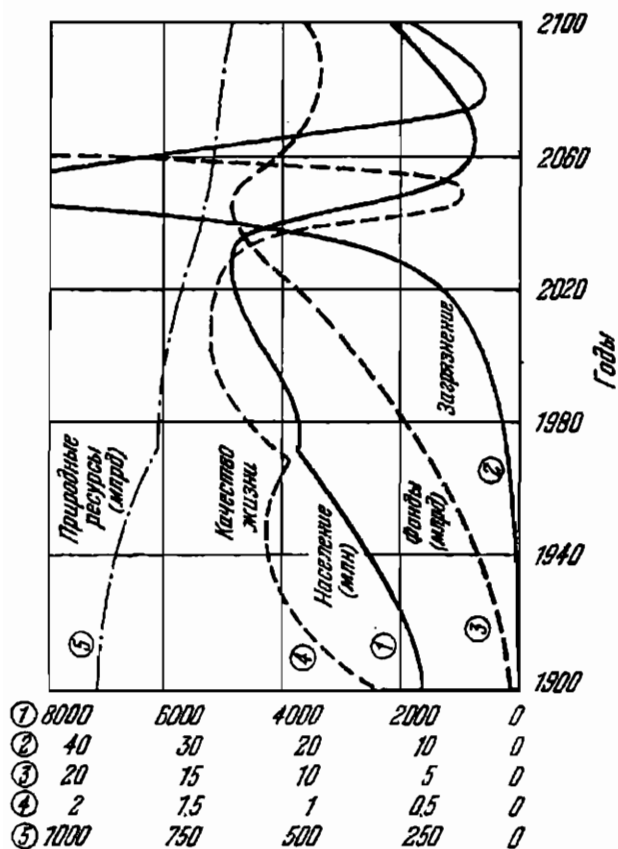


Рис. 5.4. Программа ограничения рождаемости может привести к кризису загрязнения.

капиталовложения продолжают возрастать. Сравнение рис. 5.3 и рис. 4.2 показывает, что материальный уровень жизни и относительный уровень питания возрастают на протяжении десятилетия, в течение которого население остается стабильным. Качество жизни на протяжении этого интервала возрастает, а это ослабляет внешнее воздействие, которое ранее ограничивало рост населения.

Скорость роста населения зависит от многих факторов. Однако эти факторы взаимодействуют между собой таким образом, что уменьшение роли одного из них может вызвать возрастание роли других и таким образом частично компенсирует влияние этого уменьшения. Программа контроля над рождаемостью является одним из многих факторов, влияющих на рождаемость. После того как сделан упор на программы по контролю над рождаемостью, сразу может последовать уменьшение рождаемости. Однако в долгосрочной перспективе другие факторы внутри системы изменяются таким образом, что эффективность этой программы снижается. Из рис. 5.2 видно, что после того как система приспособится к контролю над рождаемостью, сохранится тенденция к росту населения. Поскольку развитие системы по-прежнему ограничено запасами природных ресурсов, численность населения снова достигает максимума и затем уменьшается. Программа контроля над рождаемостью только отсрочит на короткое время угрозу перенаселения, но не исключит определяющего фактора, ограничивающего рост численности населения, каким является истощение запасов природных ресурсов.

Улучшение качества жизни после введения программы контроля над рождаемостью, наблюдаемое на рис. 5.2, является, по-видимому, следствием чрезмерного упрощения данной мировой модели.

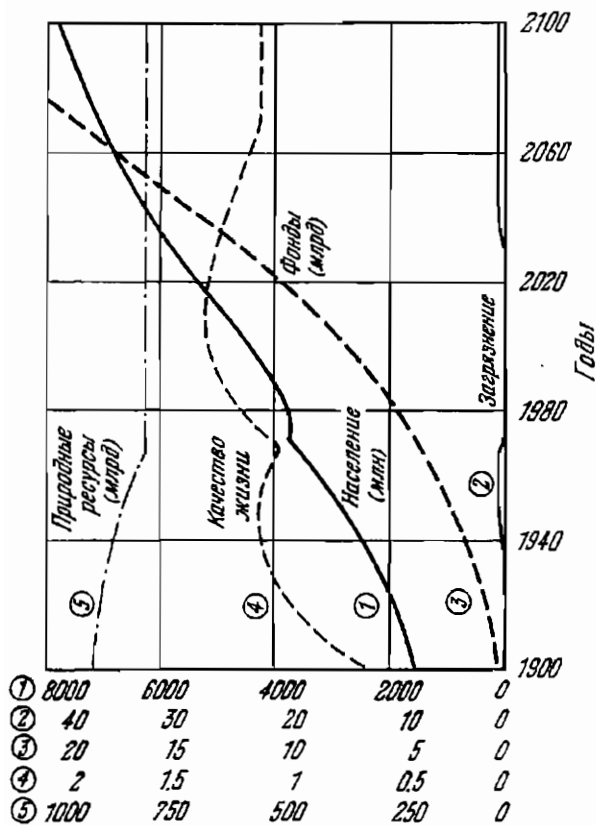


Рис. 5.5. Даже при условии отказа от использования естественных ресурсов и подавления процессов загрязнения народонаселение будет возрастать при 30-процентном сокращении темпов прироста населения.

Однако будет ли программа контроля над рождаемостью успешной в предупреждении иных, чем истощение природных ресурсов, нежелательных последствий развития? Как повлияет, например, такая программа на надвигающийся кризис загрязнения? Этот вопрос может быть изучен путем сравнения последних результатов с поведением системы на рис. 4.5, где кризис загрязнения развился и при уменьшенной скорости использования природных ресурсов.

Рис. 5.4 показывает влияние одновременного уменьшения скорости использования природных ресурсов и рождаемости. Нормальное потребление природных ресурсов $NRUN1$ уменьшено до 25% от первоначального значения, а нормальный темп рождаемости уменьшен до 0.028 (или 70%) своего первоначального значения. Результат аналогичен показанному на рис. 4.5. На рис. 5.4 рост численности населения замедляется до тех пор, пока увеличение относительного уровня питания (не изображенного на рис.) и качество жизни не заставляют его возобновиться. Хотя увеличение численности населения наступает позже и происходит несколько в замедленном темпе, накопление капиталовложений идет почти с той же скоростью, что и на рис. 4.5. И так как загрязнение окружающей среды больше зависит от индустриализации, чем от численности населения, то кризис загрязнения произойдет примерно в то же время, что и на рис. 4.5. Программа контроля над рождаемостью не остановила рост численности населения, не предотвратила она и кризис загрязнения. На короткое время она увеличила качество жизни, но в реальной системе этого, вероятно, не произойдет.

Рис. 5.2—5.4 показывают последствия введения программы контроля над рождаемостью для быстрейшего уменьшения роста численности населения незадолго

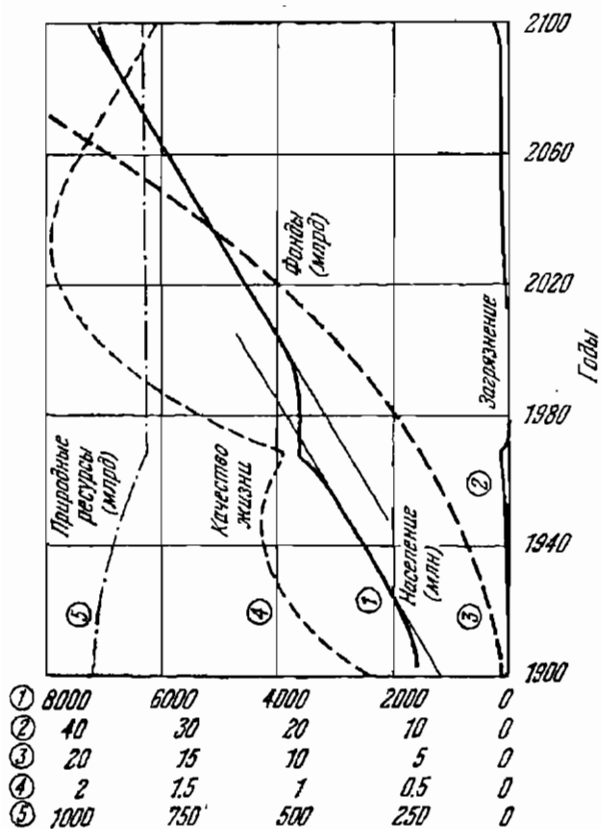


Рис. 5.6. 50-процентное уменьшение рождаемости по сравнению с первоначальной моделью приводит всего лишь к 20-летней паузе в процессе увеличения народонаселения.

до надвигающегося кризиса. Исследуем теперь динамику контроля над численностью населения для случая, когда перенаселенность уже стала препятствием для продолжающегося роста численности населения. Разумеется, это предположение искусственно, поскольку в действительности от проблем нехватки природных ресурсов и загрязнения нельзя избавиться простым изменением коэффициентов модели. Однако полезно изучить пределы роста численности населения в данной модели. Используем рис. 4.9 в качестве исходного состояния, в котором уровни использования природных ресурсов и загрязнения стабилизированы начиная с 1970 г. Также начиная с 1970 г. нормальный темп рождаемости $BRN1$ уменьшен до 0.028. Последствия этого изображены на рис. 5.5. Качество жизни существенно растет в результате роста материального уровня жизни и увеличения относительного уровня питания. Рост количества продуктов питания играет, по-видимому, решающую роль в возобновлении роста численности населения, увеличивая темп рождаемости и уменьшая темп смертности. Влияние роста материального уровня жизни несколько компенсируется одновременным понижением темпа рождаемости и уменьшением темпа смертности, что было показано в разделах 3.3 и 3.11. Сравнивая рис. 4.9 и 5.5, мы обнаруживаем лишь 30-летнюю отсрочку того момента, когда численность населения достигнет 8 млрд. На рис. 5.5 объем капиталовложений растет несколько быстрее, чем на рис. 4.9, поэтому проблемы истощения ресурсов и загрязнения будут более острыми, если не принять соответствующих мер.

Рис. 5.6 отличается от рис. 5.5 тем, что в нем во всемирном масштабе введено жесткое ограничение темпа рождаемости; начиная с 1970 г. величина нормального темпа рождаемости $BRN1$ уменьшена вдвое — с 0.040

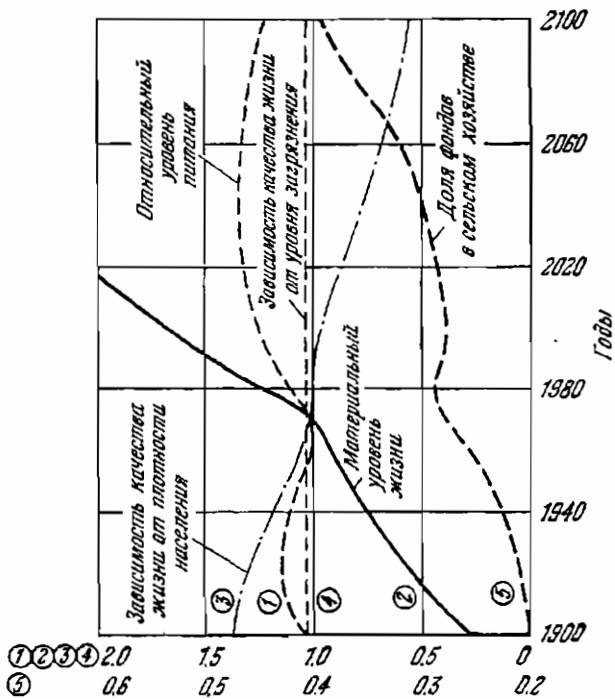


Рис. 5.7. Соотношения в системе для условий рис. 5.6.

до 0.020. В результате наблюдается 20-летняя отсрочка роста кривой численности населения. Тонкие линии на рисунке параллельны и смещены одна относительно другой на 20 лет вправо. По сравнению с рис. 4.9 50-процентное снижение темпа рождаемости отодвигает на 50 лет момент достижения населением численности 6 млрд. Рис. 5.7 показывает рост материального уровня жизни и относительного количества продуктов питания в результате жесткого ограничения рождаемости. Следует сравнить рис. 4.9, 4.10, 5.5, 5.6 и 5.7. Это сравнение показывает, что такие результаты характерны для систем с многозначной нелинейной обратной связью. Вмешательство по одному системному темпу сильнее всего может сказаться на поведении совершенно иной переменной. В данном случае наибольшее влияние испытывает качество жизни. Однако на рост качества жизни в более совершенных моделях и в реальной системе могут повлиять изменения других величин.

Предшествующий анализ модели на ЭВМ показал тесную связь между программой контроля над рождаемостью и качеством жизни. В первоначальной системе численность населения росла до тех пор, пока нехватка продуктов питания и влияние других факторов не приводили рост численности населения в соответствие с другими параметрами расширяющейся социально-экономической системы. Уменьшение нормального темпа рождаемости $BRN1$ вызывает сдвиг уровней системы до тех пор, пока петли обратной связи (рис. 2.5—2.8) не скомпенсируют большую часть влияния изменения нормального темпа рождаемости $BRN1$. Следует отметить, что рассмотренная программа контроля над рождаемостью является довольно реалистичной. Такая программа не устанавливает абсолютного числа рождений в год в отрыве от других факторов, влияющих на систему.

При увеличении числа изменяющихся факторов системы все большее количество петель обратной связи приводится в действие. Уточнение демографической части мировой системы выявило бы многие не рассмотренные здесь факторы, влияющие на рождаемость.

Существенное влияние на рождаемость оказывают психологические и социальные факторы (традиции, народные обычаи). Многие из них выработаны в процессе установления соответствия между численностью населения и темпом рождаемости, с одной стороны, и традициями, касающимися уровня жизни, с другой. В действительности программа контроля над рождаемостью действует в рамках подсистемы демографического сектора мировой системы и окружена уровнями, отражающими структуру общества и его традиции. Многие локальные переменные внутри этой подсистемы могут противодействовать влиянию программы контроля над рождаемостью, прежде чем оно выйдет за рамки демографического сектора и сможет вызвать увеличение качества жизни. Вероятно, следует ожидать значительно меньшего влияния программы контроля над рождаемостью на качество жизни, в отличие от наших результатов. Только дальнейшая детализация демографического сектора и его внутренних обратных связей сможет в полной мере выявить тонкие механизмы (без учета изменений в психологии) воздействия программы контроля над рождаемостью на всю систему.

Из анализа данной модели возникают серьезные сомнения относительно эффективности программы контроля над рождаемостью как средства регулирования численности населения. Даже если бы рост населения был ограничен, это не предотвратило бы трудностей, связанных с истощением природных ресурсов и с загрязнением, поскольку последние больше зависят от объема капиталовложений, чем от численности населе-

ния. Уменьшение рождаемости в действительности увеличивает объем капиталовложений на душу населения и способность к накоплению капитала. Следовательно, вторичным последствием проведения программы контроля над рождаемостью будет увеличение рождаемости и уменьшение роли тех явлений, которые вызывают необходимость введения ограничения роста населения. Программа, которая была бы успешной при неизменных остальных условиях, может потерпеть неудачу из-за нестабильности этих условий. Первые же успехи программы могут привести в движение силы, которые обусловят ее неудачу¹.

5.3. УМЕНЬШЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Индустриальный мир ищет решение своих проблем в развитии технологии. Такой подход сыграл свою роль в прошлом, когда развитие технологии опережало рост численности населения. И земля, и природные ресурсы вводились в эксплуатацию быстрее, чем росла численность населения. Однако технологические решения

¹ В самом деле, любые локальные мероприятия чреваты неожиданными последствиями. Необходим системный подход — рассмотрение всей совокупности взаимовлияющих условий. Но автор рассмотрел не все возможности.

Можно предположить, что рождаемость будет уменьшаться с ростом уровня жизни. Уже это предположение качественно изменит все кривые. Наконец, возможно регулирование фондов, во всяком случае, в тех отраслях, которые связаны с потреблением и загрязнением среды.
(Прим. Н. М.)

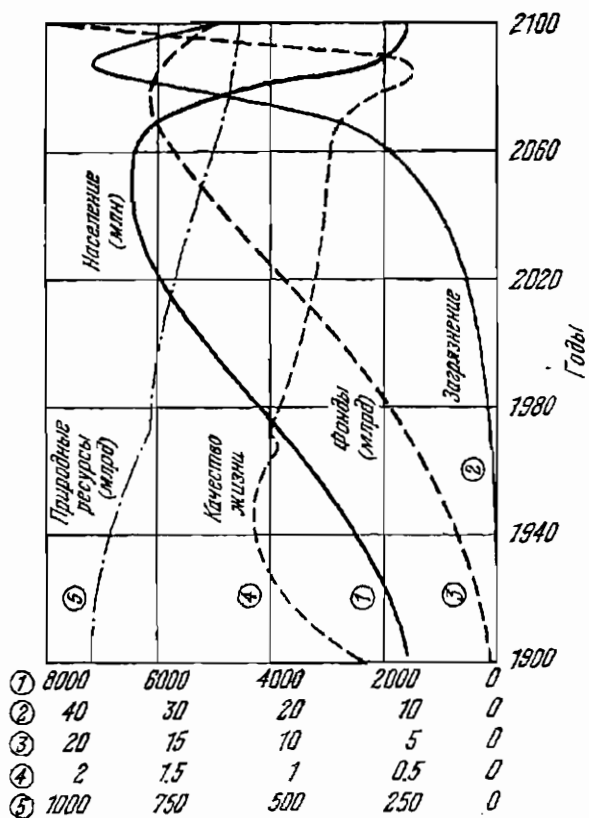


Рис. 5.8. Уменьшение темпа образования загрязнения отдалает кризис загрязнения, позволяет народонаселению и капиталовложениям расти до более высокого уровня.

проблем становятся менее эффективными, когда достигнуты определенные пределы развития¹.

На рис. 4.5 развитие технологии приводит к истощению природных ресурсов и к кризису загрязнения. Предположим, что мы хотим теперь справиться с кризисом загрязнения с помощью применения новейшей технологии непосредственно к процессу образования загрязнения. Рис. 5.8 демонстрирует зависимости, полученные в предположении об уменьшении образования загрязнения на 30% при прочих равных условиях. Это сделано с помощью уменьшения с 1970 г. нормального загрязнения POLN1 (см. раздел 3.31) с 1.0 до 0.7. И как следствие, численность населения и объем капиталовложений будут расти еще 20 лет до наступления кризиса загрязнения.

Численность населения будет на 30% больше, чем на рис. 4.5, прежде чем наступит его резкое сокращение из-за роста загрязнения. Такого результата мы можем ожидать от большинства осуществляемых теперь технологических программ. Они дадут лишь временное ослабление напряженности и позволят населению достигнуть большей плотности. Такого рода «решение» проблемы в действительности заставит большее число людей страдать от окончательных последствий кризиса загрязнения. И снова мы начинаем понимать опасность односторонних решений.

В результате либо напряженность в системе будет накапливаться до тех пор, пока влияние корректирующих факторов не будет преодолено, либо в результате

¹ Или более эффективными. Суждение об уменьшении эффективности технологии есть лишь предположение Дж. Форрестера — оно не вытекает из динамической модели и даже не заложено в нее на уровне проектирования. (Прим. ред.)

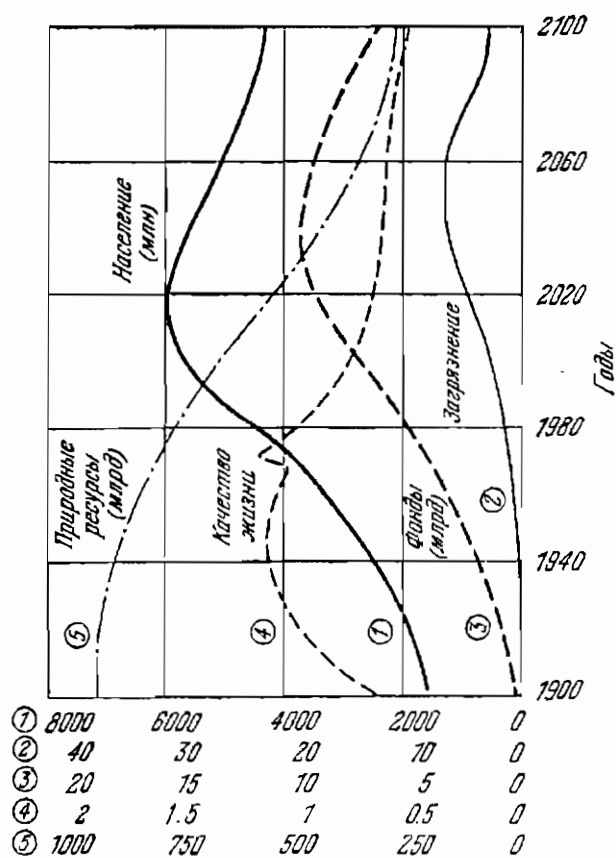


Рис. 5.9. Увеличение производства продуктов питания приводит к увеличению народонаселения.

может произойти изменение динамики поведения системы, как, например, при снижении загрязнения больше, чем на рис. 5.8. Если значение POLNI уменьшить далее (как на рис. 6.1), то система переходит в такое состояние, при котором ее развитие будет ограничиваться запасами природных ресурсов, так как кризис загрязнения будет предотвращен и потребности будут расти вплоть до момента истощения ресурсов.

5.4. ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Большая часть мира ожидает дальнейшего роста производства продуктов питания. Осваиваются пустынные земли. Выводятся более продуктивные сельскохозяйственные культуры. Строятся ирригационные плотины. Вырубаются леса. Каков же результат этих усилий за последние 2000 лет? Насколько уменьшилась нехватка продуктов питания и доля населения, находящаяся на грани голодной смерти? Вероятно, ненамного. Но каким образом такая важная переменная системы, как количество пищи на душу населения, может оставаться стабильной на протяжении тысячелетий при всех изменениях численности населения, площади возделываемых земель и технологии? Это возможно благодаря наличию многочисленных линий обратной связи, которые регулируют численность населения таким образом, что она лишь ненамного превышает ту, которая может быть обеспечена существующим количеством продуктов питания.

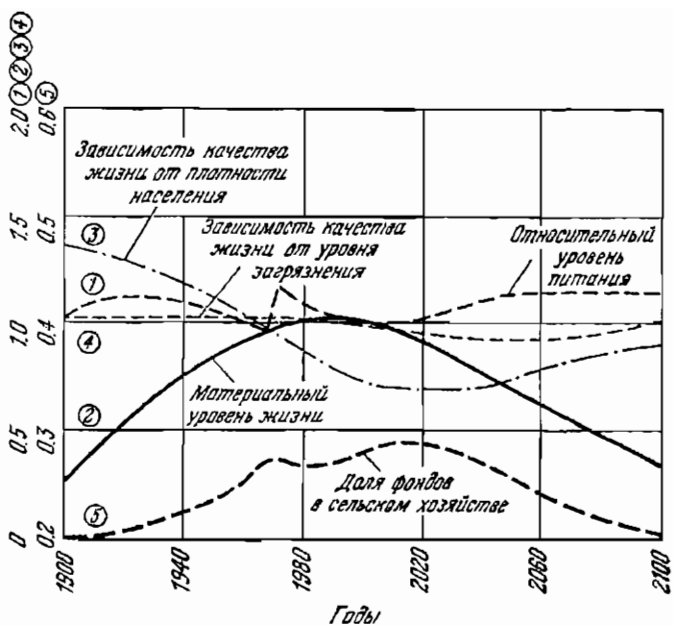


Рис 5.10. Соотношения в системе при условиях рис. 5.9.
 Высокая продуктивность сельского хозяйства
 приводит к оттоку капитала
 из сельскохозяйственного производства.

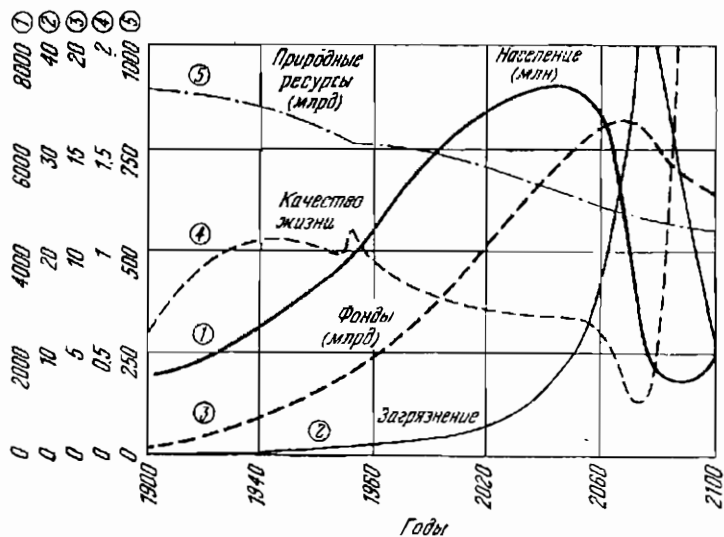


Рис. 5.11. Увеличение производства продуктов питания приводит к увеличению народонаселения и более раннему развитию кризиса загрязнения по сравнению с рис. 5.8.

Динамика возрастания производства продуктов питания показана на рис. 5.9 и 5.10. В 1970 г. относительное количество пищевых продуктов увеличено на 25% путем изменения FCI с 1.0 до 1.25 (см. раздел 3.19). Это вызвало моментальный рост качества жизни, как видно из рис. 5.9. По сравнению с рис. 4.1 наблюдается увеличение темпа рождаемости и возвращение качества жизни к первоначальной тенденции через 20 лет.

Сравнивая рис. 4.2 и рис. 5.10, нужно обратить внимание на интересное поведение доли капиталовложений в сельское хозяйство. Возрастание продуктивности в производстве продуктов питания вызывает уменьшение доли капиталовложений в сельское хозяйство. Если производство сельскохозяйственной продукции возрастает, воздействия, вызванные ее нехваткой, ослабевают и капиталовложения перемещаются в сферу производства других товаров. Несмотря на это, материальный уровень жизни не так высок, как раньше, из-за возрастания численности населения. К 2020 г. качество жизни с возросшим производством продуктов питания на рис. 5.9 немного ниже, чем на рис. 4.1, где их производство не увеличивалось.

На рис. 5.11 к условиям рис. 5.8 добавлено также возросшее производство сельскохозяйственной продукции. Результатом является большая численность населения перед наступлением кризиса загрязнения. Большая доступность продуктов питания допускает перемещение капиталовложений в сферу увеличения материального уровня жизни, и это дает возможность более быстрого накопления капитала. Из-за более высокого уровня капиталовложений кризис загрязнения разражается на 20 лет раньше, чем на рис. 5.8. Начиная с 1980 г. при более высоком производстве сельскохозяйственной продукции качество жизни становится ниже, чем раньше. При достижении равновесия повышенное

производство сельского хозяйства приводит лишь к малым изменениям, причем в нежелательную сторону¹.

5.5. КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРОГРАММЫ

В предыдущих разделах исследовалось отдельно влияние увеличения темпа капиталовложений, уменьшения темпа рождаемости, уменьшения уровня загрязнения и увеличения сельскохозяйственного производства. Ни одна из этих мер в отдельности не в состоянии предотвратить опасности, которые в будущем грозят экологическому равновесию. У читателя может возникнуть предположение, что сочетание этих мер сможет дать лучшие результаты. Рассмотрим такие комбинации.

На рис. 5.11 уже рассматривалось совместное влияние уменьшения использования природных ресурсов, контроля за загрязнением и увеличения сельскохозяйственного производства. Кроме этих мер, на рис. 5.12 рассматривается увеличение нормального фондообразования SICN1 на 20% в 1970 г. В результате кризис загрязнения наступает на 30 лет раньше, чем на рис. 5.11. В остальном существенной разницы нет.

Поскольку рис. 5.12 указывает на возникновение основных трудностей из-за загрязнения, следует ввести более эффективный контроль за загрязнением. На

¹ Что, скорее всего, указывает на ошибку моделирования. Во всяком случае, поверить в уменьшение качества жизни при повышении сельскохозяйственного производства столь же сложно, как и в повышение качества жизни при возрастании уровня загрязнения. (Прим. ред.)

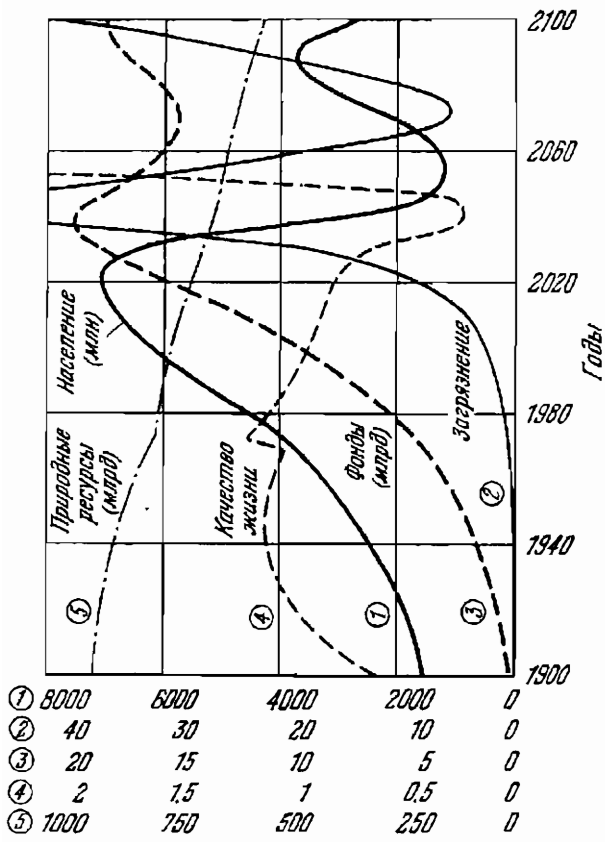


Рис. 5.12. По сравнению с рис. 5.11 увеличение капиталовложений приводит к более быстрому развитию кризиса загрязнения.

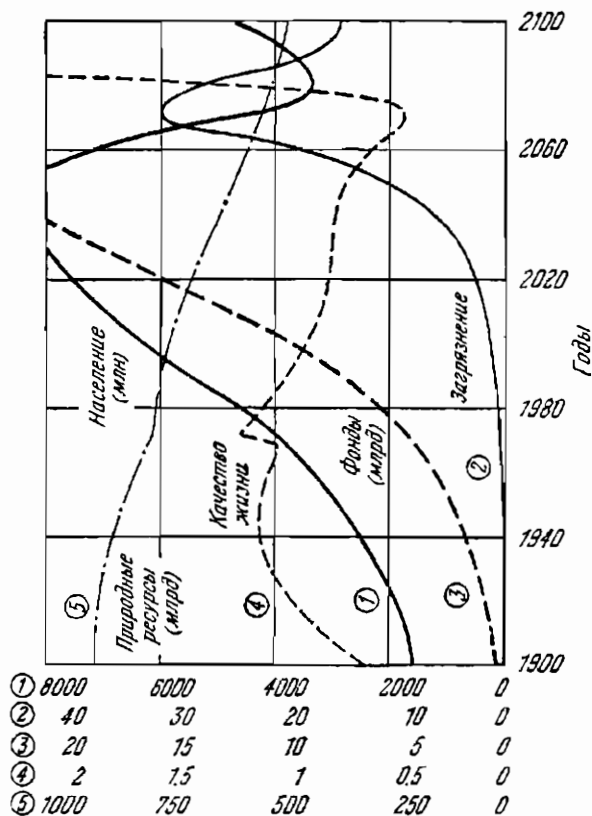


Рис. 5.13. По сравнению с рис. 5.12 уменьшение образования загрязнения приводит к увеличению максимума народонаселения и уменьшению пика загрязнения.

рис. 5.12 нормальный темп образования загрязнения POLN1 уже уменьшен с 1.0 до 0.7. На рис. 5.13 коэффициент загрязнения уменьшен до значения 0.4, т. е. на 60% по сравнению со значением 1970 г. Как видно из рис. 5.8, результатом лучшего контроля за загрязнением будет отсрочка дня, когда человечество столкнется с последствиями кризиса загрязнения. Сравнивая рис. 5.12 и 5.13, мы видим, что улучшение контроля за загрязнением лишь на 20 лет отдалает момент, когда резко сократится численность населения, и позволяет достичь большего объема капиталовложений, прежде чем наступит кризис.

На рис. 5.14 к условиям из рис. 5.12 добавлено уменьшение темпа рождаемости BRN1 (на 30% по сравнению с 1970 г.). На этих графиках максимум численности населения достигается в одно и то же время, но его величина для новых предположений меньше. Капиталовложения вырастают почти до прежнего уровня и вызывают почти такой же кризис загрязнения.

5.6. ИТОГИ ГЛАВЫ

Не следует ожидать, что такие модели, как обсуждаемая в данной книге, точно предскажут явные формы и время будущих событий. Предлагаемая модель должна быть использована лишь для выяснения основных тенденций поведения системы при введении определенных изменений в ее структуру и развитие. Анализ модели не следует поэтому использовать для точного предсказания года, в котором создадутся определенные условия и начнется, скажем, кризис загрязнения.

В отношении развития загрязнения при резком сокращении численности населения уже было указано, что географическое распределение капитала и населения

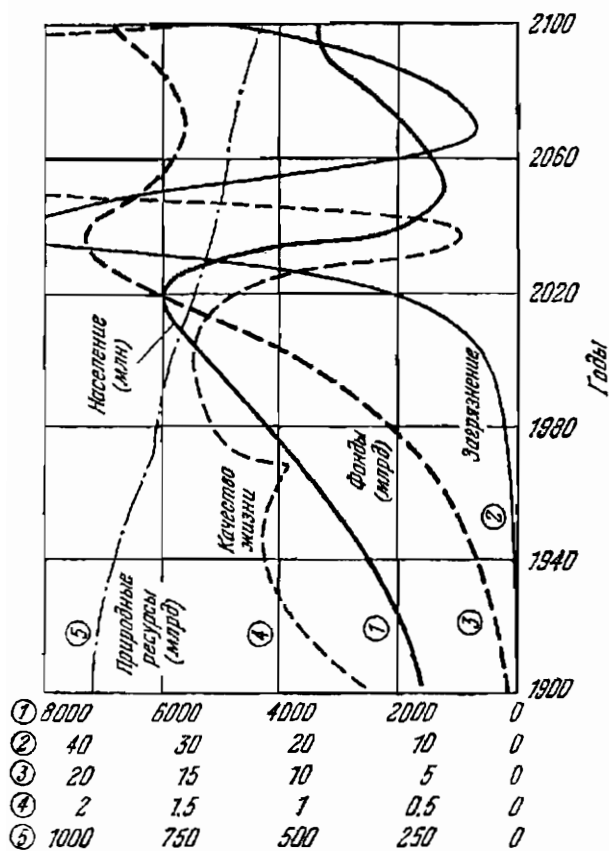


Рис. 5.14. По сравнению с рис. 5.12 сокращение рождаемости уменьшает максимум численности населения, но никак не влияет на процесс загрязнения.

после кризиса загрязнения может существенно отличаться от их распределения до этого кризиса. Характер развития процессов, который описывается данной моделью после момента достижения максимума численности населения, должен подвергнуться критике; особенно это относится к резкому подъему качества жизни, который наблюдается в большинстве проведенных расчетов. Ревизия модели в будущем даст, вероятно, измененную структуру системы, которая будет вести себя более правдоподобно.

Однако то, что случится после момента достижения максимума численности населения, в настоящее время малосущественно. Непосредственный интерес представляют факторы, ограничивающие развитие и рост системы от настоящего момента до максимума, и имеющийся выбор альтернативных решений. В этом смысле модель, видимо, дает разумные ответы, даже если ее выводы противоречат сегодняшним представлениям.

В рамках общепринятых решений экономических и социальных проблем, рассмотренных в данной главе, не существует долгосрочных решений. Если мир не сможет прийти к состоянию устойчивого равновесия, то решение надо искать в других направлениях¹.

¹ Эта фраза очень точно отражает действительность. Если процессы будут идти так, как они идут сегодня, и если впредь механизм функционирования большей части планеты будет определяться стихией капиталистического рынка и отсутствием целенаправленного начала, то избежать кризиса не удастся. (*Прим. Н. М.*)

Всякое развитие происходит через кризис, поэтому задача избежать кризиса вообще не должна ставиться. Представляют интерес прогнозирование кризиса, управление кризисом и утилизация результатов кризиса. Заметим в этой связи, что главным оперативным-тактическим приемом США в Третьей Мировой («холодной») войне было именно провоцирование и последующее использование международного кризиса. (*Прим. ред.*)

Б. К ГЛОБАЛЬНОМУ РАВНОВЕСИЮ

Наши социальные системы не являются идеальными. Ни одна из существующих форм развития не свободна от влияния внешних воздействий и внутренних напряжений. Однако возможны различные типы поведения, одни из которых более, а другие менее желательны. Как правило, более желательные виды поведения нашей социальной системы возможны только при условии, что мы, хорошо понимая динамику системы, решимся пойти на некоторые ограничения и определенные действия. Траектории развития мировой системы могут иметь и более обнадеживающий вид. Однако выработка лучших стратегий потребует таких самоограничений и целеустремленности в долгосрочной перспективе, которые человек может оказаться не в состоянии проявить.

Самой сложной задачей является переход от роста к равновесию. Развитые страны имеют давние традиции, которые поощряли и вдохновляли рост. Но положение меняется. Многие из противоречий нашего общества связаны с изменениями, которые всегда сопровождают переход от роста к равновесию.

Многие исследователи социальных систем приходят к моделям, которые совершают жизненный цикл, начинающийся с роста и

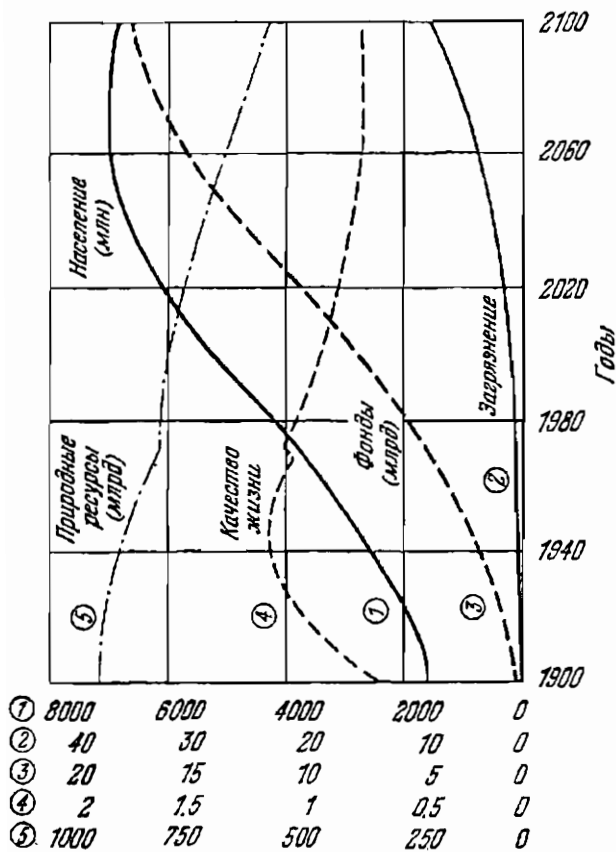


Рис. 6.1. Темп использования природных ресурсов и производство загрязнения уменьшены в 1970 г.

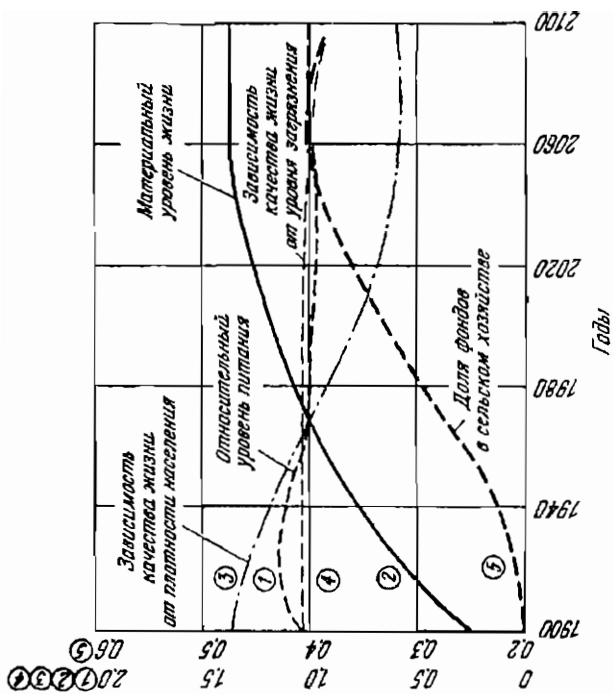


Рис. 6.2. Соотношения в системе для условия рис. 6.1.

переходящий к равновесию. Этот переход всегда сопровождается большими противоречиями, которые в будущем должны возрасти настолько, чтобы преодолеть силы, вызывающие неконтролируемый рост. Напряжения из-за роста численности населения и экономических трудностей в городах в прошлом ослаблялись переселением людей на новые земли. Однако это становится все менее возможным. До настоящего времени имелись практически неисчерпаемые резервы земель в сельской местности и практические возможности для производства продуктов питания. Однако теперь мы приближаемся к критической точке; люди заселили продуктивную землю, сельскохозяйственные угодья используются почти полностью, растет потребность населения в продуктах питания, а города оттесняют сельское хозяйство с плодородных земель. Впервые возрастающий спрос сопровождается уменьшением возможности его удовлетворения. Переход от изобилия к нехватке может произойти внезапно.

Для будущего встает вопрос: как остановить рост? Сделают ли это внутренние процессы в системе, как описано в главах 4 и 5, или этого можно добиться мерами самодисциплины и самоограничений? Для того чтобы остановить экспоненциальный рост, у нас есть много возможностей.

По-видимому, все системы имеют чувствительные точки, воздействием на которые можно улучшить поведение системы. Однако, как было ранее сказано, эти точки в большинстве случаев находятся не там, где их можно ожидать. Если мы хотим остановить рост, следует разорвать петли положительной обратной связи, аналогичные показанным на рис. 2.2, 2.3, 2.8. Сделать это путем прямого контроля над численностью населения не удастся. Попытки стабилизировать численность населения при помощи программы контроля над

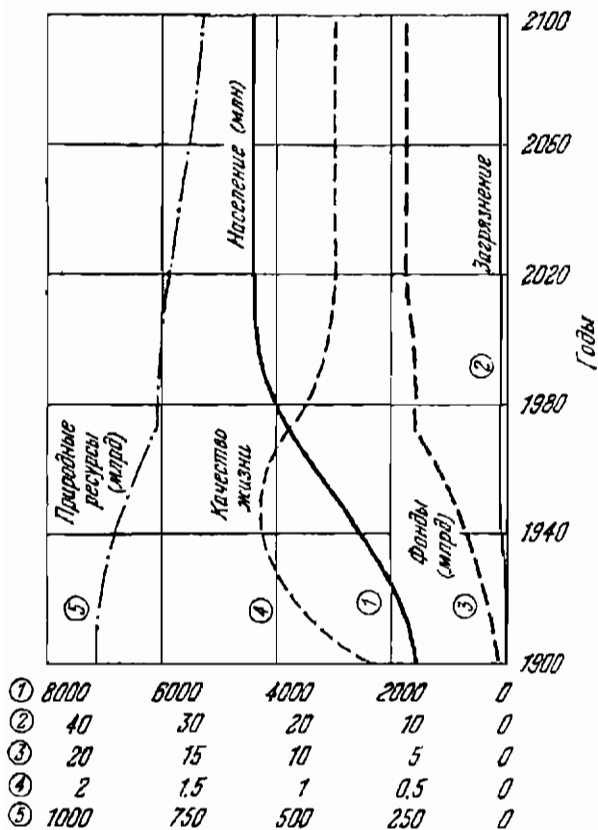


Рис. 6.3. Темп генерации фондов уменьшен в дополнение к условиям рис. 6.1. Народонаселение стабилизируется на относительно невысоком уровне, а качество жизни падает по сравнению с 1970 г.

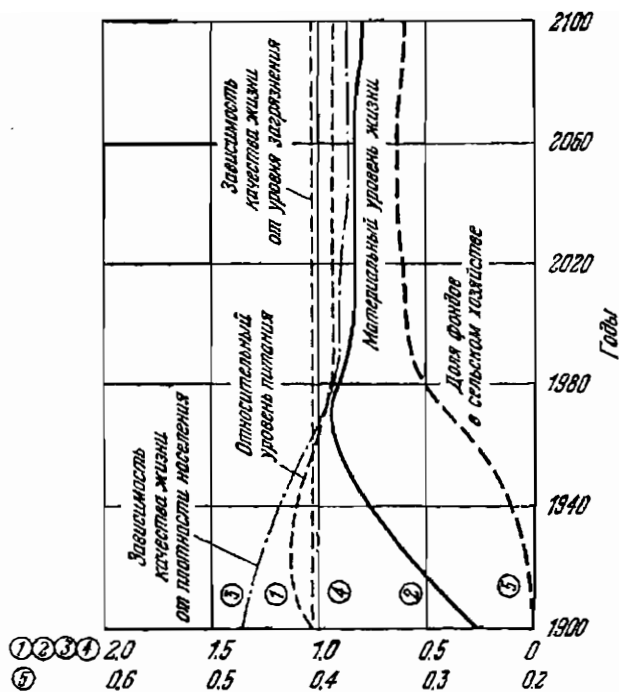


Рис. 6.4. Соотношения в системе для условия рис. 6.3.

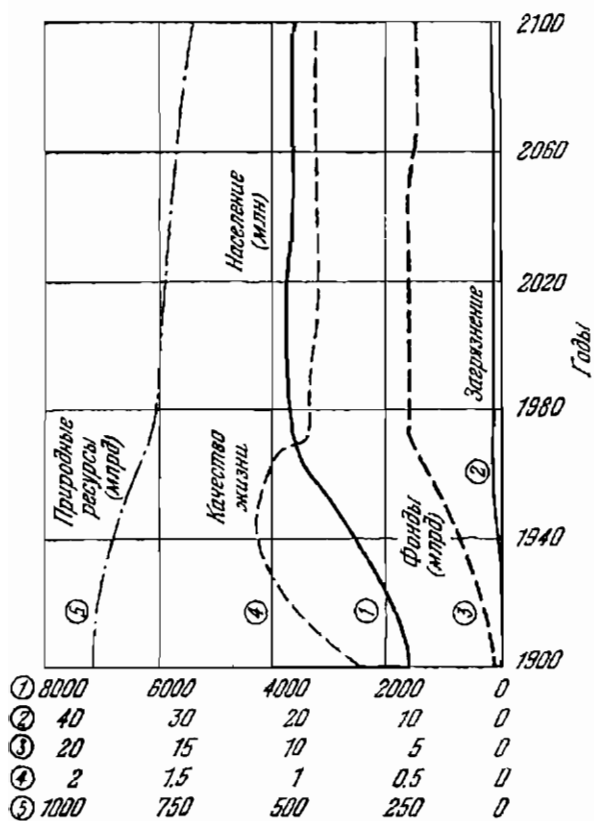


Рис. 6.5. Производство продуктов питания сокращено на 20% по сравнению с 1970 г. в дополнение к условиям рис. 6.3. Народонаселение сокращается, качество жизни растет.

рождаемостью, вероятно, не окажутся эффективными из-за того, что она воздействует не на чувствительные точки системы¹. С другой стороны, и объем капиталовложений, и производство продуктов питания входят в основные петли роста и могут являться исключительно чувствительными точками.

Рис. 6.1 аналогичен рис. 5.8, за исключением предположения о более строгом контроле за загрязнением. В данном случае темп образования загрязнений при заданной степени индустриализации общества составляет 50% от первоначального значения. Ресурсы также используются в четыре раза экономнее, чем в первом варианте развития системы (рис. 4.1). Скорость образования загрязнений теперь достаточно мала. Тем самым предотвращается кризис загрязнения и отодвигается проблема истощения природных ресурсов. Народонаселение имеет максимум незадолго до 2100 г., после чего в следующем столетии оно постепенно уменьшается (на рисунке не показано). Качество жизни, как показано на рис. 6.2, падает в связи с увеличением плотности населения. В то же время загрязнение увеличивается до тех пор пока не приведет к падению качества жизни. Если развитие технологии в системе будет продолжаться, то необходимо проводить в жизнь программы охраны природных ресурсов и установления контроля за загрязнениями. (Но только более эффективное использование ресурсов и удовлетворительная система контроля за загрязнениями еще не решают проблему. Сами по себе эти программы не смогут предотвратить рост численности населения и капиталовложений.)

¹ Не надо забывать, что эти выводы следуют из очень упрощенной демографической модели. Реальная ситуация гораздо сложнее, и ответ не столь однозначен. (Прим. Н. М.)

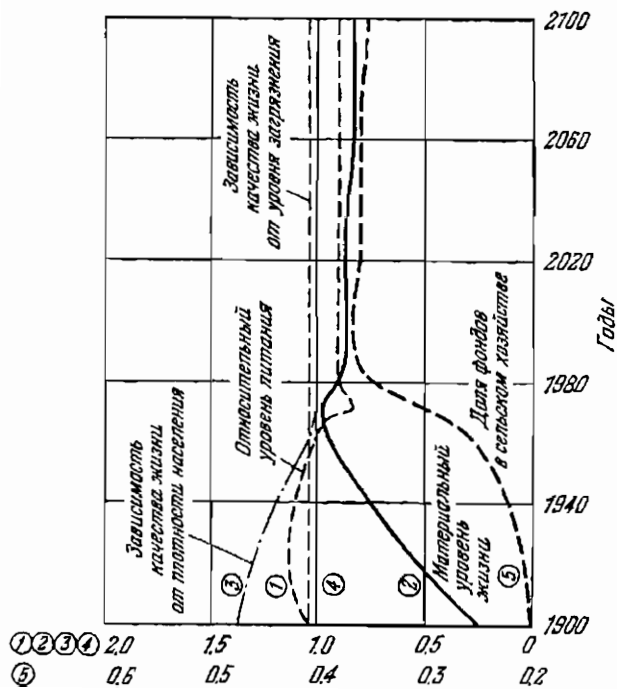


Рис. 6.6. Соотношения в системе для условий рис. 6.5.

Рис. 6.3 и 6.4, в дополнение к условиям рис. 6.1, показывают изменения, вызванные уменьшением роста капиталовложений. Нормальное значение генерации фондов SIGNI изменилось с 0.05 до 0.03 в 1970 г. Численность населения стабилизировалась при значении, равном 4.5 млрд, поскольку относительное количество продуктов питания и материальный уровень жизни упали настолько, что создалось равновесие с постоянным уровнем капиталовложений. Очень важно понять, что силы, сдерживающие рост, в какой бы форме они ни проявлялись, представляют различные типы воздействий и напряжений в системе. Сумма всех напряжений должна возрасти достаточно высоко, чтобы уравновесить присущую системе внутреннюю силу роста. Воздействия, влияющие на ограничение роста, могут вызываться различными способами. Вероятно, ни одно из влияний не будет достаточно сильным в отдельности, чтобы вызвать заметное действие. Рис. 6.3 и 6.4 отражают одно изменение, ограничивающее рост, — уменьшение скорости фондообразования. Два других изменения — более низкая скорость использования природных ресурсов и меньшее образование загрязнения — по сравнению с первоначальной моделью являются изменениями, направленными на улучшение качества жизни (но сами по себе они скорее вызывают, чем замедляют рост).

Следует заметить, что на рис. 6.3 качество жизни после 2040 г. немного выше, чем на рис. 6.1, что является результатом уменьшения фондообразования. В более близком будущем качество жизни на рис. 6.3 ниже, что и необходимо для того, чтобы снизить скорость роста, которая в противном случае приводила бы к слишком сильному воздействию на окружающую среду. Однако на рис. 6.3 качество жизни значительно ниже его максимальной величины.

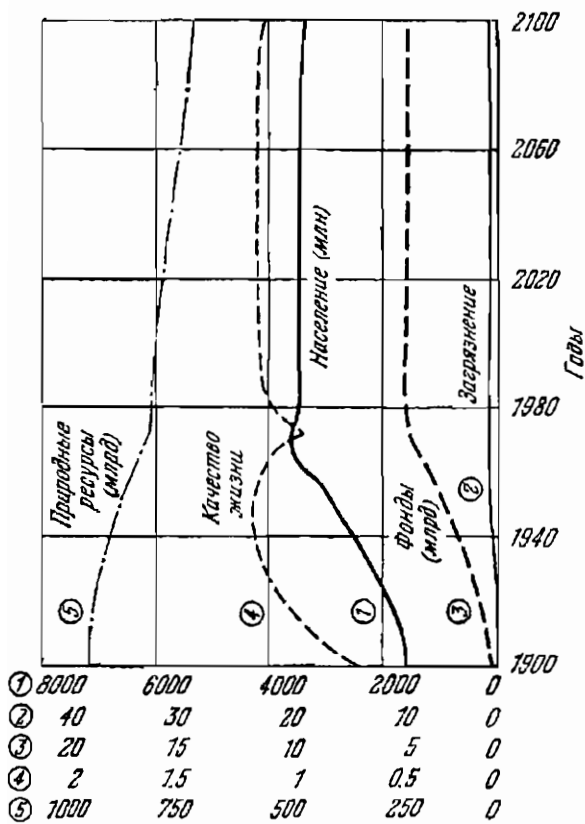


Рис. 6.7. В дополнение к условиям рис. 6.5 темп рождаемости сокращен на 30%. Народонаселение опять сократилось, а качество жизни возросло.

На рис. 6.5 и 6.6, в дополнение к условиям рис. 6.3, производство продуктов питания снижено на 20%. Коэффициент продуктов питания FCI снижен с 1.0 до 0.8 в 1970 г. Результатом такого 20-процентного уменьшения продуктивности сельского хозяйства является уменьшение относительного уровня питания только на 3% в условиях равновесия. Численность населения стабилизировалась примерно на уровне 1970 г. Общее качество жизни в среднем в мире улучшилось (по сравнению с рис. 6.3), и уровень жизни возрос (по сравнению с рис. 6.4). Равновесие достигнуто, но качество жизни все еще ниже уровня 1970 г.

Контроль над рождаемостью — одно из возможных воздействий, которое можно было бы ввести, чтобы противодействовать процессам экспоненциального роста, увеличивающим численность населения и индустриализацию. Но сам по себе контроль над рождаемостью, как уже обсуждалось в главе 5, не будет достаточно эффективным. Он не снижает (а, вероятно, увеличивает) уровень капиталовложений, который, в свою очередь, увеличивает загрязнение и истощает природные ресурсы.

На рис. 6.7 и 6.8 темп рождаемости уменьшился при сохранении условий, соответствующих двум предыдущим графикам. Первоначальная модель изменена следующим образом:

- темп использования природных ресурсов уменьшен на 75%;
- образование загрязнения уменьшено на 50%;
- фондообразование уменьшено на 40%;
- производство продуктов питания уменьшено на 20%;
- темп рождаемости уменьшен на 30%.

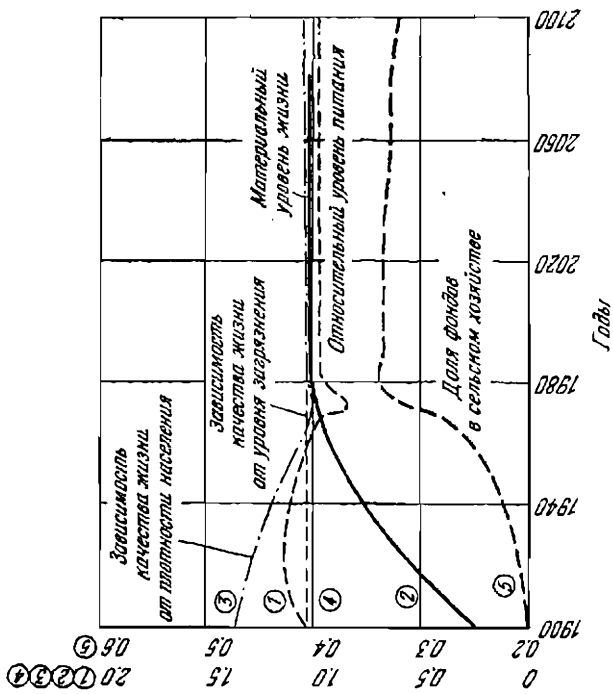


Рис. 6.8. Соотношения в системе для условий рис. 6.7.

Анализ такой видоизмененной модели показывает, что численность населения устанавливается немного ниже уровня 1970 г., а качество жизни увеличивается. Природные ресурсы медленно истощаются и со временем вызовут кризис в системе, если не будет решена проблема регенерации отходов и применения заменителей.

Рис. 6.7 и 6.8 означают конец роста населения и возрастание качества жизни. Введенный на рис. 6.7 уменьшенный темп рождаемости может оказаться недостижимым, даже если и будет возможно контролировать рост численности населения. При этом воздействия на каждого человека и каждую семью не представляются угрожающими. Каждая семья и даже каждая нация чувствовали бы, что они могут расти, если другие воздерживаются от роста.

Эта глава показывает, что глобальное равновесие в принципе возможно¹. Будет ли оно достигнуто — вопрос другой. Предлагаемые решения принять нелегко. Видимо, потребуются более значительное воздействие окружающих условий на человечество, чтобы эти вопросы рассматривались с достаточным вниманием и серьезностью. Но к тому моменту останется еще меньше времени для действия.

¹ Как раз «в принципе» глобальное равновесие невозможно ввиду наличия динамических противоречий в «мировой системе». В модели «точка устойчивости» может существовать, но она является артефактом моделирования. Иными словами, как только равновесие будет построено или достигнуто, его немедленно разрушат те цепочки обратной связи, которые «в норме» (т. е. в режиме роста/деградации системы) не играют существенной роли. Дело в том, что «мировая система» достаточно сложна, а следовательно, термодинамически неравновесна: равновесие для нее означает смерть. (Прим. ред.)

Мы выражаем надежду, что следующим шагом будет привлечение большего числа людей к исследованиям динамики роста и равновесия для решения поставленных проблем и что представленные здесь предложения будут рассмотрены и изменены с тем, чтобы появилась общая точка зрения на проблему.

7. ЭПИЛОГ

Данная книга обращает внимание читателя на природу систем с многозначной обратной связью, к классу которых принадлежат все социальные системы. Книга показывает, что функционирование таких систем — процесс гораздо более сложный, чем это кажется на первый взгляд. Мы, как правило, ожидаем другого хода развития событий, чем тот, который дают эти системы.

Теория структуры мировой модели, описанная в главах 2 и 3, может показаться слишком упрощенной. С другой стороны, модель, представленная здесь, вероятно, является более полной и ясной, чем умозрительные модели, которые используются в качестве основы мирового и национального планирования¹.

¹ Модель не является полной, поскольку не учитывает фазовых переходов в сложной системе, (например, по сравнению с классическим марксизмом). Модель не является ясной ввиду того, что большинство предположений неочевидны, а некоторые определенно ошибочны. То, что предложенная модель лучше «умозрительных моделей, которые используются в качестве основы мирового и национального планирования», характеризует только качество этих моделей и этого планирования. (*Прим. ред.*)

Многие глобальные программы и положения основываются на том, что будущий рост населения предопределен¹. Что же должно остановить этот экспоненциальный рост? Данная книга описывает процессы в наших социальных системах, в которых, как правило, связь причины и следствия многозначна. Действие и следствие связывает петля обратной связи. Например, мы знаем, что население будет расти и, следовательно, нужно обеспечить его жилищами, пространством обитания и продуктами питания.

Но в то же время надо понять, что создание городов, увеличение пространства обитания и продуктов питания вызовет рост населения. Население само создает причину, влекущую за собой рост численности. Повышение качества жизни предполагает уменьшение перенаселенности и загрязнения, разрешение проблемы голода и увеличение длительности жизни населения. Но процессы изменения именно этих переменных снова вызовут необходимость регулирования численности населения и удержания его в рамках «стабильного» мира. Если напряжения, возникающие в результате действия этих процессов, ослабляются, то встает вопрос, оптимально ли мы воздействуем на окружающую среду. До тех пор пока мы можем использовать запасы природы, мы уходим от решения вопроса об ограничении численности населения. Но эти природные запасы ограничены, поэтому экспоненциальный рост не может продолжаться.

В настоящей книге не даются окончательные рекомендации перехода к глобальному равновесию, а проводятся лишь некоторые предварительные исследования, которые тем не менее позволяют сделать определенные

¹ Не известно ни одной такой программы, созданной позднее 1942 г. (Прим. ред.)

выводы. Если мы попробуем заглянуть на два или три десятилетия в будущее, мы увидим, что наши сегодняшние действия фундаментальным образом влияют на будущее. Если мы будем следовать программам и политике, диктуемым значением динамических характеристик социальных систем, нас ждут лучшие альтернативы, чем те, которые будут иметь место в случае «естественного» развития системы. Мы в состоянии достичь более правильного понимания динамического поведения наших социальных систем. Можно ожидать, что с лучшими знаниями мы сможем достичь и более привлекательного будущего.

Наши социальные системы гораздо более сложны и трудны для понимания, чем технологические системы. Почему же мы не используем тот же метод моделирования для изучения наших социальных систем и не проводим лабораторные эксперименты с этими моделями, прежде чем попытаемся в реальной жизни проводить новые законы и правительственные программы?¹

Ответ часто гласит, что наше знание социальных систем недостаточно для построения полезных моделей. Я придерживаюсь мнения, что наши знания достаточны для построения полезных моделей социальных систем. И, напротив, они недостаточны для создания

¹ Проблема состоит в том, что компьютерное моделирование социальных систем приводит к заведомо ошибочным результатам, поскольку не учитывает ни субъективный фактор, ни неизбежные фазовые переходы в системе. В 1980—2000 гг. был разработан альтернативный подход к моделированию — через организационно-деятельностные игры и через ролевые игры. В настоящее время синтез этих механизмов (при широком использовании динамических пошаговых компьютерных моделей) дает возможность перейти к контекстному моделированию Будущего. (Прим. ред.)

наиболее эффективных социальных систем непосредственно, без этапа предварительного экспериментального моделирования. И я уверен, что правильное использование моделей социальных систем поможет прийти к гораздо лучшим системам, а сформулированные с их помощью законы и программы будут гораздо эффективнее созданных в прошлом.

Используемые для описания динамических моделей математические обозначения однозначны. Этот язык более ясен и точен, чем разговорные языки. Язык машинной модели проще. Его преимуществом является ясность значений и простота синтаксиса. Язык машинной модели может быть понят почти каждым, кому он однажды объяснен, независимо от уровня образования. Более того, любое утверждение или соотношение, которое можно ясно сформулировать на разговорном языке, может быть переведено на язык машинной модели.

Сущность эффективного моделирования заключается в создании соответствующей структуры модели. Как скомпоновать имеющуюся информацию о соотношениях и мотивах? Какие структуры способны отразить процессы поведения, характеризующие реальные системы? Какой информацией можно пренебречь? При создании модели на эти вопросы нужно дать ответ. Профессиональная тренировка и практика необходимы в этом деле.

Сейчас можно высказывать гипотезы относительно функционирования отдельных частей социальной системы, соединять их в компьютерную модель и прогнозировать возможные последствия. Первоначальные предпосылки могут быть не более верными, чем гипотезы, используемые нами в процессе интуитивного мышления. Но процесс машинного моделирования и испытания моделей требует, чтобы эти гипотезы были сформулированы более четко. Модель выходит из туманного

мира интуитивных соображений и оформляется в виде однозначных утверждений, доступных пониманию каждого¹. Допущения теперь могут быть проверены на основании всей имеющейся информации и быстро уточнены.

Значительная неопределенность умозрительных моделей связана с трудностью предвидеть последствия взаимодействий между частями системы. Эта неопределенность полностью исключается в машинных моделях². После того как ей задан набор предположений, ЭВМ без сомнений и ошибок прослеживает их последствия. Это — мощное средство для выяснения поставленных вопросов. Разумеется, это нелегкое дело и ожидать быстрых результатов было бы наивным³.

Мы находимся на пороге новой эры человеческих дерзаний. В прошлом были эпохи географических открытий. В другие периоды внимание было обращено на

¹ Абсолютно ясно, что это невозможно. Попробуйте, например, сформулировать гипотезу о поведении любого вашего знакомого в виде «однозначных утверждений, доступных пониманию каждого». Между тем понятно, что модель, адекватно описывающая поведение «мировой системы», должна допускать свободное переформулирование в терминах индивидуальных реакций, а не социальных. (*Прим. ред.*)

² Что не всегда хорошо. Многим системам имманентно присуща именно неопределенность поведения. Вполне возможно, что таковой является и «мировая система». (*Прим. ред.*)

³ Автор очень точно фиксирует одну из важнейших проблем — необходимость объединения интуиции и опыта, которые позволяют формулировать некоторые исходные гипотезы и положения, с возможностью ЭВМ, которая в огромное количество раз превосходит возможности человека проследить цепочку логических следствий и оценить результаты процесса динамического развития. (*Прим. Н. М.*)

создание великой литературы. Совсем недавно за горизонтом неведомого лежали наука и техника. Сейчас наука и техника стали частью обыденной жизни. Наука больше не есть неведомое нечто. Процесс научных изысканий упорядочен и организован.

Я считаю, что за следующим горизонтом человечества лежит более глубокое понимание природы наших социальных систем. Средства ясны. Задача будет не менее трудной, чем задача создания науки и технологии. В следующие 30 лет мы можем ожидать быстрого прогресса в понимании динамики наших социальных систем, но только при условии достаточности прилагаемых усилий. Прогресс в этой области потребует исследований, развития методов и средств обучения, создания соответствующих образовательных программ. Результаты современных исследований, возможно, войдут в школьные программы так же, как в них вошли достижения физики за последние тридцать лет.

Мы предлагаем начинать моделирование социальных систем теперешнего уровня, использовать концепции, на которых основываются наши теперешние умозрительные модели. Это сделает моделирование инструментом практики, даст человеку возможность наиболее полно использовать всю доступную ему информацию. Такой подход сильно отличается от сбора данных и статистического анализа, которые занимают так много времени в социальных исследованиях. Сбор данных играет свою важную роль, но он был бы гораздо более эффективным, если бы направлялся моделью системы — моделью, помогающей найти чувствительные точки системы и необходимую для этого информацию.

А. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ В УРАВНЕНИЯХ

Уравнения, приведенные в главе 3 и приложении В, были записаны в системе обозначений алгоритмического языка DYNAMO. Для желающих познакомиться с ним более подробно можем рекомендовать книгу «DYNAMO user's Manual» Alexander L. Pugh, III, M. I. T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1970.

Буквы JK и L, отделенные точкой от группы букв, обозначающих символ переменной в задаче, являются определителями временных интервалов. Текущий момент времени, для которого решается уравнение, обозначается буквой K. Предшествующее время обозначается буквой J, а будущее — буквой L. Для уравнений темпов (скоростей) процессов обозначение JK показывает, что темп определяется по предшествующему интервалу времени, а KL — по последующему интервалу.

Переменные и константы задачи описаны группами букв в соответствии с приложениями С.

Перед уравнениями в приложении В и после номера уравнения в разделе 3 приводится

буква, определяющая тип уравнения. Буква L соответствует уравнению уровней; N — начальное значение уровня; R — уравнение темпа; A — уравнение для вспомогательных переменных, которые входят в уравнения для темпов; C — константа; T — табличные данные; X — строка программы, где записано продолжение уравнений, не уместившихся в предыдущей строке.

В некоторых уравнениях, например в уравнении R, можно обнаружить идентификатор функции CLIP. Он используется здесь как указатель переключения, который меняет значения постоянной в указанный момент времени. В уравнении 2 значение BRN используется до тех пор, пока время TIME не достигнет значения, определяемого символом SWT1, после чего величина BRN заменяется на BRN1. В процессе работы программы используется несколько функций вида CLIP.

Идентификаторы TABLE и TABHL определяют задание табличной функции. Например, рассмотрим уравнение 3. В этом уравнении описание таблицы показывает, что функция BRMMT задается в виде таблицы по переменной MSL. Описание показывает, что переменная MSL меняется от 0 до 5 с шагом 1. Следующая строчка 3.1 дает шесть значений для таблицы функции BRMMT; вид этой функции приведен на рис. 3.1.

В. УРАВНЕНИЯ МИРОВОЙ МОДЕЛИ

Приведенные ниже уравнения непосредственно использовались для расчетов на ЭВМ, имеющей в математическом обеспечении транслятор алгоритмического языка DYNAMO. Результаты выдавались непосредственно в графическом виде.

```

*      WORLD DYNAMICS W5
1      L      P.K=P.J+(DT)(BR.JK-DR.JK)
1.1    N      P=PI
1.2    C      PI=1.65E9
2      R      BR.KL=(P.K)(CLIP(BRN, BRN1, SWT1,
X      TIME.K)) (BRFM.K) (BRMM.K) (BRCM.K)
X      (BRPM.K)
2.2    C      BRN=.04
2.3    C      BRN1=.04
2.4    C      SWT1=1970
3      A      BRMM.K=TABHL(BRMMT, MSL.K, 0,5, 1).
3.1    T      BRMMT=1.2/1/.85/.75/.7/.7
4      A      MSL.K=ECIR.K/(ECIRN)
4.1    C      ECIRN=1
5      A      ECIR.K=(CIR.K)(1-CIAF.K)(NREM.K)/
X      (1-CIAFN)
6      A      NREM.K=TABLE(NREMT, NRFR.K, D, 1, 25)
6.1    T      NREMT=0/.15/.5/.85/1
7      A      NRFR.K=NR.K/NRI
8      L      NR.K=NR.J+(DT)(-NRUR.JK)
8.1    N      NR=NRi
8.2    C      NRI=900E9
9      R      NRUR.KL=(P.K)(CLIP(NRUN, NRUN1,
X      SWT2, TIME.K)) (NRMM.K)
9.1    C      NRUN=1
9.2    C      NRUN1=1
9.3    C      SWT2=1970
NOTE  EQUATION 42 CONNECTS HERE FROM EQ.4
X      TO EQ. 9
10     R      DR.KL=(P.K)(CLIP(DRN, DRN1, SWT3,
X      TIME.K)) (DRMM.K) (DRPM.K) (DRFM.K)
X      (DRCM.K)
10.2   C      DRN=.028
10.3   C      DRN1=.028
10.4   C      SWT3=1970

```

11	A	$DRMM.K = TABHL(DRMMT, MSL.K, 0, 5, .5)$
11.1	T	$DRMMT = 3/1.8/1/.8/.7/.6/.53/.5/.5/.5/.5$
12	A	$DRPM.K = TABLE(DRPMT, POLR.K, 0, 60, 10)$
12.1	T	$DRPMT = .92/1.3/2/3.2/4.8/6.8/9.2$
13	A	$DRFM.K = TABHL(DRFMT, FR.K, 0, 2, .25)$
13.1	T	$DRFMT = 30/3/2/1.4/1/.7/.6/.5/.5$
14	A	$DRCM.K = TABLE(DRCMT, CR.K, 0, 5, 1)$
14.1	T	$DRCMT = .9/1/1.2/1.5/1.9/3$
15	A	$CR.K = (P.K)/(LA * PDN)$
15.1	C	$LA = 135E6$
15.2	C	$PDN = 26.5$
16	A	$BRCM.K = TABLE(BRCMT, CR.K, 0, 5, 1)$
16.1	T	$BRCMT = 1.05/1/.9/.7/.6/.55$
17	A	$BRFM.K = TABHL(BRFMT, FR.K, 0, 4, 1)$
17.1	T	$BRFMT = 0/1/1.6/1.9/2$
18	A	$BRPM.K = TABLE(BRPMT, POLR.K, 0, 60, 10)$
18.1	T	$BRPMT = 1.02/.9/.7/.4/.25/.15/.1$
19	A	$FR.K = (FPCI.K) (FCM.K) (FPM.K) (CLIP (FC,$
	X	$FCI, SWT7, TIME.K))/FN$
19.1	C	$FC = 1$
19.2	C	$FC1 = 1$
19.3	C	$FN = 1$
19.4	C	$SWT7 = 1970$
20	A	$FCM.K = TABLE(FCMT, CR.K, 0, 5, 1)$
20.1	T	$FCMT = 2.4/1/.6/.4/.3/.2$
21	A	$FPCI.K = TABHL(FPCIT, CIRA.K, 0, 6, 1)$
21.1	T	$FPCIT = .5/1/1.4/1.7/1.9/2.05/2.2$
22	A	$CIRA.K = (CIR.K)(CIAF.K)/CIAFN$
22.1	C	$CIAFN = .3$
23	A	$CIR.K = CI.K/P.K$
24	L	$CI.K = CI.J + (DT)(CIG.JK - CID.JK)$
24.1	N	$CI = CII$
24.2	C	$CII = .4E9$
25	R	$CIG.KL = (P.K) (CIM.K) (CLIP(CIGN, CIGN1,$
	X	$SWT4, TIME.K))$

- 25.1 C CIGN=.05
- 25.2 C CIGN1=.05
- 25.3 C SWT4 =1970
- 26 A CIM.K=TABHL(CIMT, MSL.K, 0, 5, 1)
- 26.1 T CIMT=.1/1/1.8/2.4/2.8/3
- 27 R CID.KL(CI.K)(CLIP(CIDN, CIDN1, SWT5,
X TIME.K))
- 27.1 C CIDN=.025
- 27.2 C CIDN1 =.025
- 27.3 C SWT5 =1970
- 28 A FPM.K=TABLE(FPMT, POLR.K, 0, 60, 10)
- 28.1 T FPMT=1.02/.9/.65/.35.2/.1/.05
- 29 A POLR.K=POL.K/POLS
- 29.1 C POLS=36E9
- 30 L POL.K=POL.J+(DT)(POLG.JK-POLA.JK)
- 30.1 N POL=POL1
- 30.2 C POL1=.2E9
- 31 R POLG.KL = (P.K) (CLIP(POLN, POLN1,
X SWT6, TIME.K)) (POLCM.K)
- 31.1 C POLN=1
- 31.2 C POLN1=1
- 31.3 C SWT6 =1970
- 32 A POLCM.K=TABHL(POLCMT, CIR.K, 0, 5, 1)
- 32.1 T POLCMT=.05/1/3/5.4/7.4/8
- 33 R POLA.KL=POL.K/POLAT.K
- 34 A POLAT.K=TABLE(POLATT, POLR.K, 0, 60,
X 10)
- 34.1 T POLATT=.6/2.5/5/8/11.5/15.5/20
- 35 L CIAF.K=CIAF.J+(DT/
X CIAFT)(CF1FR.J*CIQR.J-CIAF.J)
- 35.1 N CIAF=CIAFI
- 35.2 C CIAFI=.2
- 35.3 C CIAFT=15
36. A CF1FR.K=TABHL(CF1FRT, FR.K, 0, 2, .5)
- 36.1 T CF1FRT=1/.6/.3/.15/.1

- 37 S QL.K = (QLS) (QLM.K) (QLC.K) (QLP.K)
 37.1 C QLS=1
 38 A QLM.K=TABHL(QLMT, MSL.K, 0, 5, 1)
 38.1 T QLMT=.2/1/1.7/2.3/2.7/2.9
 39 A QLC.K=TABLE(QLCT, CR.K, 0, 5, .5)
 39.1 T QLCT=2/1.3/1/.75/.55/.45/.38/.3/.25/
 X .22/.2
 40 A QLF.K=TABHL(QLFT, FR.K, 0, 4, 1)
 40.1 T QLFT=0/1/1.8/2.4/2.7
 41 A QLP.K=TABLE(QLPT, POLR.K, 0, 60, 10)
 41.1 T QLPT=1.04/.85/.6/.3/.15/.05/.02
 NOTE EQUATION 42 LOCATED BETWEEN
 X EQ. 4 AND 9.
 42 A NRMM.K=TABHL(NRMMT, MSL.K, 0, 10, 1)
 42.1 T NRMMT= 0/1/1 .8/2.4/2.9/3.3/3.6/3.8/
 X 3.9/3.95/4
 NOTE INPUT FROM EQN. 38 AND 40 TO
 X EQN. 35
 43 A CIQR.K=TABHL(CIQRT, QLM.K/QLF.K, 0, 2,
 X .5)
 43.1 T CIQRT=.7/.8/1/1.5/2
 NOTE
 NOTE CONTROL CARDS
 NOTE
 43.5 C DT=.2
 43.6 C LENGTH =2100
 43.7 N TIME =1900
 44 A PRTPER.K=CLIP(PRTP1, PRTP2, PRSWT,
 X TIME.K)
 44.1 C PRTP1=0
 44.2 C PRTP2=0
 44.3 C PRSWT=0
 45 A PLTPER.K=CLIP(PLTP1, PLTP2, PLSWT,
 X TIME.K)
 45.1 C PLTP1=4

```

45.2 C   PLTP2=4
45.3 C   PLSWT=0
      PLOT P=P(0, 8E9)/POLR=2(0, 40)/
      X   CI=C(0, 20E9)/QL=Q(0, 2)/NR=N
      X   (0, 1000E9)
      PLOT FR=F, MSL, QLC=4, QLP=5(0, 2)/
      X   CIAF=A(.2, .6)
      RUN  ORIG

```

С. ОПИСАНИЕ ВЫРАЖЕНИЙ, УПОТРЕБЛЯВШИХСЯ В УРАВНЕНИЯХ

- BR — Birth rate; темп рождаемости (чел./год).
- BRCM — Birth rate from crowding multiplier table; множитель зависимости темпа рождаемости от плотности населения (безразмерный).
- BRCMT — Birth rate from crowding multiplier table; таблица значений множителя зависимости темпа рождаемости от плотности населения BRCM.
- BRFM — Birth rate from food multiplier; множитель зависимости темпа рождаемости от уровня питания (безразмерный).
- BRFMT — Birth rate from food multiplier table; таблица значений множителя BRFM.
- BRMM — Birth rate from material multiplier; множитель зависимости темпа рождаемости от материального уровня жизни (безразмерный).
- BRMMT — Birth rate from pollution multiplier table; таблица значений множителя BRPM.
- BRN — Birth rate normal; нормальный темп рождаемости (часть/год).

- BRN1 — Birth rate normal No. 1; нормальный темп рождаемости № 1 (часть/год).
- BRPM — Birth rate from pollution multiplier; множитель зависимости темпа рождаемости от загрязнения (безразмерный).
- BRPMT — Birth rate from pollution multiplier table; таблица значений множителя BRPM.
- CFIFR — Capital fraction indicated by food ratio; предписываемая относительным уровнем питания часть фондов (безразмерный).
- CFIFRT — Capital fraction indicated by food ratio table; таблица значений переменной CFIFR.
- CI — Capital investment; фонды (ед. фондов).
- CIAF — Capital investment agriculture fraction; часть фондов в сельском хозяйстве (безразмерная).
- CIAFI — Capital investment in agriculture fraction, initial; начальная часть фондов в сельском хозяйстве (безразмерная).
- CIAFN — Capital investment in agriculture fraction normal; нормальная часть фондов в сельском хозяйстве (безразмерная).
- CIaft — Capital investment in agriculture fraction adjustment time; время задержки изменения части фондов (годы).
- CID — Capital investment discard; износ фондов (ед. фондов/год).
- CIDN — Capital investment discard normal; нормальный износ фондов (часть/год).
- CIDN1 — Capital investment discard normal No. 1; нормальный износ фондов № 1.
- CIG — Capital investment generation; генерация фондов (фондообразование) (ед. фондов/год).
- CIGN — Capital investment generation normal; нормальное фондообразование (ед. фондов/чел. * год).
- CII — Capital investment, initial; начальное значение фондов (ед. фондов).
- CIM — Capital investment multiplier; множитель капиталовложений.

- CIMT – Capital investment multiplier table; множитель капиталовложений (таблица).
- CIQR – Capital investment from quality ratio; доля капиталовложений в зависимости от качества жизни (безразмерный):
- CIQRT – Capital investment from quality ratio table; таблица значений CIQR.
- CIR – Capital investment ratio; относительная величина фондов (ед. фондов/чел.).
- CIRA – Capital investment ratio in agriculture; относительная величина фондов в сельском хозяйстве (ед. фондов/чел.).
- CLIP – Logical function used as a time switch to change parameter value; логическая функция, используемая как временной переключатель для изменения значений параметров.
- CR – Crowding ratio; относительная плотность (безразмерная).
- DR – Death rate; темп смертности (чел./год).
- DRCM – Death rate from crowding multiplier; множитель зависимости темпа смертности от плотности населения (безразмерный).
- DRCMT – Death rate from crowding multiplier table; таблица значений DRCM.
- DRFM – Death rate from food multiplier; множитель зависимости темпа смертности от уровня питания (безразмерный).
- DRFMT – Death rate from food multiplier table; таблица значений DRFM.
- DRMM – Death rate from material multiplier; множитель зависимости темпа смертности от материального уровня жизни (безразмерный).
- DRMMT – Death rate from material multiplier table; таблица значений DRMM.
- DRN – Death rate normal; нормальный темп смертности (часть/год).
- DRN1 – Death rate normal No. 1; нормальный темп смертности № 1 (часть/год).

- DRPM — Death rate from pollution multiplier; множитель зависимости темпа смертности от загрязнения (безразмерный).
- DRPMT — Death rate from pollution multiplier table; таблица значений DRPM.
- ECIR — Effective capital investment ratio; эффективность относительной величины фондов (ед. фондов/чел.).
- ECIRN — Effective capital investment ratio normal; нормальная эффективность относительной величины фондов (ед. фондов/чел.).
- FC — Food coefficient; коэффициент питания (безразмерный).
- FC1 — Food coefficient No 1; коэффициент питания № 1 (безразмерный).
- FCM — Food from crowding multiplier; множитель зависимости производства продуктов питания от плотности населения (безразмерный).
- FCMT — Food from crowding multiplier table; таблица значений FCM.
- FN — Food normal; нормальный уровень питания (ед. пищи/чел. • год).
- FPCI — Food potential from capital investment; пищевой потенциал фондов (ед. пищи/чел. • год).
- FPCIT — Food potential from capital investment table; таблица значений FPCI.
- FPM — Food from pollution multiplier; множитель зависимости производства питания от загрязнения (безразмерный).
- FPMТ — Food from pollution multiplier table; таблица значений FPM.
- FR — Food ratio; относительный уровень питания (безразмерный);
- LA — Land area; площадь земли (кв. км).
- MSL — Material standard of living; материальный уровень жизни (безразмерный).
- NR — Natural resources; существующие природные ресурсы (ед. природных ресурсов).

- NREM — Natural resource extraction multiplier; множитель добычи природных ресурсов (безразмерный).
- NREMT — Natural resource extraction multiplier table; таблица значений NREM.
- NRFR — Natural resource fraction remaining; остающаяся часть природных ресурсов (безразмерная).
- NRI — Natural resources, initial; первоначальные запасы природных ресурсов (ед. природных ресурсов).
- NRMM — Natural resource from material multiplier; множитель зависимости добычи природных ресурсов от материального уровня жизни (безразмерный).
- NRMMT — Natural resource from material multiplier table; таблица значений NRMM.
- NRUN — Natural resource usage normal; нормальное потребление природных ресурсов (ед. природных ресурсов/чел. • год).
- NRUN1 — Natural resource usage normal No. 1; нормальное потребление природных ресурсов № 1 (ед. природных ресурсов/чел. • год).
- NRUR — Natural resource usage rate; темп использования природных ресурсов (ед. природных ресурсов/год).
- P — Population; население (чел.).
- PDN — Population density normal; нормальная плотность населения (чел./кв.км).
- P1 — Population, initial; начальное значение населения (чел.).
- PLSWT — Plot switch time; обозначить время переключения на графике (год).
- PLTP1 — Plot period No. 1; обозначить период № 1 на графике (год).
- PLTP2 — Plot period No. 2; обозначить период № 2 на графике (год).
- PLTPER — Plot period; обозначить период времени на графике (год).
- POL — Pollution; загрязнение (ед. загрязнения).

- POLA — Pollution absorption; разложение загрязнения (ед. загрязнения/год).
- POLAT — Pollution absorption time; время разложения загрязнения (год).
- POLATT — Pollution absorption time table; таблично заданное POLAT.
- POLCM — Pollution from capital multiplier; множитель зависимости загрязнения от объема фондов (безразмерный).
- POLCMT — Pollution from capital multiplier table; таблично заданный POLCM.
- POLG — Pollution generation; образование загрязнения (ед. загрязнений/год).
- POLI — Pollution, initial; начальное значение загрязнения (ед. загрязнения).
- POLN — Pollution normal; нормальное загрязнение (ед. загрязнения/чел. • год).
- POLN1 — Pollution normal No. 1; нормальное загрязнение № 1 (ед. загрязнения/чел. • год).
- POLR — Pollution ratio; относительное загрязнение (безразмерное).
- POLS — Pollution standard; стандартное загрязнение (ед. загрязнения).
- PRSWT — Print switch time; печать времени переключения (год).
- PRTPI — Print Period No. 1; печать периода № 1 (год).
- PRTPI2 — Print period No. 2; печать периода № 2 (год).
- PRTPER — Print period; печать периода (год).
- QL — Quality of life; качество жизни (ед. удовлетворенности).
- QLC — Quality of life from crowding; множитель зависимости качества жизни от плотности населения (безразмерный).
- QLCT — Quality of life from crowding table; таблично заданный QLC.
- QLF — Quality of life from food; множитель зависимости качества жизни от питания (безразмерный).
- QLFT — Quality of life from food table; таблично заданный QLF.

- QLM – Quality of life from material; множитель зависимости качества жизни от загрязнения (безразмерный).
- QLMT – Quality of life from material table; таблично заданный QLM.
- QLP – Quality of life from pollution; множитель зависимости качества жизни от загрязнения (безразмерный).
- QLPT – Quality of life from pollution table; таблично заданный QLP.
- QLS – Quality of life standard; стандартное качество жизни (ед. удовлетворенности).
- SWT1 – Switch time No. 1 for BRN; время переключения № 1 для BRN (год).
- SWT2 – Switch time No. 2 for NRUN; время переключения № 2 для NRUN (год).
- SWT3 – Switch time No. 3 for DRN; время переключения № 3 для DRN (год).
- SWT4 – Switch time No. 4 for CIGN; время переключения № 4 для CIGN (год).
- SWT5 – Switch time No. 5 for CIDN; время переключения № 5 для CIDN (год).
- SWT6 – Switch time No. 6 for POLN; время переключения № 6 для POLN (год).
- SWT7 – Switch time No. 7 for FC; время переключения № 7 для FC (год).
- TABHL – Logical function, table look up and interpolation; логическая функция, задаваемая таблично, с линейной интерполяцией.
- TABLE – Logical function, table look up and interpolation; логическая функция, задаваемая таблично, с квадратичной интерполяцией.
- TIME – Calendar time; текущее время (год).

1. Banfield. *The Unheavenly City*. Boston: Little Brown and Company, 1970.

2. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. М.: Прогресс, 1971.

3. Forrester J., *Principles of Systems (Preliminary Edition ten chapters)* // Cambridge: Wright Alien Press, 1968.

4. Forrester J. *Market Growth as Influence by Capital Investment* // *Industrial Management Review*, 1968, v. IX, No. 2, p. 83—105.

5. Форрестер Дж. *Динамика развития города*. М.: Прогресс, 1974.

6. Foster R. *The Dynamics of Blood Sugar Regulation*. M. Sc. Thesis. Cambridge: Department of Electrical Engineering, Mass. Inst. of Tech., 1970.

7. Meadows D. *Dynamics of Commodity Production Cycles*. Cambridge: Wright Alien Press, 1970.

8. Peccei A. *The Chasm Ahead*. London: Macmillan Company, 1969.

9. Peccei A. *Where are we? Where are we going?* // *Successo*, 1970, v. XII, No. 1. New Series, p. 119—126.

10. Peccei A. *The Predicament of Mankind* // *Successo*, 1970, v. XII, No. 6. New Series, p. 149—156.

11. Roberts E. *The Dynamics of Research and Development*. New York: Harper and Row, 1964.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

«МИРОВАЯ ДИНАМИКА» ФОРРЕСТЕРА И АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

В последние годы проблемы глобальной экологии во все большей степени привлекают внимание исследователей, и количество публикаций, посвященных этой проблематике, непрерывно растет. Этот интерес не случаен. Он глубоко мотивирован всем ходом современной научно-технической революции. В основе подавляющего большинства этих работ лежат идеи системной динамики; особое место среди них занимают работы Дж. Форрестера.

Они интересны не только по существу, но и потому, что позволяют продемонстрировать то качественное, что отличает концепции и методы анализа, которые лежат в основе исследований постепенно складывающейся отечественной школы, от работ, проводимых на Западе.

Заслуга Форрестера не в том, что он акцентировал внимание на назревшем противоречии между темпами роста населения и использования ресурсов, с одной стороны, и ограниченностью земной территории и ее ресурсов — с другой. И, конечно, не Форрестер был первым, кто счел необходимым начать научный анализ взаимодействия человека и окружающей среды и перспективу ее эволюции. Обо всех этих проблемах люди думали уже

давно, и историки могут назвать десятки имен естествоиспытателей, философов, экономистов, которые с предельным вниманием относились к указанным проблемам.

В своей книге Форрестер говорит о недостаточности локального подхода к экологической проблеме. Система «человек — окружающая среда» стала сложна, и внутренние связи столь многообразны и запутаны, что локальные воздействия могут привести к самым неожиданным результатам. И системная концепция Форрестера — одна из замечательных особенностей его книги. Но и это не ново. Системный подход к экологической проблематике возник гораздо раньше.

Основоположником изучения окружающей среды как единой системы, включающей в себя биоту и человека, является академик В. И. Вернадский, который еще 50 лет назад не только высказал утверждения, очень похожие на те, которые имеют место в книге Форрестера, но и обстоятельно аргументировал их. Собственно, само понятие ионосферы как единства всего того, что связано с активностью человека, было введено Вернадским. Он и его многочисленные последователи разрабатывали необходимые методы и принципы количественного и качественного исследования этой системы.

Настоящее научное достижение Форрестера заключается в другом — в его попытке использовать методы исследований, собранных в естественных и инженерных науках, для изучения процессов эволюции, т. е. изменения во времени характеристик явлений социальной природы.

Форрестер наводит один из мостов в том месте, где он особенно нужен людям, где решение практических задач настоятельно требует объединения усилий естественников и гуманитариев. И он убедительно

демонстрирует, что тот синтез, который он предлагает, дает способы количественных оценок эволюции социальной системы. Эти оценки позволяют в меру их достоверности предсказать основные тенденции, или, иначе говоря, временные развертки основных процессов глобального характера, т. е. процессов, происходящих в масштабе всей планеты. В этом важном направлении Форрестер был первым.

В чем значение такого рода исследований?

Научно-технический прогресс настолько ускорил все процессы использования ресурсов, дал в распоряжение человека такую силу, что неосторожное, непродуманное применение этой мощи может привести человечество к тотальной катастрофе. Ведь опасность грозит человеческой цивилизации, как мы это теперь понимаем, не только от взрывов водородных бомб. Безумный, неконтролируемый рост энергетики, производства, загрязнений, одним словом, все то, что связано со стихийным, неконтролируемым удовлетворением эгоизма отдельных людей, корпораций, стран, — все это не менее опасно. Здесь уместно помнить, что одна из причин, побудивших Форрестера к написанию этой книги, — это нефтяной кризис 1970 г., порожденный не столько реальной нехваткой нефти, сколько меркантильными интересами нефтяных монополий.

В основе любых планируемых действий должны лежать представления о цели и о путях ее достижения. Должно быть также ясное понимание следствий любых наших действий, затягивающих экологическую проблему, проблему стабильности существования жизни и возможности сохранения цивилизации в марксистском понимании этого слова. С каждым годом и десятилетием растет потребность в научно обоснованных оценках перспективы нашего развития в зависимости от альтернативных вариантов наших действий. Эту мысль под-

тверждает тот факт, что научное начало начинает проникать во все новые и новые области человеческой деятельности. И вот Форрестер переступил границу, которую до сих пор не переступали исследователи. Он сделал попытку количественных оценок общих глобальных процессов, происходящих на Планете.

Переход к количественным характеристикам представляет большую трудность. Для этого необходимы специальные математические модели и понимание того, каким образом экономические процессы должны быть связаны с эволюцией общих экологических параметров биосферы. Экономико-математическая наука не давала для этого достаточных исходных посылок. В самом деле, основные успехи этого направления сводились к развитию методов, позволяющих решать те или другие задачи оптимального планирования, — задачи об оптимальных перевозках, задачи оптимального размещения производства, рациональных капиталовложений и т. д. Если речь шла о моделях, описывающих процессы, развивающиеся во времени, то экономико-математическая наука предлагала способы построения и анализа только моделей продуктивного типа, т. е. описывающих чисто производственные технологические процессы. Демографические особенности, эволюцию условий экологического характера было принято считать характеристиками, внешними по отношению к экономическим процессам. Попытку учесть обратную связь, обратное влияние эволюции экономических процессов на характер изменения демографических параметров, на условия обитания людей до Форрестера никто делать не пытался¹.

¹ Этот вопрос обсуждался, в частности, Ст. Лемом в «Сумме технологии» (1963 г.) и моделировался И. Ефремовым в «Часе быка» (1968 г.). (Прим. ред.)

Работы Дж. Форрестера внесли существенный вклад в создание научного направления, чрезвычайно важного для всего человечества. Как считает сам Форрестер, эти работы — лишь первый шаг, и в дальнейшем все его модели будут заменены другими, более правильно отражающими суть вещей. Он пишет, что предлагаемая им система моделей — это не более чем учебное пособие для семинарских занятий, пособие, помогающее освоить приемы формализованного описания.

Наглядность и доступность методики обусловили ее широкое распространение в США и Западной Европе. Она начала использоваться для анализа различных процессов, формализация которых раньше казалась невозможной. Сам Форрестер применил эти методы для анализа функционирования фирмы, для исследования процессов урбанизации, региональной экономики и т. д. Его последователи и ученики провели ряд успешных исследований таких сложных и плохо формализуемых проблем, как, например, влияние ДДТ, используемого в сельском хозяйстве, на морские популяции и человеческие организмы. Он продолжает с группой сотрудников Масачусетского технологического института совершенствовать свои методы и использовать их для решения конкретных задач. Заслуживают особого внимания опубликованные им и его сотрудниками модели регионального развития (например, модель экономики Канады).

О МЕТОДАХ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ

Для того чтобы были ясны идеи мировой динамики и их оценка, рассмотрим кратко концептуальную и математическую основы метода. В основе метода изучения

разнообразных сложных динамических процессов лежит так называемый метод системной динамики.

Со времени, когда Ньютон создал формализованную модель механического движения, в точном естествознании выработался вполне определенный язык, терминология. Более того, возникла определенная проверенная веками схема построения формализованных моделей динамических процессов. Центральным является понятие фазовых координат системы, характеризующих состояние системы в данный момент времени. Если известны внешние воздействия на систему, то знание фазовых координат в некоторый момент времени позволяет определить состояние системы в последующие моменты. Форрестер также использует это фундаментальное понятие, но употребляет для него термин «уровень». Изменение уровня определяется величиной, которую он называет «темпом».

Для того чтобы составить описание динамической системы, мы должны провести анализ зависимости темпов от уровней, т. е. построить некоторую систему причинно-следственных связей. Автор предлагает для этого весьма удобную схему, позволяющую наглядно увидеть все переплетения связей, проследить характер обратных связей и т. д. Эта диаграмма уже является по существу блок-схемой некоторой машинной программы. Наглядность программы — одна из важных особенностей метода. Благодаря ей подход автора оказывается доступным для лиц, владеющих математикой.

Обозначим через x — уровни, через y — темпы. Тогда диаграмма позволяет записать зависимость изменения уровней, т. е. темпов, от самих уровней:

$$y = f(x).$$

Кроме того, вводится понятие задержки (запаздывания), т. е. такого временного интервала, который необходим, чтобы то или иное изменение уровней вызвало изменение темпов. Таким образом, введение задержки позволяет уменьшить порядок системы, поскольку она позволяет параметризовать инерцию промежуточных звеньев.

Методика Форрестера — дальнейшее развитие тех методов автоматического регулирования, которые начали создавать инженеры еще в двадцатых годах для описания сложных технических и прежде всего радиотехнических систем. Автор совершенствует эту технику и использует ее в целях машинной имитации. Для этого он создает язык DYNAMO, который позволяет легко переводить его схемы на язык машинных программ. Форрестер развил специальную технику составления и машинной эксплуатации моделей сложных динамических процессов.

Но успех методов системной динамики не в новизне идей. По существу Форрестер развивает традиционные идеи. Успех обусловлен прежде всего простотой методов, интерпретацией результатов, наглядностью, доступностью для использования специалистами не очень высокой математической квалификации. Например, человеку, не знакомому с программированием на ЭВМ, достаточно нескольких дней, чтобы научиться писать довольно сложные программы на языке DYNAMO. Подобные ситуации не раз возникали в истории науки, когда успех и популярность идеи оказывались следствием удачной интерпретации. Нечто похожее случилось, например, с историей открытия специального принципа относительности. Только узкому кругу специалистов известно, что великий французский математик Анри Пуанкаре создал теорию, из которой, как частное следствие, получался специальный принцип относительности.

ти. Но зато всем известно имя Альберта Эйнштейна, который через несколько лет после публикаций Пуанкаре дал блестящее по своей простоте и доступности изложение теории.

РЕАЛИЗАЦИЯ

Разработав метод и убедившись на многих примерах в его эффективности, Форрестер в качестве первой учебной модели строит модель, которую он называет «Мировой динамикой».

Для исследования процессов глобального масштаба необходим весьма высокий уровень абстрагирования, поэтому в модели используется всего лишь пять фазовых переменных (уровней). К фазовым переменным относятся: население, фонды в промышленности, фонды в сельском хозяйстве, природные ресурсы, загрязнение. В этом шестимерном пространстве (фазовые переменные + время) и реализуется фазовая траектория — основной объект анализа. Автор весьма остроумно выходит из многочисленных затруднений, связанных с исходной информацией. Прежде всего он рассматривает только относительные величины. Абсолютны только время и количество населения. Все характеристики привязаны к 1970 г., для которого значения фазовых переменных приняты равными единице. Далее вводятся понятия нормальных темпов, т. е. тех значений правых частей его системы разностных уравнений, которые соответствуют 1970 г. Они вычисляются с помощью некоторого «базового года», предшествующего 1970 г. Дальше вводятся множители, которые характеризуют обратные связи.

Такой подход позволяет обойтись без громоздких «банков входных данных», и его можно рассматривать как удобный и рациональный метод обработки экспертных оценок. Вся эта обработка представляется рациональной и полезной.

Но в самих уравнениях Форрестера есть порок методологического характера. В основе использования формализованных моделей в физике всегда лежат законы сохранения — массы, энергии, импульса и т. д. Конечно, кроме этих законов, в физические модели вложено много эмпирического материала в виде эмпирических коэффициентов, уравнений состояния и т. д. Но законам сохранения принадлежит главная роль. В экономике роль законов сохранения играют балансовые соотношения. Это законы сохранения материальных потоков. Они не могут быть нарушены. В моделях же Форрестера, к сожалению, законы сохранения отсутствуют. Поэтому может оказаться, что инвестиции, например, превосходят суммарный продукт и т. д.

Другим необходимым элементом подобных моделей систем являются модели социальных механизмов. Эти механизмы связаны прежде всего с распределением благ, и учет этих механизмов может совершенно изменить конечные выводы.

Нельзя сказать, что в книге Форрестера совсем не учитываются социальные механизмы. Все используемые множители, зависящие от фазовых переменных, — это, конечно, и есть параметризация, т. е. упрощенное описание социальных механизмов. Тем не менее этого недостаточно. И дело здесь не только в правильности или особенностях тех соотношений, которые использует Форрестер. Социальные механизмы всегда связаны с распространением благ. Именно эти механизмы лежат в их основе. Но введение механизмов распределения всегда требует введения новых уровней. Значит, эта процедура

всегда приводит к дополнительным степеням свободы. На мой взгляд, в рамки модели Форрестера механизмы распределения нельзя «втиснуть», т. е. модель Форрестера нельзя подправить, не изменяя ее природы.

В самом деле, ведь в основе механизмов распространения благ лежит разделение совокупного продукта на долю, которая будет увеличивать капитал (в условиях капиталистического общества эта доля достанется собственнику капитала), и на долю, которая пойдет на потребление (т. е. достанется главным образом тем, кому капитал не принадлежит). Значит, необходимо еще одно соотношение — соответствующий закон сохранения. А если будет введен подобный закон сохранения, то надо вводить функции зависимости количества произведенного продукта от фондов, т. е. производственные функции, и т. д. Иначе говоря, начав однажды «исправлять» модель Форрестера, мы получим в конце концов модель совсем иной природы. И последнее: XX столетие продемонстрировало удивительную вспышку рождаемости, во много раз увеличилась энерговооруженность человека, и вместе с этим многократно ускорились рост уровня различных загрязнений и темпы потребления невозполнимых ресурсов. Наиболее яркая характеристика современных процессов — это научно-технический прогресс, так называемая научно-техническая революция, которая очень быстро меняет характер производства и прежде всего увеличивает производительность труда людей.

Представляется, что термин «революция» не очень удачен. Когда говорят о революционных изменениях, революционных сдвигах, о революции вообще, то имеют в виду некоторый переходный процесс, который переводит систему из одного квазиравновесного режима в другой. Но вступив в эпоху НТР, человеческое общество и не собирается ее покидать. Темпы научно-технического

прогресса не только не сокращаются, они непрерывно растут. Одни достижения науки и техники в свою очередь порождают новые достижения науки и техники. Началась своеобразная цепная реакция. И для того чтобы предвидеть, каким мир будет завтра, нельзя не учитывать научно-технического прогресса, приводящего не только к росту фондовооруженности, но и к росту эффективности фондов.

К сожалению, Форрестер не только не включает в модель факторы научно-технического прогресса, но и не говорит об этом ничего или почти ничего. Конечно, научно-техническая революция — категория весьма деликатная: здесь нет вполне проверенных данных. Поэтому необходима научная фантазия. Но, предположив зависимость эффективности фондов, например, от капиталовложений в науку и внедрения новой техники, мы не будем более смелыми, чем Форрестер, который вводит зависимость смертности от уровня загрязнения, не располагая какими-либо проверенными данными. Итак, введение факторов научно-технического прогресса в модель Форрестера потребует полной ревизии его модели. Однако без учета НТР учебная модель теряет очень много.

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФОРРЕСТЕРА

Форрестер неоднократно подчеркивает, что его модель носит учебный, предварительный, методический характер. По-видимому, и нужно воспринимать ее как учебную модель, показывающую принципиальную возможность перевода на язык формализованных моделей тех

вербальных моделей, которые существуют у каждого исследователя, возможность получения количественных оценок там, где раньше люди обходились лишь качественными категориями. Метод Форрестера — это метод обработки экспертных оценок, который препарирует проблему до той степени детализации, которая уже позволяет специалистам—социологам, политикам, экономистам, экологам и другим экспертам давать правдоподобные ответы. Если угодно, модель Форрестера — это своеобразная схема сборки (синтеза) элементарных ответов. Организация этой сборки, сама методика, представляется более интересной, чем окончательные результаты.

Книга Форрестера посвящена описанию одного возможного класса моделей и экспериментам с этими моделями, позволяющими представить себе взаимовлияние различных факторов. Общий смысл модельных экспериментов Форрестера следующий: если, согласно гипотезе Форрестера, сохранится современная концепция общества потребления и современные социальные демографические и прочие механизмы, действующие в капиталистическом обществе, то начиная с середины следующего века начнется сокращение промышленности, снижение уровня жизни, резкое увеличение смертности из-за недостатка пищи, загрязнения, иссякания ресурсов и, наконец, резкое сокращение количества населения Земного шара. При этом согласно расчетам, сделанным на основании модели Форрестера, пик уровня жизни уже пройден около десяти лет тому назад. Автор варьирует различные условия, усиливает или ослабляет гипотезы, но результат при этом существенно не меняется.

Комментировать полученные им результаты совсем не просто. В самом деле, ведь книга Форрестера пытается ответить на самые животрепещущие проблемы,

которые возникли перед человечеством, вступившим в эпоху научно-технической революции. То, что Земля может прокормить, обеспечить водой и другими ресурсами лишь ограниченное число людей, это, наверное, утверждение достаточно тривиальное. Но вот каков этот предел и когда он наступит? Как этот предел будет зависеть от уровня технологии и уровня жизни? Что будет представлять собой человеческое общество, если кризис действительно настанет? По этому поводу говорить что-либо очень трудно. А может быть, вся история будет развиваться по-другому? Может быть, кризиса вообще можно избежать? Нам представляется, что можно. Во всяком случае, альтернативы той эволюции, которую анализирует Форрестер, существуют. И самое интересное, что они могут быть продемонстрированы в рамках той же самой модели Форрестера.

Для этого достаточно предположить, что, во-первых, зависимость коэффициента рождаемости от уровня жизни будет не возрастающей функцией, а убывающей; во-вторых, темпы роста производства можно регламентировать. Этого оказывается достаточно, чтобы никакого «коллапса» в ближайшем столетии не было. Видимо, такие предположения не столь уже далеки от действительности (в условиях социализма — во всяком случае). Кроме того, высокий уровень жизни и низкая детская смертность определяют то состояние устойчивости общества, когда исчезает необходимость иметь большое количество детей, которое в прошлом являлось гарантом сохранения гомеостазиса. Анализ демографических процессов в развитых странах, кажется, подтверждает эту гипотезу¹.

¹ И даже в более сильной форме, чем нам хотелось бы. Оказывается, для развитых стран проблемой является не перенаселение, а демографическая деградация — падение общей численности населения вследствие крайне низкой рождаемости. (Прим. ред.)

Еще один общий вывод, который делает Форрестер, следующий: критическая ситуация подкрадывается незаметно. Кажется, что в мире все обстоит благополучно, и вдруг за срок жизни одного поколения происходят катастрофические изменения. Не предвидя заранее возможных последствий роста промышленного и сельскохозяйственного потенциала, человечество может просто не успеть встретить беду во всеоружии.

Этот вывод связан с экспоненциальным (или близким к нему) характером роста основных характеристик экономического организма. По существу мы имеем дело не с установившимся процессом, а с некоторой цепной реакцией. Да и человеческий опыт показывает: кризис подкрадывается незаметно. Только самые дальновидные могут угадать его приближение. Вспомним историю. В начале 1929 года западным экономистам казалось, что процветание капиталистического мира будет вечным; президент США собирался даже создать комиссию по национальным целям на дальнюю перспективу. И вдруг — коллапс, который чуть было не стоил жизни всей капиталистической системе.

Преодоление этой особенности экономического развития, согласно Форрестеру, требует тщательно организованных прогнозов на основе использования сложных математических моделей. Для того чтобы преодолеть опасность, надо прежде всего знать о времени ее наступления. А обнаружив опасность, следует искать обходные пути, альтернативные варианты развития. Вот почему объективно исследования Форрестера направлены против стихии капиталистического развития. Они дают новые аргументы, обосновывающие необходимость перехода к плановой управляемой экономике.

Форрестер — один из тех, кто увидел подводные камни в потоке развития человеческой цивилизации. Еще Энгельс говорил, что, побеждая природу в одном направлении, мы в другом неизбежно терпим урон.

О возможных трудностях на путях развития человеческого общества говорили многие, но Форрестер был первым, кто начал создавать аппарат, с помощью которого можно дать количественную оценку этим трудностям. А без таких оценок человечеству не обойтись. Нельзя прыгать через ров с закрытыми глазами, надо сначала узнать хотя бы его ширину.

РАВНОВЕСИЕ — ЧТО ЭТО ЗНАЧИТ?

Имея в распоряжении машинную модель, Форрестер начинает с ней экспериментировать. Он меняет различные условия, коэффициенты, проверяет различные правдоподобные зависимости и приходит к весьма неутешительному выводу. Какие бы правдоподобные варианты поведения ни испытывались, они все равно приводят к неизбежному кризису. Население, возрастая до некоторого предела, затем неизбежно начинает убывать вследствие голода, необеспеченности необходимыми условиями, чрезмерного загрязнения, недостатка природных ресурсов. В зависимости от изменения исходных условий лишь отдалается время начала кризиса, да и то лишь на 20—30 лет, или меняется предельное количество населения.

Форрестер ищет выход из этой ситуации. Он высказывает ряд глубоких и верных мыслей, смысл которых примерно следующий: человек принадлежит биосфере, и деятельность людей, их активность, их поведение должны быть согласованы с ее возможностями. Функционирование человеческого общества должно находиться в равновесии (этот термин применяет Форрестер).

Около 70 лет тому назад академик Вернадский говорил нечто подобное, только в другом контексте, полнее и глубже. Человек не против биоты, он — ее естественная составляющая. Его жизнь, эволюция связаны со стабильностью процессов биосферы. Поэтому тезис Форрестера не только понятен советскому читателю, воспитанному на традициях русского естествознания, но он кажется ему само собой разумеющимся. Но из этого тезиса, как мы увидим, следуют совсем нетривиальные выводы.

Вернемся к обсуждению понятия равновесия. Форрестер понимает его в чисто механическом смысле: стабилизация производства, стабилизация уровня населения, создание таких технологий, при которых загрязнение компенсируется естественной самоочисткой среды, и т. д. Последователи Форрестера также говорят о равновесии, появляется еще термин «равновесие при ограниченном росте» и т. д. Комментируя свой тезис о равновесии, Форрестер считает его не таким уж хорошим. Многочисленные машинные эксперименты, которые он провел, показывают жесткую необходимость регламентации рождаемости и производства. Эта перспектива его очень беспокоит. Он пишет, что эта перспектива сулит человечеству исчезновение «личной свободы», понимая под этим прежде всего ограничения в капиталовложениях и рождаемости. Он хотел бы видеть выход из кризиса в некоторых стихийных процессах «естественной подстройки» мировой системы, когда система сама собой выходит на некоторый равновесный уровень. Уменьшается количество пищи или увеличивается загрязнение — и «автоматически» уменьшается население, как в естественных популяциях животных. И он приходит к выводу, что переход к равновесию невозможен без коллапса, без всемирного кризиса, в результате которого три четверти населения вымрет «естественной»

смертью, если смерть от голода, болезней, вызванных токсичностью окружающей среды, считать естественной. Либо мировой кризис, либо регламентация, т. е. реализация принципа «по одежке протягивай ножки» с неизбежным механизмом планирования. Эта альтернатива его также не устраивает. И что лучше, он не знает.

Взглянем теперь на проблему равновесия с несколько иной точки зрения.

Прежде всего, равновесия на Земле нет и, по-видимому, быть не может. Идет непрерывный процесс диссипации (т. е. рассеивания накопленной в Земле энергии, минералов и т. д.). Вулканическая деятельность, которая снабжает атмосферу углеродом — основным материалом, основой органической жизни, — постепенно угасает, так как количество радиоактивных веществ в земной коре непрерывно уменьшается. Углерод, участвуя в сложном цикле своего кругооборота, постепенно выводится из этого цикла; он сносится потоками воды в море и осаждается в форме известняков и других остатков органической жизни.

Таким образом, естественный ход вещей таков, что он не оставляет никаких сомнений в характере эволюции Планеты (если в нее однажды не вмешается человек). Человечество появилось уже на закате истории Земли, когда углерода в атмосфере (в форме углекислого газа) осталось немного, когда растительный мир начал жить в условиях постоянного углеродного голодания. Но в первую очередь не это сейчас должно беспокоить людей. Описанные процессы идут достаточно медленно.

Вся история биосферы — это непрерывная адаптация биоты к общим планетарным процессам. Значит, в большом плане надо говорить не о равновесии, а о таком квазиравновесии, таком темпе изменения общих характеристик окружающей среды, которые соответ-

ствуют адаптационным возможностям человека, не разрушают его гомеостазиса.

Вот это первое замечание.

Таким образом, вероятно, главная задача науки, изучающей взаимодействие человека и окружающей среды. — это проблема определения границы гомеостазиса, определения критических значений параметров окружающей среды, за пределами которых существование человеческой цивилизации, во всяком случае в современном понимании этого слова, невозможно. Эта задача, конечно, лежит за пределами исследований «Мировой динамики», но тесно связана с ними.

Проблема определения критических значений имеет комплексный характер. В ее решении должны принимать участие (и принимают) естествоиспытатели самых разных профилей: экологи, физики, химики, географы. Она тесно связана с проблемами медицины и нуждается в участии гигиенистов. Эта проблема имеет уже непосредственное отношение к общественным наукам, и прежде всего к экономике и социологии. Например, сейчас на Западе очень модна идея «нулевого роста». Я не буду подробно раскрывать ее утопичность. Тезис о «нулевом росте» (так, как он сейчас понимается) не менее опасен, чем тезис о контролируемом росте. Движение вперед является одной из важнейших характеристик области гомеостазиса. Застой, отсутствие перспективы — это, наверное, первый шаг к деградации. Примеры гибели великих цивилизаций прошлого, кажется, подтверждают этот тезис.

Но если опасность выяснена, если граница гомеостазиса, т. е. граница той пропасти, к которой человечество не должно подходить, более или менее очерчена, то встает следующий вопрос: как же человечеству распорядиться своими ресурсами, возможностями, каков должен быть «характер поведения», чтобы путь

развития человечества не подходил близко к краю этой пропасти? Вот для ответа на этот вопрос и предназначена та новая область научной деятельности, где первый и важный шаг сделал Форрестер.

Работы подобного рода помогают проанализировать варианты возможного развития, выяснить, как будут меняться вдоль траекторий развития интересующие нас величины, в каком отношении они будут со своими критическими значениями.

АЛЬТЕРНАТИВА

Примерно в те же годы, что и в других странах, подобные проблемы в области глобальной экологии начали обсуждаться у нас в Вычислительном Центре АН СССР. Но цели исследования и средства анализа были совершенно иными. Мы не стремились к получению прогнозных оценок. С самого начала мы хотели придать нашим исследованиям фундаментальный характер, понимая, что проблема эволюции общей экологической ситуации на Земле уже в ближайшие годы выдвинется в ряд актуальнейших задач, стоящих перед человечеством. И к этой проблеме надо подготовиться.

Какая цель должна быть поставлена перед исследованиями подобного рода? На что они должны быть ориентированы? Ответ на поставленный вопрос важен. В конечном счете именно цель определяет всю дальнейшую стратегию исследований.

На этот вопрос мы отвечаем так: основная задача состоит в том, чтобы понять те условия функционирования человеческого общества, которые обеспечивают его адаптацию к изменению параметров окружающей среды и естественных процессов биосферы, эволюция

которых неизбежна вследствие антропогенных воздействий. Этот тезис означает, что задача науки — определить те границы нагрузки на биосферу, вследствие которых темпы изменения внешних условий остаются такими, чтобы человечество успевало приспособиться к изменению характеристик биосферы.

Такая формулировка проблемы может быть принята в качестве генеральной цели, но она недостаточно конструктивна. Я предложил ее сузить, обратив основные усилия на определение границ гомеостазиса, понимая под этим критические значения параметров окружающей среды. Переход через эти значения может дать начало необратимым процессам, столь быстро изменяющим внешние условия, что человечество будет не способно к ним адаптироваться.

Значит, проблема глобальной экологии — это проблема не только естественников, но и специалистов общественных наук, она требует совместных усилий биологов, экологов, географов, климатологов, экономистов. Только их совместные усилия могут привести к какому-либо научно обоснованному результату. Но наша роль математиков тоже значительна. Мы должны создать тот общий язык, без которого эти усилия ученых разных специальностей, как бы они интенсивны ни были, не приведут к ожидаемому результату. Этот язык, который еще предстоит создать, должен быть основан на системе моделей, т. е. на формализованном описании разнообразных процессов и правилах ее использования. Вот этой проблемой мы и стали заниматься в ВЦ АН СССР и некоторых других организациях, которые с нами сотрудничали.

В этой деятельности мы использовали технику, отличную от системной динамики Форрестера, которую в то время мы просто и не знали. У нас были другие отправные рубежи. Один из них — это великая школа

физики, создавшая за три века концепцию математического описания процессов сложной природы. Вторая — это системная традиция нашего отечественного естествознания, традиция, связанная с именами В.И. Вернадского, В.Н. Сукачева, Н.В. Тимофеева-Ресовского и многих других, создавших концепцию биосферы как совокупности взаимодействующих биогеоценозов с собственными временными характеристиками. И наконец, последнее, но, может быть, самое главное для эффективного анализа глобальных экологических процессов. Необходимо еще уметь описывать производственную деятельность людей. В основу этого описания должны быть положены идеи и схемы расширенного воспроизводства Маркса. Только в рамках этой теории и возможна параметризация общественных механизмов.

Но оказывается, что для описания человеческой активности нельзя ограничиться чисто экономическими моделями. Никакая система чисто экономических моделей не может дать правильного отображения реальных процессов общественной эволюции. Поэтому значительная часть наших усилий посвящена попыткам формализованного описания очень мало изученных механизмов, управляющих социальной эволюцией общества. Ключом к построению системы моделей такого рода является марксистская диалектика, рассматривающая исторический процесс как развитие противоречий. Эта концепция дает не только правильное с философских позиций понимание явлений, но и служит основой для конструктивного решения проблем моделирования.

Сейчас еще рано говорить о системе моделей, которая была бы годна для решения практических задач, но и уже разработанный минимальный вариант оказался неизмеримо сложнее того описания, которое предложено Форрестером и его последователями.

На нынешнем этапе мы стремимся прежде всего развить методы междисциплинарных исследований. И мы сразу приняли как аксиому невозможность полностью охватить формализованным описанием рассматриваемую проблему. Поэтому с самого начала мы стали ориентироваться на некоторую человеко-машинную систему, позволяющую объединить методы формальные и неформальные, т. е. традиционные для естественных и общественных наук.

Эта система должна будет выполнять две функции. Во-первых, она должна служить архитектурным скелетом, позволяющим связать воедино разноплановые исследования (исследования самой разной физической природы), превратить их совокупность в единую систему, унифицировать информационную базу, служить основой для управления огромным комплексом исследований. Во-вторых, эта человеко-машинная система должна дать возможность оценивать следствия различных вариантов человеческой активности. И служить она должна отнюдь не математикам. Она должна позволить экологам, географам, технологам наглядно увидеть основные тенденции эволюции основных параметров окружающей среды, взаимное влияние разных факторов на стабильность биоты, изменение глобальных или локальных характеристик климата и т. д.

В одном отношении мы вполне солидарны с Форрестером — без регламентации человеческой активности, без внедрения планового начала на всей планете развитие человеческого общества бесперспективно.

И та система моделей, которой мы сейчас занимаемся, должна, по нашему представлению, делаться тем инструментом, без которого, вероятно, очень трудно получить научно обоснованную систему регламентации.

ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ КОЛЛЕКТИВНЫХ УСИЛИЙ

Этот вопрос не менее важен, чем другие, ибо даже самые благие намерения окажутся бесполезными, если мы не разработаем принципов их реализации. К сожалению, проблема реализации не является чисто научной. В не меньшей степени она является проблемой политической. Большая международная наука уже сегодня способна дать оценку опасностей, пока приближенно, а потом и точнее описать границу гомеостазиса.

Более того, уже сейчас можно себе представить, что научные исследования позволят определить и необходимые действия. Но эти действия должны быть коллективными усилиями народов всего мира; они потребуют использования ресурсов, и весьма значительных, перестройки экономики и много из того, о чем мы сейчас и не подозреваем.

Посмотрим на эту проблему еще с одной стороны. Речь идет о международном сотрудничестве, о необходимости коллективных решений, т. е. речь идет об отыскании некоторого компромисса, ибо любое коллективное решение — это увязка различных, далеко не всегда совпадающих интересов.

Причина и содержание любого конфликта состоит в несовпадении интересов (целей) различных субъектов (стран, организаций) и в процессе преодоления их противоречий. Субъекты располагают определенным ресурсом, который они могут использовать для достижения своих целей. Но результат, т. е. степень достижения цели каким-либо субъектом, зависит не только от его собственных действий, но и от действий других

субъектов. Значит, субъект, стремясь достичь своих целей, должен согласовать свои действия с другими, чем-то поступиться, чтобы действия параметров не оказались направленными против его действий. В этом и состоит компромисс, т. е. некоторое соглашение о способе действий. Этими проблемами занимается специальная научная дисциплина — теория коллективных решений. Но однозначного ответа эта теория не дает, и, к сожалению, в общем случае его быть не может, т. е. стандартного способа согласования несовпадающих интересов различных субъектов не существует.

Литература, посвященная этой проблеме, весьма обширна, и опубликовано довольно много различных способов отыскания коллективных решений. Но большинство этих способов носит интуитивный характер и не может служить надежной основой для принятия решений в конфликтах, возникающих в реальных условиях человеческой практики. Однако среди этих способов есть два, заслуживающие определенного внимания.

а) Принцип эффективности. Предположим, что все субъекты условились о некотором способе действий, т. е. договорились о надлежащем способе использования своих ресурсов. И предположим, что найден другой способ использования ресурсов, который для каждого из субъектов более предпочтителен, чем первый. Это означает, что новый способ даст возможность каждому из субъектов добиться лучшего удовлетворения своих целей. Разумеется, этот второй способ будет предпочтителен любому из субъектов и первый способ действий должен быть заменен на новый. Он будет более эффективен, чем первый. Эффективным выбором действий (или эффективным компромиссом) называется такой выбор, который не может быть улучшен одновременно для всех субъектов.

Очевидно, что изучать следует только эффективные компромиссы. Все прочие могут вообще не рассматриваться. Этот принцип впервые был предложен в 1904 г. известным итальянским экономистом Парето и носит название принципа Парето.

Принцип эффективности не выделяет единственного решения. Он просто сужает множество возможных компромиссов, и принятие принципа Парето означает только, что компромисс следует искать среди эффективных выборов действий.

б) Принцип устойчивости. Представим себе, что выбор коллективного решения сделан. Это значит, что каждый из объектов принял на себя обязательства действовать вполне определенным образом. Но этого еще мало, у каждого из субъектов должна быть гарантия, что обязательства, принятые его партнерами, будут выполнены. Ведь может случиться и так, что какой-нибудь из партнеров, не согласуя с другими, изменит свои действия. За этот счет он может добиться определенных выгод. Но зато другим субъектам будет нанесен ущерб. Значит, особую роль должны играть такие коллективные решения, такой способ выбора действий, которые будут обладать свойством: если какой-либо из субъектов отступает от принятых условий компромисса, то он и несет наибольший ущерб. Разумеется, этому принципу (устойчивости) будут удовлетворять только какие-то особые компромиссы.

Если в некотором конкретном конфликте окажется, что существует такое коллективное решение, которое эффективно, т. е. его нельзя улучшить одновременно для всех партнеров, и если к тому же оно будет устойчивым, т. е. ни у одного из субъектов не будет стимулов отступить от согласованных усиления, то, наверное, подобный компромисс не вызовет больших возражений у партнеров и будет выгоден всем субъектам.

Но, к сожалению, как правило, в конфликтных ситуациях устойчивые компромиссы неэффективны, а эффективные — неустойчивы. В этом и лежит основная причина того, почему всегда так трудно отыскать компромисс, удовлетворяющий всех партнеров. Но существует класс систем, в которых отыскание компромисса принципиально возможно. Это так называемые гермейеровские системы. Поясним особенность этих систем на одном частном примере. Предположим, что помимо стремления удовлетворить свои интересы у всех партнеров есть еще одна общая цель. Эту ситуацию называют ситуацией «путешественников в одной лодке», у которых помимо собственных интересов есть еще один общий — доплыть до берега: лодка одна, и успех этого общего предприятия зависит от общих усилий. Для систем Гермейера доказана следующая теорема: системы Гермейера имеют устойчивое эффективное решение. Значит, имеются все предпосылки для компромисса. Конечно, надо еще определить необходимые усилия, но это уже вопрос вычислительный, а не принципиальный.

Все это позволяет говорить о возможности построения некоторой синтетической теории. С одной стороны, вклад в эту теорию внесут те исследователи, которые дадут информацию о границе гомеостазиса, о критических значениях параметров окружающей среды. А с другой стороны — те, которые на основании этой информации смогут найти устойчивый эффективный компромисс. Эта теория будет синтезом разных научных дисциплин, естественных и общественных наук, и будет опираться на методы моделирования и их анализа с помощью ЭВМ. Она приведет к появлению новых подходов к решению даже традиционных задач, когда «эффект лодки» еще не начинает сказываться. Важнейшее условие эффективности этой теории — глубокое единство

того опыта количественных исследований, который накоплен естественными науками, и той общеметодологической основы, которая создана марксистской философией.

Подведем некоторые итоги. Экологическая ситуация требует внимания и усилий исследователей. В условиях свободного предпринимательства человечеству грозит коллапс. Избежать его можно только переходя к целенаправленному планомерному развитию со всей системой ограничений и регламентации деятельности, которые неизбежны в условиях плановой экономики. Задачи исследователей — научиться оценивать эволюцию границы гомеостаза в зависимости от характера деятельности людей, понять те принципы организации и функционирования человеческого общества, которые не нарушат устойчивости развития ноосферы как системы, элементом которой является человеческое общество. Оно развивается в условиях противоречий и конфликтов, приобретающих совершенно особый смысл, когда ойкуменой стала вся планета. Значит, необходимы принципы формирования компромиссов, преодолевающих эти противоречия. И это также важнейший предмет исследования.

Таким образом, задачи науки — создать фундамент программы планомерного развития человеческой цивилизации на планете и принципы формирования механизмов, способных обеспечить достижение целей. Это и есть концептуальное кредо исследований, проводимых постепенно складывающейся отечественной школой глобальной экологии.

Н.Н. Моисеев

ПИСЬМА РИМСКОМУ КЛУБУ

И если дерево растет, оно растет вверх,
И никто не волен это менять.
Луна и Солнце не враждуют на небе,
И теперь я могу их понять.

Борис Гребенщиков

ПИСЬМО ПЕРВОЕ. «МИРОВАЯ ДИНАМИКА» В ИСТОРИЧЕСКОЙ РЕТРОСПЕКТИВЕ.

*2 июля 2001 года,
Ольгино,
Ленинградская область.*

Говорят, что «отшумевшие битвы, как и мертвые генералы, держат своей мертвой хваткой военные умы»¹. Это в полной мере относится и к научным баталиям. Сегодня, когда «Мировой динамике» исполнилось тридцать лет и эта работа стала классикой науки и ее историей, она оказывает большее влияние на практику, чем когда-либо.

¹ Такман Б. Первый блицкриг: август 1914. СПб.: Terra Fantastica; М: АСТ, 1999.

I

Призрак «экологической катастрофы» бродит по дорогам глобализованного мира, предстает перед писателями и политиками, учеными и промышленниками, современной аристократией и обывателями. Массовые выступления «зеленой» общественности утратили кажущийся истерический характер, и за их стеной стал виден стальной политтехнологический расчет. Озабоченные правительства и послушные парламенты штампуют постановления, направленные на охрану окружающей среды. Адвокаты защищают интересы «дикой природы» в Верховных судах.

Возникла целая индустрия, удовлетворяющая потребности природоохранительного движения; ее оборот составляет ныне миллиарды долларов. С этими долларами нельзя соотнести какие-то реальные произведенные ценности. Речь идет об административном контроле над финансовыми потоками, о возможности перераспределять заработанные другими деньги.

Как только сверхзвуковой «Конкорд» становится серьезным конкурентом другой, более традиционной пассажирской авиации, сразу же выясняется, что шум от его двигателей чрезвычайно беспокоит птиц. И почти все крупные международные аэропорты немедленно закрываются для «Конкордов». Сейчас, тридцать лет спустя, «нормы шумности» стали главным оружием борьбы крупных авиастроительных концернов Запада с дешевыми и надежными российскими самолетами¹.

¹ Вопреки распространенному мнению, Ил-86 является на сегодня самым безопасным пассажирским самолетом в мире, да и Ту-154 последних модификаций по уровню надежности превосходит евроаэробусы всех модификаций.

Десять лет назад развернулась «мировая война» с фреонами, послужившая причиной передела рынка холодильных установок и аэрозолей различного назначения. Эта история заслуживает того, чтобы ее вспомнить.

Исследователи обнаружили над Антарктидой «озоновую дыру» — локальное уменьшение толщины озонового слоя, защищающего Землю от солнечной радиации. Немедленно была организована кампания в прессе: речь шла не более и не менее как о гибели «всего живого» от ультрафиолетового облучения. Медики дисциплинированно предъявили статистику заболеваемости раком кожи. Заболеваемость, понятно, непрерывно росла, как это происходит со всеми редкими болезнями, неожиданно попавшими в поле зрения общественности¹. Как-то очень быстро выяснилось, что озон разлагается фреонами, которые попадают в атмосферу при утилизации отслуживших свой срок холодильников (используются фреоны и в аэрозольных баллончиках). В результате и холодильники, и аэрозоли запретили. Какие-то концерны заработали очень хорошие деньги, а неизбежные потери других были компенсированы из государственных карманов.

Озон образуется в верхнем слое тропосферы в ходе реакции $3O_2 = 2O_3$, протекающей под воздействием ультрафиолетового излучения. Вопрос для восьмого класса средней школы: что происходит с обратимой химической реакцией, когда уменьшается концентрация одного из находящихся в динамическом равновесии веществ? Правильно — равновесие смещается в сторону образования этого вещества. Иными словами, чем больше озона разлагается (например, фреонами), тем больше его производится в верхних слоях атмосферы. И ни реактивные самолеты, ни холодильники, ни аэрозольные духи не могут здесь ничего изменить.

¹ В действительности растет не число заболевших, а число зарегистрированных случаев заболевания.

Само собой разумеется, со временем выяснилось, что озоновый слой не постоянен: его толщина все время меняется. Зависит это от различных геофизических факторов (прежде всего, от текущей активности солнца), но никак не от человеческой деятельности.

На рубеже тысячелетий развернута новая кампания, еще более позорная для мыслящего человечества, нежели полузабытая теперь война с «озоновыми дырами». Я говорю о борьбе с глобальным потеплением, вызванным «парниковыми газами». Заметим в этой связи, что если фреоны в «Мировой динамике» никак не упоминались, то о возможном влиянии человеческой деятельности на климат в книге говорилось — и довольно много.

Эта очередная «экологическая тревога» привела к подписанию рядом правительств «Киотского протокола», регламентирующего тепловое загрязнение среды. В данном случае следует говорить о **прямом** обмане «лиц, принимающих решения», со стороны экологического экспертного сообщества.

Гляциологи в резкой форме возражали против самой концепции «глобального потепления», указывая, что вообще-то на Земле продолжается ледниковый период; текущая климатическая эпоха является межледниковьем, причем довольно холодным. К тому же это межледниковье заканчивается: последние четыре-пять тысячелетий назад началось новое наступление ледников. Небольшое повышение температур, фиксирующееся последние двести лет, носит локальный характер и связано с хорошо известным короткопериодическим климатическим циклом¹.

¹ На XVII век приходится пик «малого ледникового периода». С конца этого столетия средние температуры начали возрастать, за триста лет они поднялись почти на градус. В конце XXII века начнется «малый климатический оптимум»: средняя температура возрастет еще примерно на

Палеонтологи попытались объяснить, что современное расположение материков соответствует в геологической истории Земли холодной **криоэре**, и никаких изменений в ближайшие миллионы лет не предвидится. Если бы, однако, криоэра внезапно сменилась **термоэрой**, это было бы не катастрофой, но благодеянием для человечества, поскольку потеря плодородных земель вследствие повышения уровня океанов более чем компенсируется увлажнением пустынь, полупустынь и степей: биологическая продуктивность Земли в термоэру заметно выше, чем в криоэру, климат — ровнее и с человеческой точки зрения — лучше.

Наконец, физики доказывали, что пугающее обывателей таяние ледников — явление отнюдь не мгновенное. «Катастрофическая» его версия занимает около пяти тысяч лет, более взвешенные оценки дают 7—8 тысячелетий. Так что вода будет прибывать, самое быстрое, по сантиметру в год, что, право же, не требует срочных административных решений.

Все было напрасно. «Защитники среды» в очередной раз настояли на своих ультимативных требованиях.

Экологическое движение с самого начала было «бегством от...», а не «движением к...», то есть его позиция всегда являлась «неконструктивной по построению». В настоящее время это движение следует рассматривать как основной источник **инновационного сопротивления**: именно защитники «окружающей среды» тормозят все сколько-нибудь «продвинутые» технологические разработки¹. Они

градус и, как и в «эпоху викингов», в Гренландии будут расти леса, а на Ньюфаундленде появятся виноградники. Затем температура снова начнет падать. Длительность этого цикла составляет 1200 лет, амплитуда колебаний температуры от 2 до 2,5 градусов.

¹ Что не помешало им инициировать целый ряд откровенно уродливых и безумно дорогих проектов, вроде австралийской «солнечной башни»: «Башня диаметром 130 метров

выступают за «глобальное равновесие» и совершенно не желают отдавать себе отчет в его недостижимости.

Современное экологическое движение — необразованное, уродливое, насквозь политизированное, давно купленное бизнесом и спецслужбами — находит оправдание своего существования и своей деятельности в пионерских работах «Римского клуба». Критический апостериорный анализ этих работ и основополагающего труда Дж.Форрестера «Мировая динамика», лежащего в их основе, представляется ныне насущной необходимостью, поэтому мы сочли возможным направить Вам настоящее письмо.

2

Заслуги «Римского клуба» неоспоримы. Именно динамическая модель «мировой системы» Дж.Форрестера, изложенная учеником Форрестера из Массачусетского техно-

[и высотой 1 километр] будет производить электричество, используя для этого восходящие потоки воздуха, нагреваемого лучами Солнца. У подножия башни раскинется огромная теплица диаметром семь километров; воздушные массы, нагретые в ней, будут устремляться в трубу, вращая попутно турбины электрогенераторов, установленные в ее основании. Благодаря теплозащитным материалам, использованным в конструкции теплицы, воздух будет продолжать нагреваться даже ночью. Мощность станции должна составить до 200 МВт. Ее гигантская башня, более чем в два раза превосходящая самые высокие в мире башни-близнецы Petronas Towers Городского центра в Куала-Лумпуре, будет видна с расстояния в 80 километров.

Австралийская компания «EnvigoMission» планирует построить очередное чудо света в пустыне на границе штатов Новый Южный Уэльс и Виктория. Стоимость проекта оценивается в 1308 млн (около 595 млн)».

логического института Д.Медоузом в виде компактных и популярных «Пределов роста», ввела в политическое и экономическое обращение группу смыслов, связанных с понятием «среды обитания». Если сегодня восстановлена экология Великих Американских Озер, очищены Рейн, Дунай и Байкал, снабжены очистными сооружениями целлюлозно-бумажные заводы и химические комбинаты, то этим мы во многом обязаны Дж.Форрестеру и Д.Медоузу.

Они же несут ответственность за природоохранительную истерию газет, парламентов и лабораторий. Именно «Римский клуб» построил и «зажег» информационную голограмму экологической катастрофы.

Возможно, экологическая обстановка, сложившаяся в конце 1960-х годов, оправдывала логику «алармистов» и их методы. Возможно даже, что все они какое-то время, а некоторые из них — все время, верили в свои результаты. Но трудно предположить, что такой специалист по математическому моделированию, как Дж.Форрестер, мог серьезно отнестись к «мировой системе» из пяти (!) динамических уровней.

Чем проще система, чем меньше у нее степеней свободы, тем примитивнее в конечном счете ее эволюция. Поставьте задачу на динамику численности человеческой популяции на бесконечной плоскости при неограниченном продовольствии, и вы получите классическую экспоненту. Теперь ограничьте пространство, и вместо экспоненциального возникнет логистическое решение. Введите в модель положительную обратную связь между численностью и смертностью, и появятся гармонические колебания. Каждое из этих решений «как-то» соотносится с Реальностью, но ни одно из них ее не отражает. Поэтому бесполезно спрашивать, какая кривая «правильная» (и равным образом, какая из них «лучше»).

Настоящая популяция неизмеримо сложнее этих простейших динамических схем, хотя ее динамика может с

хорошей точностью описываться любой из них. Но — какое-то время. Потом расхождения теоретической кривой с данными наблюдений начинают быстро нарастать. Проблема системного моделирования в том и состоит, что всегда есть искушение экстраполировать модель на недопустимо большие значения параметров.

Модель при этом становится весьма «содержательной», но утрачивает смысл: ее выводы по-своему интересны, но заведомо неверны.

В простейших случаях можно с большой точностью установить границы применимости той или иной модели. В сложных задачах, таких как исследование «мировой системы», мы можем с уверенностью сказать лишь, что они наверняка есть. И если модель «вдруг» предсказывает катастрофическое поведение системы, то, скорее всего, это свидетельствует о непригодности модели именно в этой области параметров. Во всяком случае, эта версия наиболее вероятна, и как указывает Р.Исмаилов, *«если ваши вычисления показывают, что моделируемая система теряет устойчивость, это, прежде всего, повод усомниться в модели, а не в поведении реальной системы».*

...К примеру, если исследователь, живущий во времена Менделеева, обнаруживает неограниченный рост параметра “количество органических отходов” системы “транспорт”, то правильный вывод, который он обязан сделать, заключается в том, что источник этих отходов будет заменен (в силу малой экономической эффективности, конечно) на другое, более совершенное средство».

В модели Дж.Форрестера катастрофически ведут себя многие параметры, в частности — смертность. Между 2020 и 2060 годом численность населения Земли достигает максимума, который представляет собой очень острый, «резонансный» пик. Затем — вследствие нехватки ресурсов, загрязнения среды, нехватки продуктов питания или сочета-

ния указанных причин происходит быстрое падение численности — в три-пять раз за время жизни поколения. Смертность достигает чудовищных величин, здание цивилизации разваливается. Грядущая катастрофа практически неизбежна: предотвратить ее созданием новых технологий или даже контролем рождаемости не удастся. Ее можно лишь оттянуть на некоторое время строжайшими экологическими мерами.

Из самых общих соображений понятно, что эта версия **слишком проста и очевидна**, чтобы реализоваться с заметной вероятностью. Динамика таких сложных систем, как мировая, отличается высокой неопределенностью: сведение всех вариантов Будущего к примитивной мальтузианской катастрофе противоречит всему накопленному аналитическому опыту. «Будущее не только сложнее, чем мы его себе представляем, но и сложнее, чем мы его можем представить».

Кроме того, предсказание о неизбежности экологической катастрофы отнюдь не было продуктом машинного моделирования «мировой системы». В действительности, это предсказание было введено в модель априори — при проектировании системы положительных обратных связей. Если численность населения зависит от рождаемости и смертности, обе эти величины зависят от загрязнения, а загрязнение — от численности населения, мы с неизбежностью получаем «резонансный пик» на демографической кривой.

Если вы закладываете в модель, ограниченную в пространстве, экспоненциальный пространственный рост какого-либо параметра, в модели с неизбежностью разовьются катастрофические напряжения, которые разрушат ее. Считать это с помощью ЭВМ совершенно необязательно.

Задавая те или иные формы обратных связей, можно получить любые, наперед заданные, динамические соотношения для параметров модели. Для студентов третьего-четвертого курса такое упражнение является полезной

практикой, но научное значение подобной деятельности, разумеется, равно нулю.

Наша критика носит направленный характер и относится не к конкретным результатам, полученным Дж.Форрестером, даже не к самой модели, но к самой идеологии системного моделирования глобальных процессов. Несколько утрируя, можно сказать, что данная идеология порождает модели, которые тривиальны там, где они априори верны, и содержательны там, где они заведомо ошибочны.

Основные претензии к принятой тогда «Римским клубом» схеме моделирования сводятся к следующему:

- отсутствует определение и формальное описание исследуемой системы;
- выбранное число параметров недостаточно для содержательного анализа этой системы;
- обратные связи между параметрами и потоками (уровнями и темпами) задаются искусственно и не отражают ни общесистемных закономерностей, ни свойств конкретной исследуемой системы.

Как результат, границы применимости глобальных системных моделей не определены, статус возникающих в них расхождений совершенно неясен, а прогнозы и рекомендации к действиям носят все черты «подгонки» под заранее заданный ответ.

3

Во второй половине 1970-х годов глобальное моделирование широко использовалось в качестве идеологического оружия. Поскольку «Мировая динамика» была первой альтернативной марксизму моделью, оперирующей нетриви-

альными смыслами Будущего, она пользовалась громадной популярностью среди советской интеллигенции. Эта популярность дополнительно подогревалась не совсем уверенными попытками советской системы внести работы Дж.Форрестера и Д.Медоуза в реестр запрещенных или, по крайней мере, «неупоминаемых» книг.

Наивно обвинять «Римский клуб» в «заговоре с целью подрыва дела социализма», но его роль в идеологическом обеспечении заключительного этапа «холодной войны» еще ждет своего исследователя.

Примечательно, что советские исследования по экологическому прогнозированию вызвали гораздо меньший резонанс, нежели работы Дж.Форрестера, хотя первые эскизные разработки появились в СССР на два года раньше. В 1968 году в журналах «Техника молодежи» и «Молодая гвардия» вышла сокращенная версия романа «Час быка», созданного писателем и ученым-палеонтологом И. Ефремовым. В этом романе анализировалось, в частности, поведение демографической статистики вблизи «пределов роста», рисовалась реалистическая версия переполнения экологической ниши вида Ното («Век Голода и Убийств» на планете Торманс) и демонстрировались различные способы выхода из этой ситуации¹. И. Ефремов рассмотрел механизмы

¹ Кроме очевидной для советского исследователя идеи замены стихии рынка плановым хозяйством, была предложена совершенно неортодоксальная схема контроля численности населения. После Века Голода на Тормансе сложилась особая «посткатастрофическая» культура, с высокой статистической частотой молодежных самоубийств. Такая культура в условиях государственно-монополистического капитализма привела к созданию классового общества, причем низший класс — КЖИ (короткоживущие) в возрасте 26 лет уходили во Дворцы Нежной Смерти. Регулируя соотношение между КЖИ и долгоживущей интеллигенцией, правительство добивалось идеального демографического

обратной связи между системами «человек» и «природа», ввел принципиальное понятие «стрелы Аримана», обуславливающей преимущественное выживание вредных для человека биологических видов в условиях экологического «стресса» биоты, вызванного неконтролируемым ростом человеческой популяции.

Между прочим, в «Часе быка» была сделана попытка понять пределы применимости предположений, лежащих в основе концепции гипотезы глобального экологического кризиса. Оказалось, что принципиальное значение имеет культурная однородность: по И.Ефремову, Торманс, где произошла демографическая катастрофа с падением численности населения более чем на порядок, был искусственно заселенной монокультурной планетой и с этой точки зрения представлял собой систему заведомо более простую, нежели Земля. Тем самым ее динамика была примитивнее и «катастрофичнее». Для нашей планеты с ее огромными различиями в культуре и экономике резонансные пики кривых, даже в моделях «пределов роста», оказываются сглаженными отрицательными обратными связями: кризисы перенаселенности, загрязнения и ресурсов,

баланса, при этом рождаемость на планете оставалась на довольно высоком уровне, что позволяло в полной мере эксплуатировать «пирамиду таланта», где на одного гения «наверху» приходится миллиард новорожденных детей «внизу». В известном смысле, Торманс — идеальная реализация предложенной Дж.Форрестером стратегии установления глобального равновесия. Другой вопрос, что это равновесие навсегда зафиксировало «посттравматический синдром» в масштабе целой планеты, а культура Торманса, отличающаяся замкнутостью, жесткостью, сравнительно низким уровнем жизни и неравномерностью в распределении материальных благ, вызывает мало позитивных эмоций.

во-первых, не синхронизированы между собой и, во-вторых, носят локальный, а не глобальный характер — разнесены по месту и времени. Такая динамика тоже сулит мало радости, но, во всяком случае, она принципиально **управляема**.

В своих прогнозах И.Ефремов пользовался математическим моделированием, тем более что тенденции легко прослеживались на простейших моделях, а делать точные прогнозы с реальными датами не представлялось возможным ни аналитически, ни численно. Отсутствие официозного резонанса в исследовательской среде на разработку И. Ефремова было связано конечно же с тем, что итоговое представление модели было представлено в литературном формате.

Позже Н. Моисеев предпринял попытку точно решить численную задачу, создав реалистическую модель «мировой системы». Оказалось, естественно, что поведение этой системы очень сложно и практически непредсказуемо; оно, однако, не носит катастрофического характера. Вернее, «мировую систему» можно «загнать» в форрестеровско—медоузский глобальный экологический кризис, но при очень специфическом подборе численных значений параметров¹. И именно потому, что результаты не были катастрофическими, а следовательно, сенсационными, они не получили широкой известности. Ни на Западе, где всю разворачивалось экологическое движение, ни в СССР, где всякое сомнение в неизбежности предстоящего кризиса воспринималось молодыми интеллектуалами как свидетельство работы на КГБ. Эпоха мировых войн заканчивалась. Мир вступал в век посттоталитарных демократий, и

¹ Позднее эта технология расчетов была использована для компьютерного моделирования термоядерного конфликта, что привело к созданию гипотезы «ядерной зимы».

озабоченная страхом перед загрязнением среды общественность подходила этому миру во всех отношениях.

После распада СССР на бывших советских территориях образовалось множество партий и группировок экологической направленности. Все они быстро продемонстрировали свою полную политическую и экономическую неэффективность. Рекомендации по немедленному закрытию «грязных» производств и атомных электростанций были хороши в теории, на практике же такие действия привели к экономическому коллапсу в масштабе регионов и целых независимых государств. В конечном счете практически все выведенные из эксплуатации энергетические и производственные мощности пришлось задействовать вновь: полгода жизни без тепла и света ликвидировали у населения всякий страх перед «мирным атомом».

*Исследовательская группа
«Конструирование Будущего»*

ПИСЬМО ВТОРОЕ. ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ТЕОРЕМА В КОНТЕКСТЕ ФАЗ РАЗВИТИЯ

*7 июля 2002 года,
Телецкое озеро, Алтай.*

В этом письме речь пойдет о демографической статистике.

Как известно, исходное уравнение имеет вид $dN/dt = (b - d)N$, где N — текущая численность населения, b — рождаемость, d — смертность. Если рождаемость и смертность постоянны, решением этого уравнения является экс-

понента: $N = N_0 \exp((b - d)t)$. Этому закону, отвечает, например, рост населения Пакистана в XX столетии¹.

Если предположить, что смертность есть возрастающая функция суммарной численности или плотности населения, динамика приобретает более сложный вид. В линейном приближении, когда $d = d_0 + cN$, получаем логистическое решение: $N = N_{\text{lim}} / (1 + \exp(-(b - d_0)t))$, где N_{lim} — установившееся значение численности.

В предположении, что существует биологический вид, паразитирующий на человеке и обладающий способностью к практически неограниченному росту популяции (этими условиями обладает любой возбудитель инфекционного заболевания, если заболевание не поддается этиотропному лечению и не предотвращается вакцинированием²), получаем цепочку сцепленных уравнений «хищник—жертва», где человек оказывается в несвойственной ему роли жертвы:

$$\begin{aligned} dN_1/dt &= (r_1 - \&_1 N_2)N_1, \\ dN_2/dt &= (r_2 + \&_2 N_1)N_2, \end{aligned}$$

здесь r_1 и r_2 — «естественный» прирост видов 1 и 2; $r_1 = b_1 - d_1$; $\&_1 N_2$ и $\&_2 N_1$ — соответственно прибавка к смертности вида 1 за счет паразитирующего вида 2 и прибавка к

¹ 1901 г. — 16,6 млн, 1947 г. — 46,5 млн, 1971 г. — 65,5 млн, 1992 г. — 117 млн, 1999 г. — 146,5 млн, 2001 г. — 148,0 млн человек, линеаризованный рост составляет 7,9% в год.

² СПИД и другие ретроинфекции, рак, если считать его инфекционным заболеванием с чрезвычайно низкой заразностью (эта гипотеза возникла в русской микробиологии в конце 30-х годов XX века). В этом случае рост числа раковых заболеваний должен коррелировать с плотностью населения, что похоже на правду. Другой вопрос, что с этой плотностью коррелирует и загрязнение среды так называемыми канцерогенами.

рождаемости вида 2 за счет изменения его кормовой базы — вида 1. Эти уравнения, называемые уравнениями Вольтерра—Лотки, исследованы, при «правильных» знаках параметров они имеют колебательные решения.

Понятно, что во всех трех случаях речь идет о грубых моделях, которые, однако, удовлетворительно описывают динамику популяций. В работах Дж.Форрестера считалось, что динамика «мировой системы» может быть построена подобным же образом. В действительности оказалось, что это не так.

1

Суть проблемы заключается в том, что человек является существом социальным и демографические модели должны учитывать эту степень свободы: в противном случае модель дает ошибку не только в величине, но и в знаке изменения численности, предсказывая прирост, в то время как население сокращается:

Простейшим образом эффект социальности учитывается через рамку **фазы развития**¹.

В **архаичной фазе** формами экономической жизни являются охота и собирательство: пищевой ресурс добывается обычными в животном мире способами, с тем существенным различием, что если как субъект охоты человек остается животным, то объектом ее он быть перестает.

¹ Фазы развития маркируют различные типы связей между человеческим обществом и объемлющим биогеоценозом. С практической точки зрения фазы различаются характером взаимодействия человечества с окружающей средой, иными словами, местом Homo Sapiens в трофической пирамиде и способом присвоения пищевого ресурса.

Неолитическая революция отделяет архаичную фазу от **традиционной**, в которой основой хозяйствования становится производящая экономика: земледелие и скотоводство. Человеческие сообщества, находящиеся в этой фазе, вытесняют или преобразовывают классические природные экосистемы, формируя в них новый управляющий уровень.

Традиционная фаза включает в себя несколько общественно-экономических формаций (типов хозяйствования): первобытнообщинную, рабовладение, феодализм. Важно иметь в виду, что вне всякой зависимости от общих тенденций экономической жизни в данном обществе индивидуальное крестьянское хозяйство всегда относится к традиционной фазе развития.

Особенностью современной **индустриальной фазы развития** является фабричное производство. Это означает не только физическое изобретение машин, но и господство их в промышленности, то есть обязательное разделение экономики на «группу А» и «группу Б», причем первая использует машины и создает их, а вторая — только использует. В этом смысле коэффициент полезного действия индустриальной экономики всегда меньше единицы: часть производительных сил расходуется во «внутреннем круге кровообращения», где делаются машины, предназначенные для того, чтобы делать машины. «Кровью» экономики становится уже не зерно, а энергоносители: на первом этапе каменный уголь, затем нефть.

Индустриальная фаза подразумевает возникновение общепланетной системы обмена. Это означает, в свою очередь, неизбежность появления мировой валюты, соответствующих расчетных центров и плотной коммуникационной сети. Эмблемой фазы становятся железные дороги и суда с механическими двигателями.

Модель, предложенная Дж.Форрестером в «Мировой динамике», «по построению» описывает индустриальную

фазу развития. Однако рассматриваемые в модели демографические уравнения относятся к традиционной фазе, что приводит к ряду принципиальных ошибок.

В традиционной фазе развития биологический императив «плодитесь и размножайтесь» соответствует экономическим потребностям крестьянской семьи. Появление ребенка почти не сказывается на материальном положении семьи (так как традиционное хозяйство тяготеет к натуральности) и достаточно слабо — на потреблении продуктов питания. Уже с четырех-пяти лет ребенок может выполнять ряд работ, простых, но необходимых для нормального существования хозяйства: выпас скота, уборка помещений, валяние шерсти и т.п. Таким образом, ребенок заменяет наемного работника, затраты на которого превышают стоимость содержания ребенка в несколько раз. Вырастая, ребенок берет на себя все больший объем работ, способствуя процветанию хозяйства. Несколько упрощая, можно сказать, что каждый ребенок в патриархальной традиционной семье может рассматриваться как практически бесплатная рабочая сила. Соответственно рост семьи означает рост числа работников, то есть увеличение зажиточности хозяйства: ребенок доходен уже с малых лет.

Демографическая динамика фазы носит (при отсутствии пространственных ограничений¹) экспоненциальный характер. Эффективное, с учетом детской смертности, число детей в крестьянской семье составляет 4—5 человек, что соответствует годовому приросту населения до 6% и даже до 10% в год.

¹ Если такие ограничения есть, традиционное общество вводит строжайший контроль над рождаемостью. В Японии вплоть до последних десятилетий XIX столетия в некоторых областях убивали новорожденных девочек, а старики, не способные работать, принуждались к самоубийству. Эти жесткие меры стабилизировали численность населения.

Как только возникают реальные товарно-денежные отношения и возможность **тратить деньги**, ребенок из подспорья в производстве, бесплатного наемного работника, превращается в обузу. В индустриальной фазе демографический кризис выступает с беспощадной остротой: рождение детей не только не выгодно индивидуальной семье, но и прямо приводит к ее непосредственному обнищанию.

«Невыгодность детей» проявляется тем сильнее, чем более развиты товарно-денежные отношения и индустриальная фаза в целом и чем выше изначальный доход семьи. В рамках наиболее простой модели рождение первого ребенка отбрасывает семью к границе «своего» исходного имущественного класса, рождение второго — переводит в более низкий класс. Как правило, при трех детях или еще большем их количестве происходит деклассирование семьи.

Это связано с тем, что затраты на развитие, воспитание и образование ребенка в индустриальной фазе очень велики и период детства продолжается до 16, 18 и даже 23 лет. Если учесть, что между 18 и 23 годами молодые люди создают собственные семьи, становится понятно, что родители не получают никакой непосредственной отдачи на свой огромный «вложенный капитал».

В результате демография индустриальной фазы определяется «точкой равновесия» двух противоположных императивов: биологического (инстинкт продолжения рода) и экономико-социального (инстинкт социального выживания). Опыт и моделирование показывают, что это равновесие наступает при среднем значении детей в семье между показателями «один» и «два». В современной индустриальной России он близок к единице и нигде не поднимается выше значения 1,2. Такой показатель соответствует сокращению титульного индустриального населения на 0,7% в год в линеаризованной модели и на 3—5% в год в модели, учитывающей старение населения и соответствующее повышение смертности.

2

Литургийно простая демография Дж.Форрестера с экспоненциальным ростом и перспективой кризиса перенаселенности заменяется совсем другой моделью, в которой увеличивается население традиционной Периферии, а в индустриальной Ойкумене идет совершенно противоположный процесс демографической деградации.

Понятно, что такая ситуация не может быть устойчивой. Следовательно, модель должна учитывать антропоток¹, направленный из областей с преобладанием традиционного хозяйства в индустриальные регионы. Тогда фазовая структура региона (и тем самым его демографическая статистика) определяется масштабом антропотока, скоростью социокультурной переработки², темпами роста/деградации населения соответственно в традиционной/индустриальной фазах развития. Вместо статического равновесия рождаемости и смертности в модели «пределов роста» получаем динамический **фазовый баланс**.

Преобладание традиционной фазы приводит к тому, что индустриальное производство не успевает ассимилировать поступающие кадры. Так создаются огромные индустриальные застройки (городами они, разумеется, не являются) с крайне низким жизненным уровнем и незначительным развитием индустрии: Бангладеш, в меньшей степени Бразилия, Пакистан, Нигерия. Нехватка традиционной фазы приводит к сильнейшей концентрации населения в индустри-

¹ Термин введен С.Градиловским. Вообще говоря, антропоток не сводится только к миграциям и включает также перенос идентичностей без непосредственного перемещения людей.

² Речь идет, разумеется, о переработке «традиционного» кадрового сырья в индустриальных работников.

альных центрах и возникновению вокруг них «антропологических пустынь»¹.

Итак, фазовый демографический анализ приводит к иным выводам, нежели экспоненциальная гипотеза «мировой динамики». Прежде всего, становится понятно, что численность населения не может расти беспредельно. Индустриальная фаза развития сама по себе понижает численность населения: в исходной модели Дж.Форрестера должна, как минимум, присутствовать отрицательная обратная связь между рождаемостью и фондами. Далее, оказывается, что рождаемость не является гладкой функцией своих аргументов: при изменении фазы развития она меняется скачкообразно, поэтому об изменении рождаемости на 30% при росте качества жизни в пять раз не может быть и речи.

«Фазовая модель» содержит две зоны бифуркации. Во-первых, теоретически мыслимо полное перерождение традиционной фазы в индустриальную. В этом случае общество целиком попадает под действие теоремы о демографической деградации и, видимо, постепенно вымирает. Однако длительность такого процесса заведомо выходит за «область определения» исходной модели.

Во-вторых, возможно разрушение и деградация индустриальной фазы. Это вызовет быстрый рост смертности (отсутствие лекарств, нехватка продовольствия), после чего традиционные общества перейдут к апробированным формам контроля численности населения.

Этот вариант является катастрофическим, но падение численности населения начинается много раньше «предельных цифр», полученных «Римским клубом».

¹ Тип территории, возникающей вследствие ухода человека с ранее освоенных им земель. Заметим, что в России, да и в некоторых государствах Европы антрополустыни являются гораздо более насущной проблемой, нежели загрязнение среды.

Э

В последние годы появились исследования, указывающие, что фазовый подход, хотя он и значительно точнее уравнений, используемых в «Мировой динамике», также содержит принципиальную ошибку. Дело в том, что в действительности демографическая динамика описывается не дифференциальными уравнениями, а уравнениями в конечных разностях: поколения дискретны.

Это обстоятельство было, конечно, хорошо известно, но до недавнего времени считалось, что различие между непрерывной и дискретной демографическими моделями не носит принципиального характера. При небольших значениях времени они практически совпадают. Однако изучение на больших временах показало, что при некоторых значениях параметров дискретная модель начинает вести себя хаотически: численность населения, казалось бы, установившаяся на определенном уровне, внезапно начинает резко и совершенно непредсказуемо меняться¹. Есть основания полагать, что такое поведение отражает какие-то стороны действительности, а не является артефактом модели. Если это так, то «точки равновесия» в модели Дж.Форрестера не существует вообще, а в модели фазового баланса равновесие является нестабильным. Перефразируя тезу о Будущем из предыдущего письма: демография человека не только сложнее, чем мы ее себе представляем, но и сложнее, чем мы ее можем себе представить.

*Исследовательская группа
«Конструирование Будущего»*

¹ М.Н. Либенсон. Естественно-научный подход к динамике конфликта // Материалы Второй научной конф. СПб. союза ученых. 10—12 апреля 2002 г. СПб., 2002.

ПИСЬМО ТРЕТЬЕ.
ОТ «СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ»
К СТРУКТУРОДИНАМИКЕ

*30 октября 2002 года,
Цахкадзор, Республика Армения.*

Смысл критики системного подхода в версии Дж.Форрестера заключается, конечно, не в перечне формальных неточностей, допущенных при проектировании моделей «Мир-1» — «Мир-3». Гораздо больше возражений вызывает сама идеология моделирования.

Хотя автором неоднократно подчеркивается, что предметом описания является «мировая система», «как она есть и безо всяких ограничений», предложенные им уравнения справедливы только для индустриальной фазы развития (и даже не для всех периодов этой фазы). Используемая Дж. Форрестером методология не предполагает преодоления этой ограниченности, поскольку неявно постулирует, что структура модели неизменна.

В рамках подхода И.Пригожина модель, не включающая в себя автокаталитических петель, является термодинамически мертвой: она замкнута на сделанные априорные предположения, и ее содержание ими полностью исчерпывается. Иными словами, модель позволяет красиво обосновать те или иные гипотезы, придать им убедительность в глазах публики, но предсказывать будущее она не может. В действительности расходимости, отмеченные Дж.Форрестером, вовсе не требуют развернутого анализа: что они значат и как ведут в себя при варьировании исходных параметров. Расходимость просто является императивным требованием перейти к другой модели.

Итак, простейшим обобщением «мировой динамики» является модель, которая является собственным динамическим уровнем: при определенных значениях параметров меняется ее структура и основные законы, описывающие систему логических взаимосвязей.

Попытка создать такую модель привела нас к разработке **структуродинамики**, теории, представляющей собой своеобразный синтез системного подхода и классической диалектики.

1

Определим понятия **системы** и **структуры системы**.

Совокупность элементов является системой, если она имеет положительную энергию связи или если в динамике составляющих ее объектов существуют корреляции.

Любое противоречие внутри системы или между системой и окружающей средой будем называть **структурным фактором**. Совокупность всех структурных факторов, порожденных отношениями внутри системы, является ее *in*-структурой, остальные факторы образуют *out*-структуру. *In*- и *out*-структуры вместе составляют структуру системы.

Поскольку количество противоречий в любой системе бесконечно, данное определение подразумевает выбор определенного **уровня исследования**, фиксируя который мы абстрагируемся от большинства структурных факторов, сосредоточивая свое внимание на немногих оставшихся.

Практически в модели Дж.Форрестера рассматривается только один структурный фактор: противоречие между практической ограниченностью обобщенного ресурса и теоретической неограниченностью обобщенного потенциала развития.

Концепция уровней исследования позволяет корректно ввести важные понятия *изо*- и *гомоморфизма*: системы на-

зываются **изоморфными** на определенных уровнях исследования, если совпадают их структуры, и **гомоморфными** — если одна структура образует подмножество другой.

Существует естественный изоморфизм, облегчающий анализ разнообразных системных моделей природы и общества: на определенном уровне исследования системы, описывающие личность и социум, изоморфны.

В этой связи представляет интерес приложение модели Дж.Форрестера к ребенку. Маленький ребенок питается молоком, которое представляет собой некий ограниченный ресурс. При этом он растет, по мере увеличения размеров ему требуется все больше молока. Продуктами своей жизнедеятельности он загрязняет пеленки, количество которых в помещении конечно. Составив и численно решив систему уравнений, мы выясним, что ребенок неминуемо умрет — или оттого, что кончится молоко, или ввиду прогрессирующего загрязнения комнаты отходами его жизнедеятельности, или, наконец, из-за того, что позвоночник не выдержит растущей массы тела.

Пример удачен в том отношении, что ясно видна принципиальная ошибка системного моделирования по Дж.Форрестеру: подобно маленькому ребенку, общество проходит в своем развитии определенные фазы, и динамические законы, управляющие разными этапами, вообще говоря, совершенно различны. Иначе говоря, «мировая динамика» принципиально игнорирует то обстоятельство, что ребенок рано или поздно становится подростком, а затем и взрослым. И например, взрослые не растут.

В предложенной системе определений классические **законы диалектики** записываются следующим образом:

- структурность системы на данном уровне исследования представляет собой необходимое и достаточное условие ее динамичности на том же уровне (закон

единства и борьбы противоположностей, закон динамики системы);

- структурные факторы системы квазиустойчивы: если t_i — время жизни i -того структурного фактора, а T — время существования системы, то для любого i t_i/T много больше нуля, близко к единице, но всегда меньше ее (закон взаимного перехода количества и качества, закон динамики структуры);
- структурность системы, то есть мера количества противоречий в ней, не убывает в процессе динамики (закон отрицания отрицания, закон сохранения структурности).

Из системы законов диалектики могут быть выведены закон всеобщей связи явлений, закон взаимного превращения противоположностей, а также принцип изоморфизма.

Можно так выбрать уровень исследования, что любой фазовый переход в системе окажется несовместным с ее существованием. Такие системы называются **примитивными**: они слишком просты для системного подхода, поскольку их динамика может быть вычислена обычными аналитическими приемами. Любая система может быть редуцирована до примитивной, но обычно с потерей содержания.

В модели Дж.Форрестера «мировая система» рассматривается как примитивная. Это означает, во-первых, что все ее нетривиальные выводы ошибочны: они связаны с особенностями механизма моделирования, а не самой системы. Во-вторых, что эта модель может быть точно исследована аналитически, причем для этого не обязательно делать априорные предположения об обратных связях в системе.

Предположив, что единственным фазовым переходом в «мировой системе» является смена фаз развития, мы получим модель, способную к некоторым формам нетривиально-

го поведения. Так, в ней зависимость величины фондов от численности населения носит сложный характер и определяется **показателем глобализации**, равным отношению экономически освоенного пространства к общему объему доступного для хозяйственной деятельности пространства. Такая модель предсказывает серьезные изменения динамических зависимостей по мере приближения показателя глобализации к единице. Таким образом, в простейшей структуродинамической модели системный кризис наступает на тридцать—пятьдесят лет раньше, чем в схеме Дж.Форрестера, и носит несколько иной характер. Так, причиной демографического регресса оказывается не перенаселенность / голод / нехватка ресурсов, а банальные людские потери в перманентной борьбе за передел глобализованного мира¹.

2

Структуродинамический подход позволяет подойти к поиску обратных связей в сложных системах с несколько иных позиций, чем это происходит в системном моделировании. Структуродинамика полагает, что поведение произвольной системы сводится к диалектическому единству двух разнонаправленных процессов — **гомеостаза и индукции**.

Динамика всякой системы, находящейся вблизи равновесного состояния, подчиняется обобщенному принципу Ле-Шателье—Брауна: система препятствует любому изменению своего состояния, вызванному как внешним воздействием, так и внутренними процессами, или, иными

¹ Понятно, что это суждение, подобно прогнозам Дж.Форрестера, носит сугубо модельный характер. Реальная динамика «мировой системы» намного сложнее.

словами, любое изменение состояния системы, вызванное как внешними, так и внутренними причинами, порождает в системе процессы, направленные на то, чтобы скомпенсировать это изменение.

Интересно проанализировать, исходя из принципа Ле-Шателье, процесс перехода к новой структуре. Понятно, что качественный скачок является значительным и, строго говоря, бесконечным, изменением состояния. Следовательно, он должен вызывать сравнимое по величине противодействие. Поскольку качественные изменения все-таки происходят, приходится заключить, что по мере приближения качественного скачка устойчивость системы уменьшается. Это явление можно интерпретировать, как возрастание времени жизни флуктуации — отклонений от состояния равновесия. Постепенно оно оказывается сравнимым со временем нахождения системы в основном состоянии: в системе возникают точки «как бы равновесия». В какой-то момент асимметрия системы, вызванная существованием выделенного основного состояния, пропадает и соответственно исчезают силы Ле-Шателье. Именно тогда и происходит смена структуры, после чего создается новое состояние равновесия. Как и всякий процесс изменения симметрии, описанный переход носит скачкообразный характер.

Согласно закону Ле-Шателье—Брауна, решающую роль в изменении структуры системы играют флуктуации. Этот вывод находится в полном соответствии с результатами, полученными И. Пригожиным:

«За пределами линейной области устойчивость уже не является следствием общих законов физики. Необходимо специально изучать, каким образом стационарные состояния реагируют на различные типы флуктуаций, создаваемых системой или окружающей средой. В

некоторых случаях анализ приводит к выводу, что состояние неустойчиво. В таких системах определенные флуктуации вместо того, чтобы затухать, усиливаются и завладевают всей системой, вынуждая ее эволюционировать к новому режиму, который может быть качественно отличным от стационарных состояний...»

Процессы Ле-Шателье носят в устойчивых системах самодовлеющий характер. Это означает, что система сама ограничивает свое развитие. Применительно к «мировой системе» это надо понимать как отсутствие демографической расходимости и вообще любых разрывов первого рода (сингулярностей). Разрывы второго рода (бифуркации) возможны, но лишь в области растущих флуктуаций, то есть вблизи фазового перехода.

При всей важности гомеостатических процессов такие процессы не исчерпывают эволюции сложных систем. Диалектический характер развития подразумевает, что стремление к равновесию не является абсолютным: наряду с устойчивостью существует также изменчивость, наряду с отрицательными — положительные обратные связи. Как указывает Н. Н. Моисеев:

«... понимание того, что развитие, эволюция организационных структур любой физической природы определяется противоречивыми тенденциями, прежде всего двумя основными типами обратной связи (...) является, безусловно, одной из важнейших характеристик мирового процесса самоорганизации».

Мы будем говорить, что система S_1 имеет большую **структурность**, нежели система S_2 , если они рассматриваются на одном уровне исследования и выполняется хотя бы одно из следующего набора требований:

- структура системы S_2 гомоморфна, но не изоморфна структуре системы S_1 ;
- удельная энергия связи системы S_1 много больше удельной энергии связи системы S_2 ;
- все структурные факторы S_1 суть внешние по отношению к соответствующим структурным факторам S_2 ¹.

Разумеется, в процессе развития уровень структурности системы может меняться. Так, вблизи точки фазового перехода резко падает удельная энергия связи.

Общая формулировка закона, обеспечивающего возникновение положительных обратных связей в процессе взаимодействия систем, имеет следующий вид:

- более структурная система индуцирует свою структуру в системы, с которыми она взаимодействует.

¹ В данном определении использована простая классификация структурных факторов системы. Структурные факторы могут быть подразделены на стационарные, существование которых обусловлено самим определением данной системы, способом вычленения ее из окружающего мира, и динамические — изменяющиеся в ходе эволюции. Структурные факторы, образованные противоречиями между совокупностями элементов системы, называются конкретными, остальные — абстрактными. Например, в модели Дж.Форрестера противоречие между промышленным и сельскохозяйственным капиталом образует конкретный, а противоречие между качеством жизни и загрязнением среды — абстрактный структурный фактор.

Пусть система S разбита на две подсистемы S_1 и S_2 , противоречие между которыми порождает структурный фактор A , а S_1 — в свою очередь — на подсистемы S_{11} и S_{12} , противоречие между которыми порождает структурный фактор B . Тогда фактор A называется внешним по отношению к B .

Назовем данное утверждение, образующее диалектическое единство с принципом Ле-Шателье—Брауна, **законом индукции структур**. Примеры индукционных явлений широко известны в науке. Так, именно индукцией обусловлены корреляции между солнечными ритмами и процессами в биосфере, а также существование в природе не только обнаруженного глобального 90 минутного цикла¹.

В физике четко выраженным примером индукции являются фазовые переходы. Они возможны лишь при наличии зародышей новой фазы, которые, будучи при данных условиях энергетически более выгодными, начинают развиваться за счет старой, индуцируя в нее свою структуру. Аналогичным образом происходит рост кристаллов, ферромагничивание ферромагнетиков, переориентация сегнетоэлектриков. Индуктивными являются также процессы распространения волн.

В термохимии примером действия интересующего нас закона служат автокаталитические реакции вида $A + B \rightarrow X + ZH$. В таких реакциях, как указывает И. Пригожин, «необходимо иметь X , чтобы произвести еще X ».

И. Пригожину удалось разрешить кажущееся противоречие между законом индукции, действии которого обычно приводит к усложнению структуры системы, и вторым началом термодинамики, постулирующие деградацию структуры и переход системы к равновесному стационарному состоянию. «Разрушение структур, — подчеркивает он — наблюдается, вообще говоря, в непосредственной близости к термодинамическому равновесию. Нагретая жидкость

¹ Анализируя подобные соответствия, В. М. Сарычев детализировал общее утверждение «применительно к биосфере исходящие в масштабах времени $T_{\text{дт}}$ ритмы соответствуют соответствующим ритмам в системе». См. Пригожин, Стенгерс И. Порядок из хаоса М.: Прогресс, 1986.

структур может наблюдаться при определенных нелинейных кинетических закономерностях за пределами устойчивости термодинамической ветви». Причем «устойчивости стационарных состояний могут угрожать только стадии, содержащие автокаталитические петли, т.е. такие стадии, в которых продукт реакции участвует в синтезе самого себя»¹.

Иными словами, усложнение организации происходит исключительно путем индукции структур. Напомню, что, определив структурный фактор как динамическое противоречие, мы тем самым постулировали, что структурные системы термодинамически неравновесны даже в основном состоянии.

И. Пригожину принадлежат многочисленные примеры индукции структур в биологии. Так, синтез АТФ представляет собой типичную автокаталитическую реакцию: «...молекула аденозинтрифосфата, необходимая для метаболизма живых систем, является конечным продуктом последовательности реакций в гликолитическом цикле, в самом начале которой находится молекула АТФ. Чтобы получить АТФ, нам необходима АТФ!» Аналогично, «чтобы получить клетку, необходима клетка».

Заметим, что с позиции закона индукции может быть легко объяснена наблюдающаяся повторяемость организационных форм материи, распространенность в природе явления изоморфизма между различными системами.

Заметим, что с точки зрения построенного понятийного аппарата модель Дж.Форрестера вообще не системна: отрицательные обратные связи вводятся в нее априори и не поддерживают гомеостаз, положительные обратные связи не носят индуктивного характера. Пожалуй, из всех сис-

¹ Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.

темных рамок эта модель удерживает лишь рамку развития, и то понимаемого лишь как количественное изменение параметров.

Э

Структуродинамика позволяет ввести принципиально новую классификацию систем по степени их устойчивости.

Выше было дано определение примитивной системы, для которой изменение любого структурного фактора подразумевает разрушение. Примитивные системы изучаются классической наукой и не нуждаются в специфическом аппарате теории систем.

Если в какой-то системе происходит лишь счетное количество фазовых переходов, будем называть ее **аналитической**. Такие системы почти все время жизни имеют фиксированную структуру: $\sum \delta t_i \ll T$, где δt_i — время i -того фазового перехода.

В очень сложных системах количество противоречий может быть столь велико, что, хотя каждый структурный фактор по-прежнему остается квазиустойчивым, в каждый момент времени совершается хотя бы один фазовый переход. Такие системы разумно назвать **хаотическими**.

«Мировая система» Дж.Форрестера считается в моделях «Мир-1» — «Мир-3» примитивной системой. В действительности, даже представление ее в качестве аналитической является чрезмерным и неоправданным упрощением. Современный мир обретает все черты системного хаоса, и в этой связи особенности дискретных демографических моделей с их непредсказуемостью на больших временах получают внятное объяснение.

Представление о хаотических системах приводит к весьма нетривиальной трактовке «форресторовского кризиса»,

различно возникающего во всех версиях «мировой динамики» между 2020 и 2060 годами. Фазы развития можно разменивать самыми различными способами¹, но при этом в любом из описаний длительность фазы со временем неуклонно уменьшается. Простейшая экстраполяция позволяет выявить точку «перелома» у эволюции, в которой длительность фазы становится нулевой. Разумеется, эта сингулярная точка является точкой бифуркации и маркирует переход от стабильно-эволюционной в хаотическую стадию развития. Мы не можем сегодня судить, какие изменения произойдут в будущем, но полагаем, что они будут носить фундаментально-качественный характер.

Американский математик и писатель В. Виндж называет этот «сдвиг» фазовых сдвигов Переходом и указывает, что осуществлявшая Переход цивилизация становится Силой космического масштаба. Так вот, все формальные расчеты момента Перехода дают результаты, попадающие все в тот же «форресторовский» промежуток 2020—2060 гг.²

*Исследовательская группа
«Конструирование Будущего»*

¹ через характерные скорости распространения информации, через формы производства, через господствующие информационные модели и т. п.

² Короче всего, цифра очень сильно занижена. Расчет Перехода экстраполяцией срока жизни фаз носит все черты «форресторовского» подхода, то есть не учитывает гомеостатических процессов. В данном случае речь идет даже не о продолжительности фазы, но о сохранении типа системы и характерных особенностей ее динамики. Учет процессов Ле-Шательера дает момент Перехода и растягивает его.

ПИСЬМО ЧЕТВЕРТОЕ. ЧЕЛОВЕК КАК ФАКТОР БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВО- ЛЮЦИИ НООБОИ

4 ноября 2002 г. сов.

остров Мальта

До сих пор речь шла о принципах построения «мировой модели». В этом письме мы хотим рассмотреть идеологию, положенную в основу моделирования.

После основополагающих работ Дж. Форрестера и знаменитых докладов «Римского клуба» возникла тенденция противопоставлять Человека Природе и рассматривать человеческие формы деятельности и организованностей как безусловно враждебные «всему живому». Такой подход придал системному взаимодействию вида *Homo Sapiens* с объемлющими биоценозами характер трагически неразрешимой коллизии. В исторической перспективе это способствовало перерождению экологического мышления в природоохранительное, то есть запретительное.

Но судя по всему, чувство вины «за загубленную нашу природу» не имеет под собой оснований. Как и любой биологический вид, человек выделяет в окружающую среду продукты своего метаболизма. Продукты утилизируются и перерабатываются другими видами, и в этом смысле природную среду невозможно «загрязнить». Другой вопрос, что биомасса людей, сосредоточенных на ограниченной площади, влияет на объемлющий биоценоз, тем самым возбуждая к действию гомеостатические механизмы биоты. Применение принципа Ле-Шателье к демографическому уравнению приводит, как уже говорилось, к превращению экспоненциального решения в логистическое. Такой формальный гомеостатический механизм может быть реализован

статическим. Более содержателен динамический случай, когда рассматривается «уравнение эволюции» и предполагается, что эволюционный стресс, вызванный быстрым ростом численности и плотности обитания вида Ното, приводит сначала к возрастанию смертности индивидуумов, относящихся к разным видам, а затем к взрывному видообразованию. Если прогнозы экологов верны и человек действительно становится видообразующим фактором (а пока для такого вывода нет должных оснований, поскольку с эволюционной точки зрения наша эпоха вполне заурядна и никак не подходит под лейбл «великого вымирания»), то возникающие виды будут преимущественно вредны или опасны для вида Ното, их численность будет какое-то время расти быстрее экспоненты и установление равновесия приведет к снижению рождаемости и уменьшению средней продолжительности жизни у человека. Этот динамический эволюционный гомеостатический механизм объясняет действие «стрелы Аримана». Есть, конечно, искушение связать со «стрелой Аримана» разнообразные «новые инфекции», начиная со СПИДа, но, во-первых, такой вывод будет неоправданной генерализацией, а во-вторых, ничего принципиально катастрофического он не несет.

Еще более иррациональными являются протесты против уничтожения человеком животных ради пропитания или одежды. В сложной системе взаимосвязей, образующей современные биоценозы, каждый вид использует столько ресурсов, сколько в состоянии использовать. Так что, лакомясь панцирной щукой или черной икрой, покупая шубку из норки или горностаевое манто, мы играем по правилам, установленным природой. А шумно выступая в защиту вегетарианства или искусственного меха — восстаем против ее законов.

Понятно, что человек вовсе не обязан следовать логике эволюции. Будучи разумным, он выбирает линию поведения, исходя из собственных императивов. В числе таких

императивов может быть и охрана всего живого на Земле. Но, принимая подобные обязательства, мы должны отдавать себе отчет в их трансцендентном характере: проблема «пределов роста» лежит в области религии и философии, а не экологии или эволюционной биологии.

Во всяком случае, представляется разумным перейти от конфликтной схемы «Человек против Природы, Природа против Человека» к изучению подлинной экологии вида *Ното* и того места, который этот вид занимает в глобальном биогеоценозе.

I

Прежде всего надо уяснить, что структурность человеческого сообщества меньше, нежели структурность Природы в целом (хотя, конечно, выше, нежели структурность любого иного биологического вида). Поэтому Человек — это не субъект, а объект эволюции. Во всяком случае, до точки Перехода. Он вовсе не «эксплуатирует» Природу, «выжимая из нее все соки». Напротив, разумно предположить, что это Природа использует Человека для решения некоторого специфического круга проблем, оказавшихся непреодолимыми для биоты, не обладающей разумом¹.

Любой биогеоценоз (в том числе — глобальный биогеоценоз, охватывающий всю Землю) развивается в направлении установления динамического равновесия с внешним миром². Это подразумевает стремление к нулевому балансу в обмене с окружающей средой по веществу и к предельной минимизации энергетического обмена. При характерных

¹ Точнее, для природных биогеоценозов, не способных создавать организующие структуры, насыщенные неживой техникой.

² Нетрудно видеть, что это суждение есть форма принципа Ле-Шателье—Брауна.

временах эволюции такое стремление приводит к включению любых невозполнимых ресурсов (пока не будем относить к таковым ресурсам солнечное излучение) в общий биологический круговорот, то есть к неограниченному повторному использованию этих ресурсов.

Однако за все предшествующие эпохи, периоды, эры и зоны природе не удалось добиться замкнутости циклов по кислороду и углероду. Известно, что практически весь кислород на земле имеет биогенное происхождение. «В норме» кислород, выделяющийся в процессе фотосинтеза, расходуется на дыхание и окисление продуктов распада (в этом можно усмотреть содержание «кислородной революции» с точки зрения стремления биоты к замкнутым циклам: анаэробная жизнь носила принципиально незамкнутый характер и сравнительно быстро привела к необратимому отравлению среды обитания свободным кислородом). Но если продукты распада выводятся из обратимой реакции дыхания — фотосинтеза, в атмосфере начинает расти количество кислорода, в то время как углерод и высшие углеводороды накапливаются в захоронениях, образуя угольные и нефтьгазоносные пласты и навсегда выключаясь из процессов биологического кругооборота¹.

Поскольку эпохи массового захоронения неокисленной органики периодически повторялись в истории жизни на Земле, к началу неогена сложилась кризисная ситуация чему-то напоминающая «кислородную революцию». Количе-

¹ Как правильно заметил писатель и палеонтолог К. Еськов вовсе не тропические леса, а болота, где происходят захоронения органических остатков в условиях отсутствия свободного кислорода для их окисления, являются настоящими «легкими планеты». Тропически же лес, рывы как и океанский планктон, поглощает ровно столько кислорода во время дыхания, сколько производит его в результате фотосинтеза.

ство свободного кислорода в атмосфере возросло до двадцати объемных процентов, а значительные объемы органического вещества оказались в захоронениях.

Прежде всего, это означало снижение биологической продуктивности Земли, что само по себе было эволюционным кризисом. Но более существенным было то обстоятельство, что вследствие антипарникового эффекта средняя эффективная способность глобального биогеоценоза усваивать солнечную энергию заметно упала. Этот эффект сложился с наступлением очередной криозеры и привел к тяжелому оледенению. Экстраполируя, мы приходим к выводу, что биота имела реальные шансы не пережить криозеру: в течение ближайших сотен миллионов лет одна из ледниковых эпох могла перейти «предел устойчивости» и привести к полному оледенению земной поверхности.

Данные рассуждения позволяют понять назначение человечества как специфического орудия, созданного природой для того, чтобы извлечь из захоронений органическое топливо и сжечь его, вновь включив его в природный кругооборот. На настоящий момент эта задача частично решена, вследствие чего глобальная ледниковая зима отодвинута в неопределенное будущее (если только она вообще теперь возможна). По всей видимости, предстоящие столетия завершат «классическую технологическую эпоху», содержанием которой «с точки зрения Ее Величества эволюции» является восстановление глобального O_2 — CO_2 равновесия в природе.

2

Конечно, «конструируя Человека Разумного», Природа не руководствовалась разумными соображениями (во всяком случае, «разумными» — в нашем понимании этого термина).

В результате возможности созданного ею биологического вида превзошли потребности решения хотя и весьма важной, но в целом достаточно узкой и конкретной задачи обеспечения устойчивости биологической жизни по кислород-углеродному равновесию.

«Запустив в крупную серию» млекопитающее с большим объемом мозга, переменным суточным ритмом («совы» и «жаворонки») и наиболее совершенной системой терморегуляции. Природа получила очередного «абсолютного хищника», максимально приспособленного к эксплуатации современной ему биоты. Человек действительно очень быстро (в биологическом масштабе времени) занял верхнюю позицию в трофической пирамиде и приступил к планомерному преобразованию Мира Обитаемого под свои потребности.

«Экологически настроенные» публицисты видят в этом, во-первых, нечто уникальное, а во-вторых — страшное и недопустимое. Между тем эволюция неоднократно встречалась с проблемой «абсолютного хищника» и «научилась» очень спокойно на нее реагировать.

Разумеется, «абсолютный хищник» необратимо нарушает устойчивость экосистемы, в которой он появляется. Из этого почему-то делается вывод, что таковой хищник «съест» всю экосистему, после чего умрет от голода. Далее, в зависимости от того, насколько «алармистскими» являются представления данного специалиста, рассматривается три сценария: полная гибель экосистемы, дегенерация экосистемы с последующим медленным восстановлением, быстрое восстановление ценоза, но уже без абсолютного хищника, который вымирает во всех вариантах.

Опыт показывает, что ничего подобного не происходит: устойчивость не является абсолютной характеристикой природных экосистем: кроме эффектов Ле-Шателье они подвержены и индукционным воздействиям. Мы говорим

об «абсолютном хищнике», если индуктивное воздействие со стороны возникшего вида превосходит компенсационные возможности «старой» экосистемы, и она разрушается, создавая (в согласии с третьим законом диалектики) новый эволюционный порядок. Такой механизм реализовывался в истории жизни на Земле неоднократно, например:

- зоопланктон размерного класса «циклоп», возникший на грани Венда и Кембрия, вызвал «скелетную революцию»;
- стрекозы, появившиеся в Карбоне, переформатировали всю экологию крылатых насекомых, положив начало эволюционному процветанию этого класса;
- архозавры Триаса определяли структуру биологических сообществ в течение всей Мезозойской термоэры.

В ответ на появление «абсолютного хищника» экосистема меняется и именно таким образом, что хищник теряет свойство абсолютности¹. При этом он остается важным элементом экосистемы, чаще всего — господствующим и во всех случаях процветающим. Разумеется, за долгую историю биологической эволюции некоторая часть «абсолютных хищников» вымерла, но через сотни миллионов лет после появления в палеонтологической летописи и по совершенно «внешним» причинам. Кроме того, к моменту вымирания данный вид уже никак не мог считаться «абсолютным хищником».

История жизни на Земле подсказывает, что «абсолютный хищник» отнюдь не является видом-самоубийцей. В еще меньшей степени он может считаться «разрушителем природной среды обитания». Его эволюционная роль

¹ То есть механизм Ле-Шателье действует — но не в статической, а в динамической моде.

даже Цивилизация может поставить своей целью сохранение редких и исчезающих биологических видов и даже построение гармоничных отношений общества и природы, культуры и цивилизации преходящи. То есть «завтра» или через тысячу лет, или в самом крайнем случае через две или три тысячи глобальный биогеоценоз в обязательном порядке придет в «естественное состояние»: все так называемые неисчерпаемые ресурсы включены в биотехнологический глобальный круговорот, биота полностью подчинена потребностям «солнечного хищника».

Именно тогда следует ожидать «естественного отклика» на эволюцию из господство Человека. Человек — не родная среда.

Этот отклик довольно легко себе представить, поскольку эволюционная стратегия «интеллектуализации» (причем именно человеческого разума, в современном понимании) привела довольно «маленьким» количеством параметров биологический вид к чрезвычайно высокой адаптации, эта стратегия станет активно использоваться в природе.

Иными словами, мы должны ожидать биоэволюции (в эволюционном смысле) возвышения целого ряда биологических видов — начиная с естественных мушкетеров — крыс, собак и кошек. Сейчас невозможно сказать, именно форму примет процесс «сапиентизации» — конкуренции с «маммализацией» или «цефализацией» интеллектуализирующихся. Возможно, в целом ряде случаев будет выделен «распределенный разум» (разумнаястая — разумная — разумная и т.д. — вплоть до разумных биоценозов, разумных микробиоценозов и, наконец, разумной Земли).

Скорость «сапиентизации» будет зависеть от скорости индукционного дара (дар разумности — дар человеческого) разума и наличия разума (дар разумности — дар поля).

Э

Эволюционный процесс, описанный выше, можно интерпретировать как генезис нового биологического класса, принадлежащего к типу позвоночных. Возможно, через какое-то количество лет четвертичный период — антропоген — будет рассматриваться не как завершение Кайнозоя, но как начало новой эры (если не зона) — времени разумной жизни, или **Ноозоя**.

В самом деле, насколько можно считать человека млекопитающим?

Плацентарная беременность уже сейчас может рассматриваться как биологический предрассудок. Сочетание прямохождения матери и высокого объема головного мозга плода привело к тому, что беременность у людей протекает тяжело и оказывает (по крайней мере на последних месяцах) негативное влияние на работоспособность матери. Роды болезненны и даже опасны, при этом ребенок все равно рождается биологически недоношенным. Наконец, плацентарный барьер не носит абсолютного характера: ребенок отравляет организм матери продуктами своей жизнедеятельности, но и сам получает с кровью матери вредные для его развития вещества (и это — не только алкоголь, табак и антибиотики). Следует учесть также, что плацентарная беременность накладывает принципиальные ограничения на размеры головы ребенка, что тормозит биологическую эволюцию.

Сочетание этих широко известных факторов с неизбежностью приведет к появлению (био)технологии **внешней беременности**. Технически маточные репликаторы не слишком сложны и могут быть созданы уже сейчас. Биологически же их производство означает, что *Homo Sapiens* теряет один из атрибутивных признаков класса млекопитающих.

Заметим, что отказ от вынашивания плода и родов, по всей видимости, приведет также к отказу от грудного вскармливания (или во всяком случае — к резкому ограничению его) — таким образом, будет утерян еще один атрибутивный для класса признак.

Сочетание маточного репликатора и процедуры клонирования расширит границы способа размножения вида Ното, который кроме обычного полового сможет использовать также вегетативное размножение (клонирование) и даже однополое размножение.

Управление геномом (что должно стать конечным результатом нынешней биологической революции) приведет к отказу от обязательной **антропоморфности** и породит **видовой полиморфизм** Ното Sapiens. Заметим в этой связи, что при наличии искусственной среды обитания человек может отказаться даже от теплокровности.

Таким образом, мы приходим к выводу, что естественное развитие вида Ното приводит этот вид к отказу от ряда (если не от всех) млекопитающих признаков. Если учесть также, что атрибутивный признак данного вида — создание искусственной среды обитания — дает Человеку Разумному выйти за границы земной атмосферы и — шире — биосферы Земли, тем самым расширяя эту биосферу — в перспективе до Вселенной, как целого, мы с неизбежностью приходим к выводу, что антропогенез — есть первый пример **естественной сапиентизации**, приводящей к созданию существ с внешней беременностью, социальной формой организации жизни, полиморфных, способных к созданию собственной среды обитания. Представляется естественным отнести таких существ к новому биологическому классу — классу Разумных.

*Исследовательская группа
«Конструирование Будущего»*

ПИСЬМО ПЯТОЕ.
СОЦИОМЕХАНИКА:
ПОСТИНДУСТРИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР
ВМЕСТО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАТАСТРОФЫ

*21 января 2003 года, озеро Сенеж,
Московская область.*

Блистательные и в чем-то страшноватые перспективы, описанные в предыдущем письме, носят долгосрочный характер. Пафос работ «Римского клуба» — в оценке ближне- и среднесрочных перспектив цивилизации, в прогнозировании опасностей, угрожающих человечеству на современном отрезке его существования.

Мы уже высказывали серьезные возражения против экологического алармизма модели Дж.Форрестера. Действительно, уравнения «мировой динамики» и их численные решения в форме таблиц и графиков не доказывают неизбежность кризиса среды обитания, они лишь обосновывают невозможность неограниченно долгого экспоненциального роста параметров, описывающих человечество. Однако в науке «презумпция невиновности» не работает, и отсутствие доказательств кризиса не доказывает отсутствия кризиса.

Успех докладов «Римского клуба», на наш взгляд, в значительной мере обусловлен тем, что из сомнительных, а зачастую и просто неверных предпосылок Дж.Форрестером, Д.Медоузом, А.Печчеи и их коллегами были сделаны очень правдоподобные выводы. И «лица, принимающие решения», и интеллигенция, и даже народные массы интуитивно ощутили угрозу, исходящую от Будущего. «Мировая динамика» локализовала эту угрозу периодом 2020—2060 гг. и верифицировала как экологический кризис. Фазовый подход дает

совершенно другие по сравнению с моделью Дж. Форрестера численные значения для народонаселения и величины основных фондов, но согласуется с ней в предсказании неустойчивости «мировой системы» при приближении показателя глобализации к единице. Расхождения касаются причин и характера бифуркации, но не факта ее наличия.

В наших представлениях о Реальности место «экологической катастрофы» середины XXI столетия занимает «фазовый кризис» конца первой четверти этого столетия. Само собой разумеется, среди проявлений этого кризиса окажутся и экологические, но не они будут носить структурообразующий характер.

1

Используем структуродинамический подход для того, чтобы предложить рабочее определение «мировой системы». В рамках этого подхода разум есть системное свойство, а не индивидуальная способность.

Подобно тому как жизнь существует в виде экосистем, разум с момента своего возникновения структурируется в **социосистемы**. Иными словами, социосистема есть специфическая форма организации носителей разума, подобно тому как экосистемы суть формы организации биологических сообществ.

Понятно, что в зависимости от поставленной задачи под социосистемой может пониматься любая совокупность разумных особей — от семьи до Человечества. Потребуем, однако, чтобы социосистемы отвечали структуродинамическому определению системы и обладали всеми атрибутивными признаками человеческого общества¹, а именно:

¹ Таким образом, мы рассматриваем только достаточно сложные социосистемы, способные поддерживать и неограниченно долго воспроизводить специфически человеческие

- наличием единого хозяйственного механизма;
- развитым разделением труда;
- функционированием подсистем *познания, обучения, управления*;
- «фрейдовским» расслоением психических процессов на сознательные и подсознательные (на уровне как самой системы, так и любых ее подсистем, включая элементы);
- обязательным наличием трансцендентной социальной и индивидуальной деятельности.

Последнее означает, с одной стороны, зачатки каких-то религиозных чувств (здесь мы смыкаемся с моделью атрибутивных признаков разума, сформулированной Веркром), а с другой — **войну**, как обязательную форму человеческого существования.

Важно понять, что война является отнюдь не материальной, но духовной деятельностью. И в наши дни, и в предысторические эпохи война носила карнавальный характер, разрешая все те проявления эгоизма «абсолютного хищника», которые несовместимы с существованием социосистемы и потому запрещены и вытеснены в сферу бессознательного. Очевидный эволюционный успех *Homo Sapiens Sapiens* доказывает, что такая плата за **эффект социальности** является умеренной.

Социомеханика, наука о наиболее общих законах динамики социосистем, рассматривает историю Человечества через последовательную смену цивилизационных фаз развития. Мы уже упоминали о фазах в связи с демографической статистикой. Рассмотрим теперь семантический спектр этого понятия подробно.

формы организованности / деятельности. Под «мировой системой» будем понимать объединение всех взаимодействующих между собой социосистем.

В социомеханическом формализме цивилизационные фазы являются собственными состояниями оператора сдвига социосистемы по внутреннему времени и маркируют различные типы связей между человеческим обществом и объемлющим биогеоценозом. С практической точки зрения фазы различаются характером взаимодействия социосистемы с окружающей средой, иными словами, местом *Homo Sapiens* в трофической пирамиде и способом присвоения пищевого ресурса.

Так в архаичной фазе социосистема занимает верхний управляющий уровень в трофической пирамиде; человек является охотником, но не жертвой¹. В традиционной фазе, когда на смену присваивающей экономике приходит производящая, социосистема выступает в качестве пользователя текущей экосистемой: она обустроивает ее под свои потребности и поддерживает в этом состоянии неограниченно долгое время. Отдельный человек, вооруженный луком, затем арбалетом и к концу фазы ружьем, занимает господствующее положение в пищевой пирамиде. Наконец, в индустриальной фазе социосистема обретает способность к свободному оперированию текущими экосистемами: она уничтожает и создает их по своей прихоти. По отношению к глобальному биогеоценозу Человек Разумный становится пользователем, а сам этот ценоз — предметом хозяйствования. Предполагается, что в следующей — постиндустриальной, или **когнитивной**, — фазе уже отдельный человек начнет манипулировать экосистемами.

В социальной термодинамике фазы трактуются как аналог агрегатных состояний вещества и различаются прежде

¹ Социосистема реагирует на хищника как целое, а это «целое» зверю, даже самому крупному и свирепому, определено «не по зубам». Напротив, он сам становится предметом охоты.

всего характером взаимодействия между компонентами социосистемы.

В терминах диалектического подхода всякая последующая цивилизационная фаза есть разрешение базисных противоречий предыдущей фазы. Иными словами, фазовый переход представляет собой диалектический скачок. Это, в частности, означает, что при таких переходах меняются не только организующие структуры социосистемы, но и группы симметрии этих структур; функции, описывающие зависимость параметров социосистемы от времени, терпят разрыв. Кроме того, трактовка фазового перехода в терминах диалектического скачка подразумевает кризисный характер процессов, предшествующих разрушению старой / созданию новой фазы. Значительно упрощая, можно сказать, что непосредственно перед фазовым переходом общество попадает в полосу быстрых осцилляций: направление его динамики теряет определенность, в то время как интенсивность всех форм движения резко возрастает.

2

Мы уже отмечали, что главной наблюдаемой особенностью современной индустриальной фазы является фабричное производство, причем часть производительных сил с неизбежностью расходуется во «внутреннем круге кровообращения», где делаются машины, предназначенные для того, чтобы делать машины¹. Кроме того, индустриальная фаза

¹ Индустриальную экономику можно характеризовать «коэффициентом инверсии» I , равным отношению стоимостных эквивалентов продукции групп «А» и «Б». Анализ статистических данных показывает, что «в норме» этот показатель составляет от 0,3 до 0,5. Для ряда индустриальных культур, однако, характерна инверсная экономика с $I > 1$.

требует «индустриального человека», способного выжить в «человеческом муравейнике», взаимодействовать с машинами и довольствоваться раз и навсегда определенной социальной ролью.

С сугубо формальной точки зрения основной итог индустриальной фазы это формирование техносферы и соответствующей ей информационной оболочки, структурообразующей категорией которой служит позитивистская индустриальная наука.

Трансцендентная «матрица» — рамка задает концепция Великого Мирального Бога, несомненно, априори невозможного; божья антропоморфность, тем не менее, вполне может быть преодолена.

Наличие «внутренней» кризисной динамики этого кровообращения обуславливает интуитивно-эмпирический характер индустриального производства, три его элемента — спрос, предложение, производство средств производства — не могут быть сбалансированы одновременно. Экономика индустриальной эпохи является принципиально нестабильной. Она либо коллапсирует, либо так или иначе вынуждена расти, требуя все время новых источников сырья и рынков сбыта.

Расширение производства, освоение новых территорий, создание инноваций (новых видов товаров и форм услуг) — все это требует предпринятых капиталовложений. Деятельность, которая может когда-то принести прибыль (а может и не принести) должна быть оплачена уже

Мандракер, в СССР в конце 1970-х годов коэффициент инверсии достигал 100.

Динамика коэффициента инверсии позволяет определить, в какой фазе находится экономика. В фазе формирования индустриальной экономики коэффициент инверсии равен нулю, при классическом капитализме он становится отрицательным. В то же время, при государственном социализме он становится положительным.

Льюис, С. Матрица культуры. М.: Мир, 1994.

сейчас. В индустриальную фазу товар обретает стоимость раньше, нежели полезность.

Это означает, что промышленная экономика обречена быть кредитной: рост производства не может превышать ставки рефинансирования. Это означает также, что в индустриальную фазу всякое развитие приводит к инфляции в современном значении этого термина, то есть к росту совокупной денежной массы. Заработная плата старших офицеров трансатлантических лайнеров начала XX века составляла около сорока долларов, сейчас она примерно в сто раз больше. Следовательно, по отношению к традиционным ценностям (земля, продукты питания, золото и т.п.) цена доллара снизилась на два порядка. С другой стороны, на доллар «образца 2001 года» можно купить огромное число товаров и услуг, которые в принципе не могли быть оплачены долларом «образца 1901 года», поскольку в то время просто не существовали. То есть в индустриальную фазу инфляция есть оборотная сторона всякой инновации: промышленная экономика производит ценности, отягощенные кредитными обязательствами.

А это означает, что индустриальная экономика нуждается в свободном, не охваченном еще промышленной инфраструктурой пространстве. Всякий раз исчерпание очередного слоя такого пространства провоцирует кризис, поэтому параметры, описывающие индустриальную экономику, меняются циклически. Выделяются годовые колебания, среднесрочные циклы, изученные К.Марксом, долгопериодические ритмы А.Кондратьева; «мировая экспонента» Дж.Форрестера может быть интерпретирована как часть глобального цикла.

Развернувшаяся во второй половине XIX века борьба со «стихийностью» экономики, то есть с принципиально циклическим ее характером, привела к резкому усилению

государственного вмешательства в механизмы производства и товарообмена. Естественным ответом индустрии на такое вмешательство стало корпоративное строительство: образование крупных монополистических объединений, способных защищать свои интересы в государственных структурах. Наметившийся на рубеже столетий переход от свободной торговли к протекционизму резко повысил транспортные издержки и обусловил появление транснациональных корпораций (ТНК).

Переход от капиталистической к госмонополистической формации сопровождался структурным кризисом, принявшим форму мировой войны 1914—1945 гг. Эта война привела к гибели десятков миллионов людей, массовому разрушению городов, уничтожению произведений искусства, распаду и реконфигурации мировых экономических связей, созданию государственных систем и производственных объединений принципиально нового типа, но — главное — она обусловила слияние всех областей, не охваченных индустриальной экономикой, в единое планетарное пространство.

К началу нового тысячелетия это пространство оказалось исчерпанным. Экономические модели, разработанные для «бесконечной плоскости», столкнулись с ограниченностью земного шара.

Именно эта проблема и была поставлена в 1960-е годы исследовательской группой Дж.Форрестера. Ее осознание привело к существенным изменениям в индустриальной экономике. По существу, речь шла о создании нового огромного рынка, тщательно охраняемого не только государством, но и всем обществом. Рынка ресурсосберегающих и природоохраняющих технологий.

Некоторая часть экологических мероприятий была полезной — в том смысле, что она обеспечивала удовлетворение каких-то осмысленных человеческих потребностей.

В своей основе, однако, природоохранительная деятельность носила сугубо иллюзорный характер: производственные цепочки индустриальной фазы в принципе не могут быть сделаны замкнутыми, следовательно, индустриальная экономика всегда будет потреблять природные ресурсы и загрязнять среду продуктами своей деятельности. Еще более бессмысленной была борьба за спасение природных экосистем, значительная часть которых была уничтожена или же радикально преобразована Человеком еще в традиционную фазу.

Всякая оплачиваемая иллюзорная деятельность приводит к увеличению коэффициента инверсии экономики и соответственно к падению ее коэффициента полезного действия. Проявляется это прежде всего в росте инфляции. Однако, как бы то ни было, емкость нового, искусственно сконструированного рынка оказалась достаточно велика, чтобы его хватило на целых двадцать пять лет. Сейчас она подошла к концу.

К рубежу тысячелетий свободное географическое пространство оказалось практически исчерпанным, и можно предложить только два выхода из этого положения.

Во-первых — космическую экспансию с экономическим освоением иных небесных тел. Такой вариант развития описан в тысячах фантастических произведениях и десятках экономических и философских трактатов, однако, по видимому, он невозможен. Уровень технического развития, поддерживаемый индустриальной фазой, недостаточен для включения космического пространства в экономический кругооборот. При самых оптимистических предположениях о перспективах космической техники (а для оптимизма нет ни малейших экономических обоснований) эта техника в течение ближайшего столетия не сможет обеспечить достаточную связность между земной метрополией и космической периферией. А это значит, что даже в фантастической версии появления «уже завтра» ядерных или фотонных

космолетов емкость внеземного рынка будет пренебрежимо мала и попытки работать на этом рынке лишь спровоцируют экономическую катастрофу¹.

Вторая версия была испытана группой Дж.Форрестера — экспансия в семантическое пространство, создание искусственных «знаковых» рынков. Однако это пространство только кажется бесконечным. В действительности индустриальная фаза может оперировать лишь индустриальными смыслами: только из них она может конструировать новые рынки. А эти смыслы — подобно географической карте — уже освоены.

В рамках социомеханики отсутствие решения — это тоже решение, хотя, как правило, и катастрофическое. Речь идет о глубоком кризисе индустриальной фазы развития и предстоящем завершении эпохи промышленного развития.

Проявлением этого кризиса служит пресловутая «глобализация». Метафорическое содержание этого процесса

Разумеется, мы можем придумать культуру, способную находиться в индустриальной фазе развития, выйти в Дальний Космос. Подобная культура должна иметь естественный спутник на орбите планеты — такой спутник будет ориентированной на позицию так введя триггеризированную цепность и против стадию мировых войн с меньшими затратами материальных ресурсов и человеческих жизней, нежели Homo Sapiens. В результате социосистема получает в свое распоряжение Галактику и на столетия застывает в индустриальной фазе. Так возникает сверхцивилизация, описанные А. и В. Стругацкими, А.А.Лазовым, Е.Уэйллайном. Уже в 1960-е годы было показано, что такие цивилизации могут быть обнаружены по своей астроинженерной деятельности. Поскольку следы такой деятельности не обнаружены (по крайней мере, в нашей галактике), приходится сделать вывод, что подобная версия развития человечества маловероятна. Подробнее см. в прил. 11.1.1. См. также: [11.1.1] Tetra Galaxia; см. М. АСТ, 1982.

предельно просто: бегущая волна экономической экспансии «отразилась» от условных границ земного шара и устремилась обратно, вследствие чего в физическом и смысловом пространствах образовалось нечто вроде «стоячей волны». Инфинитное движение стало финитным, экспоненциальное развитие превратилось в синусоиду, а те силы, которые раньше задавали пассионарность индустриальной экономики, теперь ее разрушают.

Вполне очевиден и физический смысл происходящего. Глобализация есть политика предельного снижения транзакционных издержек во имя вовлечения в индустриальное производство / потребление последних остатков свободного экономического пространства Ойкумены. Все социальные системы, препятствующие достижению этой цели, подлежат нейтрализации.

Прежде всего это привело к тяжелому кризису национальных государств. Данная организующая структура, некогда базовая для индустриальной экономики, стремительно утрачивает значение. Национальный суверенитет все более и более ограничен; ряд прав, неизменно бывших прерогативой государства, перешли к международным организациям или спешно конструируемым интегративным блокам. «Политику стран сменила политика регионов», — говорят ныне на европейском Западе.

Однако регионы представляют собой не столько географическое, сколько проектное понятие. Перекраивая их границы и упорядочивая информационные, финансовые, материальные и людские потоки через эти границы, можно произвольно манипулировать хозяйственной жизнью целой совокупности народов. С одной стороны, это повышает эффективность индустриальной экономики и способствует ее проникновению в ранее недоступные области. С другой — подрывает саму основу индустриальной фазы развития, поскольку способствует быстрому хаотическому перемешиванию (людей, смыслов, организующих структур),

что разрушает «человеческий муравейник». Обратной стороной интегрирования стран в регионы оказался распад мира на регионы (не обязательно те же самые!) с последующей автаркией регионов и их исключением из мирового (индустриального) хозяйства. Такое «завтра» глобализации предопределено ее сегодняшним днем.

Предчувствие конца индустриальной эпохи вызвало к жизни немало странных общественных движений. Кроме упоминавшихся уже «зеленых», стремящихся остановить промышленное развитие во имя сохранения среды обитания, это «антиглобалисты», призывающие отказаться от индустриальной экономики во имя традиционных культурных ценностей, и «интегрисы», проектирующие «царство Божие» в одном отдельно взятом регионе. Все эти группы сначала ставят перед собой заведомо неосуществимые цели, а затем пытаются реализовать их априори недопустимыми средствами. В общем и целом, их деятельность способствует хаотическому характеру общественной и политической жизни. Вспомним в этой связи, что на грани фаз интенсивность социальных процессов должна нарастать.

Интересно, что риторика всех перечисленных движений (а они образуют базис социального спектра современной западной Европы) построена на концепции отказа: она не подразумевает привнесения никаких новых сущностей. Иными словами, вместо активного «живого времени», определяемого как мера инновационных процессов в системе, используется «мертвое время», вычисляемое через повторяющиеся события: время, для которого нет и не может быть ничего нового.

Таким образом, одним из проявлений глобализации является нарастание интенсивности противоречия между «живым» и «мертвым» временем индустриальных социосистем. Невозможность синхронизировать времена приводит к тому, что эти системы «теряют настоящее»: в них сосуществуют и взаимодействуют структуры, относящиеся и к

абсолютному прошлому и в абсолютному будущему¹. Интенсивность взаимодействия тем выше, чем дальше разнесены времена, то есть чем больше энергии «отсроченного будущего» запасено в системе.

Для индустриальной эпохи характерны неравномерность развития, обильные деления на уровне деления положительных обратных связей в локальных экономиках. Неравномерность привела к стратификации мира, который раскололся на великие державы, развитые государства европейского типа и колонии. Это деление проходит через всю историю индустриальной фазы, хотя конкретные формы его, разумеется, менялись. Вопреки распространенному мнению, «вертикальная мобильность» индустриальной фазы крайне мала. социосистема, попавшая в привилегированную группу, остается в ней до конца времен. Хотя всякий индустриальный бум с неизбежностью сменяется кризисом и часто сопровождается переходом гегемонии к другой локальной экономике, накопленные за время процветания богатства позволяют прежнему лидеру «оставаться в игре». Теоретически — при особо благоприятных обстоятельствах — колониальная или полуколониальная страна может «подняться наверх» и обрести статус «державы европейского класса», но за всю эпоху это удалось только Японии, которая заплатила за свой успех очень дорого.

Итогом индустриальной эпохи оказалось разделение Ойкумены на «черный» и «золотой» миллиарды, причем последний, составляя около одной пятой населения Земли, потребляет свыше 2/3 ресурсов всех видов. Понятно, что такое «распределение» воспринимается большинством населения планеты как крайне «несправедливое»: во всяком случае, поддерживать его можно лишь неоспоримым

¹ Под «абсолютным будущим» в данной социосистеме мы будем понимать результат разделения ее базисных протичечей

превосходством в силах. Формально «развитые страны» это превосходство сохраняют (в некоторых отношениях оно даже возросло: так, американский флот отвечает сегодня «мультидержавному стандарту» — он сильнее всех остальных флотов мира, вместе взятых). Но военная мощь Запада обесценивается низкой пассионарностью «привилегированного населения». Кроме того, доминанция «золотого миллиарда» подрывается вторичными эффектами глобализации.

Речь идет о резком увеличении связности мира и его «перемешанности». Современные глобализированные социосистемы носят фрактальный характер: они настолько проникают друг в друга, что между двумя произвольными элементами одной из них обязательно находится элемент другой. В таких условиях использование стратегических вооружений затруднено. А поскольку глобализация привела к существенному уменьшению информационного и транспортного сопротивления мира, тактические возможности сторон быстро выравниваются. Лишь инертность военного мышления «третьего мира» поддерживает сейчас иллюзию абсолютного превосходства Запада. Заметим в этой связи, что первое же применение «черным миллиардом» (или силами, стоящими за ним) более или менее адекватной тактики привело к огромным человеческим жертвам, вызвало в странах Запада психологический шок и спровоцировало удивительно неэффективный ответ.

Показательно стремление США — и шире всех представителей Евро-Атлантической цивилизационной общности — связать события 11 сентября 2001 года с исламским фундаментализмом. Противоречия между мирами-экономиками усугубляются расовыми, национальными, религиозными мотивами, но в данном случае оно, скорее всего, ни при чем. Для понимания рассмотрим зависимость от времени эффективность террористических актов со стороны мусульманских организаций.

Будем понимать под «эффективностью террора» среднее число погибших граждан в расчете на одного погибшего или необратимо «выведенного из строя» боевика. Статистика показывает, что этот показатель для «исламского террора» достаточно устойчиво держится около единицы (от 0,75 до 1,5 в наиболее удачные для мусульманских фундаменталистов годы), причем переход к использованию смертников практически не повлиял на результаты. Значительно выше показатели у европейских «Красных бригад» (4—5) и у японских «камикадзе», хотя перед последними стояла неизмеримо более сложная задача воздействия на вооруженного противника, находящегося в полной боевой готовности.

Нетрудно видеть, что террористический акт против Всемирного Торгового центра выделяется из общего ряда «исламского террора», как по статистике, так и по уровню подготовки операции. Более чем сомнительно, что такую атаку могли организовать фундаменталисты «Аль-Каеды», чье мышление, насколько можно судить по его предыдущей деятельности, не выходит за чисто тактические рамки.

Но в реакции американцев, однозначно связавших разрушение башен-близнецов с мусульманским югом и даже не исследовавших альтернативные версии, есть глубокий цивилизационный смысл.

Итак, одним из структурообразующих противоречий индустриальной фазы является неравенство в распределении ресурсов между «богатыми нациями», принадлежащими преимущественно к европеоидной расе и христианскому вероисповеданию (Евро-Атлантическая цивилизационная общность), и «нациями-изгоями», группирующимися в Афро-Азиатскую «цивилизацию Ислама». Ход и исход конфликта будет зависеть от позиции стран Востока, не определивших своего места в глобальном противостоянии. Однако, вне всякой зависимости от окончательных результатов, такой цивилизационный конфликт будет означать бан-

кротство стратегии глобализации и, следовательно, разрушение кредитной индустриальной экономики. Заметим в этой связи, что учетные ставки, ограничивающие сверху темпы экономического роста индустриальной экономики, уже снижены в ряде развитых стран до одного-двух процентов годовых.

Э

Итак, кризис индустриальной фазы вызван быстрым сокращением свободного экономического пространства, нарастанием противоречий между развитыми промышленными и окраинными традиционными культурами, исчерпанием стимулов и возможностей к развитию в рамках индустриальной системы смыслов. Среди проявлений кризиса есть и экологические, хотя они и не играют ведущей роли.

Поскольку для индустриальной фазы не существует устойчивого состояния с нулевыми темпами роста, эта фаза с неизбежностью будет размонтирована в ближайшие десятилетия. Возможно два способа демонтажа: возвращение к традиционному миру (по мнению У.Эко и ряда других специалистов — в неофеодальной «редакции»), либо переход к следующей когнитивной фазе развития. Последнее требует преодоления постиндустриального фазового барьера.

История свидетельствует, что вблизи барьера характер исторического движения резко меняется, динамика обретает кризисный, бифуркационный характер (крушение Римского Мира, неолитическая революция и т.п.). Во всех случаях «поток событий» утрачивает «ламинарность», в результате чего существующие социальные структуры теряли способность поддерживать традиционный жизненный уклад. Общество «теряет управление», связность между его организующими структурами резко падает. Естественным системным откликом на этот процесс оказывается

рост «инновационного сопротивления»: общество отказывался воспринимать новое.

В рамках социомеханической картины мира основной причиной **постиндустриальной катастрофы** может стать потеря современной цивилизацией технологического баланса.

Дадим несколько основных понятий социомеханического формализма:

- мы понимаем под «цивилизацией» исторически и географически конкретный способ взаимодействия носителей разума с окружающей средой, который может быть представлен как совокупность физических (производящих) и гуманитарных (не производящих, «управляющих») технологий;
- физические технологии оперируют с физическим пространством, физическим (внешним) временем, материей и объективными, то не зависящими от наблюдателя смыслами и в совокупности с вещественными результатами производства образуют материальное пространство цивилизации — техносферу;
- гуманитарные технологии, в свою очередь, работают с информационными сущностями, внутренним временем, цивилизационной трансценденцией и личными (субъективными) смыслами и в совокупности образуют информационное пространство цивилизации — «инфосферу», которая включает в себя культуру, религию / идеологию и науку.

Цивилизационная функция физических технологий — согласование, взаимная адаптация человека и Вселенной. Цивилизационная функция гуманитарных технологий — согласование, взаимная адаптация техносферы и человека. То есть физические технологии создают техносферу (искусственный материальный мир, имеющий функции жизне-

обеспечения), в то время как гуманитарные технологии, с одной стороны, гуманизируют техносферу, приспособлявая ее именно к человеку, а с другой — технологизируют самого человека, делая его совместимым с инновационным процессом.

Тогда пространство генеральных тенденций (трендов) текущей фазы цивилизации определяется совокупностью физических технологий, а вероятность реализации этих тенденций как тех или иных версий будущего определяется гуманитарными технологиями.

Иными словами, физические технологии заключают в себе объективные возможности истории и, формируя пространство тенденций, отвечают за то, **что** происходит, в то время как гуманитарные технологии, заключая в себе субъективный фактор, образуют пространство решений и, управляя реализацией конкретных трендов, отвечают за то, **как** это происходит.

В норме пространства физических и гуманитарных технологий имеют одинаковую мощность: возможности формировать историкообразующие тенденции и управлять реализацией этих тенденций взаимно уравновешиваются, и цивилизация развивается сбалансировано.

В действительности же из-за неравномерности развития культуры и техносферы мощности этих пространств не совпадают. В случае хронического дисбаланса между «физической» и «гуманитарной» составляющими цивилизации данное противоречие разрешается эволюционным путем — например, за счет развития новой управляющей или производственной технологии. Субъективно это воспринимается как преобразование общества. Острый дисбаланс составляющих с неизбежностью приводит к системным кризисам, субъективно воспринимающимся как глобальные катастрофы.

Данная проблема может быть интерпретирована, как приближение цивилизации по крайней мере к одному из

двух структурных пределов: **пределу сложности** или **пределу бедности**.

Предел сложности возникает при дефиците или неразвитости принципиально необходимой «гуманитарной» (управляющей) технологии и представляет собой ту степень структурной переизбыточности цивилизации, при которой связность ее резко падает, а совокупность «физических» технологий теряет системные свойства. В этом случае культура уже не успевает адаптировать к человеку вновь возникающие инновации, и техническая периферия цивилизации начинает развиваться, как правило, хаотическим образом. Это приводит к рассогласованию человека и техносферы, человека и государства, человека и общества, результатом чего является возрастание динамики катастроф.

Предел бедности, в свою очередь, возникает при отсутствии или недостаточной развитости принципиально необходимой в данной фазе цивилизации «физической» технологии и представляет собой то крайнее состояние, при котором системную связность теряют уже «гуманитарные» технологии. Это также приводит к внутреннему рассогласованию цивилизации и, как следствие, опять-таки — к возрастанию динамики катастроф.

Оба предела образуют поверхности в пространстве решений, которые цивилизация не может преодолеть без разрушения своей жизнеобеспечивающей структуры. Если вектор развития пересекает одну из этих предельных поверхностей, глобальный структурный кризис является неизбежным.

При приближении к фазовому пределу цивилизационные пределы смыкаются, что увеличивает вероятность **первичного упрощения**, то есть — катастрофической социальной динамики. Лишь очень немногие общества преодолевали «границу раздела фаз», обретая — на данном историческом уровне — статус сверхцивилизации.

Изменение фазы развития подразумевает перенастройку всей совокупности общественных связей (личных, профессиональных, конфессиональных и пр.), что означает, в частности, полный слом не только юридической системы, но и положенной в ее основу морали. Такая эволюция социума требует от личности развитой инновационной толерантности, в то время как выше мы диагностировали нарастание вблизи фазового барьера инновационного сопротивления.

Суть проблемы состоит в том, что постиндустриальному обществу отвечает только «постиндустриальный» человек. Нет никаких оснований считать, что обучить и воспитать «носителя постиндустриальной культуры» проще, нежели пресловутого «строителя коммунизма».

4

Итак, мы приходим к выводу, что экологический кризис следует рассматривать как одно из проявлений столкновения современной цивилизации с фазовым барьером. Преодоление этого барьера требует существенного преобразования информационной структуры современной человеческой личности, перенастройки общественных механизмов, перехода к иным формам экономической и политической жизни. Даже если удастся создать и реализовать соответствующий постиндустриальный проект, переход к когнитивной фазе развития будет носить кризисный и, в известном смысле, катастрофический характер. Однако это будет управляемая катастрофа **вторичного упрощения** Реальности.

Альтернативой является отступление цивилизации в прошлое, что означает, между прочим, и демографическую катастрофу из сценария Дж. Форрестера — правда, менее четко выраженную.

Демонтаж индустриальной цивилизации будет вызван прогрессирующей потерей связности между физическими и гуманитарными технологиями и приобретет характер первичного упрощения.

Прогнозируются следующие наблюдаемые проявления этого системного кризиса:

- демографические (снижение рождаемости, отрицательный прирост собственно европейского населения, прогрессирующая «мусульманизация» Европы);
- экологические (в прямой форме, либо — в превращенной — как неоправданный отказ от ряда остро необходимых технологий под предлогом их опасности для окружающей среды);
- образовательные (прогрессирующее снижение качества образования до уровня, не обеспечивающего даже поддержание индустриальной фазы);
- индустриальные (упадок «традиционных областей экономики» вледствие «перегрева» сектора «индустрии знаний»);
- случайные (рост технологических, транспортных и иных катастроф, в том числе — маниакальных убийств, вследствие приближения к пределу сложности).

Разумеется, отступление будет не полным: цивилизация сохранит ряд индустриальных смыслов и, кроме того, овладеет некоторыми когнитивными техниками (например, построит когнитивную трансценденцию). Это означает, что следующая попытка преодолеть постиндустриальный барьер может оказаться более успешной.

Но до этой «следующей» могут пройти несколько веков «нового феодализма».

*Исследовательская группа
«Конструирование Будущего»*

ПИСЬМО ШЕСТОЕ.
ТЕРМОДИНАМИКА СОЦИАЛЬНЫХ
СИСТЕМ

*9 апреля 2003 года,
Владивосток.*

Проблема преодоления постиндустриального барьера не может быть решена в категориях социомеханики (и, тем более, в понятийном аппарате «мировой динамики»). Для того чтобы разобраться в формах и причинах общественных движений, требуется переход в формализм социальной термодинамики.

1

Социосистема, будучи дуальным (материально-информационным) объектом, «привязана к местности» и имеет границу. Назовем социосистему закрытой, если для данной задачи потоки через границу социосистемы (информационные / материальные / человеческие) пренебрежимо малы по сравнению с внутренними. Назовем социосистему равновесной, если ее макроскопические параметры принимают близкие значения в разных областях системы. Для абсолютного большинства социосистем предположение о равновесности является чрезмерной идеализацией, тем не менее мы будем им пользоваться для большей прозрачности выстраиваемых термодинамических аналогий.

Состояние социосистемы может быть представлено в виде точки в некотором формальном пространстве параметров $\{P_i\}$. Будем называть социальным процессом (социальным движением) изменение со временем хотя бы одного

из параметров. Понятно, что социальные процессы изображаются в виде кривых в пространстве параметров. Если кривая замкнута (система возвращается в исходное состояние), процесс называется социальным циклом.

Опишем параметры, которыми характеризуется произвольная социосистема.

Прежде всего, таким параметром является число носителей разума — N . Понятно, что речь идет об аналоге полной физической массы термодинамической системы. Следует, однако, иметь в виду, что величина N дискретна.

Термодинамическому объему в нашем случае V соответствует площадь V , занимаемая социосистемой в физическом пространстве.

Введем понятие **обобщенной силы** как меры взаимодействий внутри социосистемы и между социосистемой и окружающей средой¹. Отношение обобщенной силы, действующей на ту или иную границу (самой социосистемы, ее областей, ее подсистем), к длине границы назовем **социальным давлением** P .

Интеграл обобщенной силы вдоль параметрической кривой будем называть социальной работой A . Если работа за социальный цикл равна нулю, можно ввести понятие потенциальной энергии состояния U и потенциала состояния $f=U/N$. В этом случае работа по переводу социосистемы из состояния (1) в состояние (2) равна U_1-U_2 .

Большинство социальных процессов относятся к диссипативным (вихревым). Для таких процессов характерно превращение потенциальной энергии во внутреннюю или тепловую, иными словами — упорядоченного движения социосистемы, как целого, в беспорядочное «тепловое» движение отдельных ее элементов.

¹ Это определение получено путем построения последовательной аналогии с механикой. Сила в физике также есть мера взаимодействия.

Будем называть **социальной температурой** T меру беспорядочности социального движения. Тем самым повышение социальной температуры является признаком падения управляемости социума.

Сунь-цзы сказал: *«Путь — это когда достигают того, что мысли народа одинаковы с мыслями правителя, когда народ готов вместе с ним умереть, готов вместе с ним жить, когда он не знает ни страха, ни сомнения»*. Подобное состояние общества, характеризующееся практически полным отсутствием хаотических процессов, будем называть **переохлажденным**. Заметим, что в переохлажденных социосистемах группы низшего по отношению к обществу ранга (семья, цех, клан и т.п.) неустойчивы и легко разрушаются внешним воздействием. Заметим также, что предметом социальных утопий, а равным образом и антиутопий, обычно оказываются переохлажденные социосистемы.

Напротив, общество, в котором любое упорядоченное социальное движение (например, вызванное внешним воздействием) рассыпается на беспорядочные вихревые процессы, является **перегретым**. К этой категории относятся социосистемы, находящиеся на грани структурных фазовых переходов, или, в другой терминологии, революционных преобразований. Перегретые социосистемы в принципе не поддерживают существования любых упорядоченных структур, включая семью. *«Брат встает на брата, сын на отца...»*

Введем понятие «**нормальных условий**». Для социосистемы, находящейся в таких условиях, характерна упорядоченная деятельность («Путь») в масштабах семьи, домена, цеха, политической партии, но, как правило, не общества в целом.

Иными словами, «**норма**» это общество, состоящее из «кирпичиков» — социальных блоков. Переохлажденное общество — «человеческий муравейник», перегретое — собрание крайних индивидуалистов.

Большинство современных индустриальных человеческих сообществ лежит в зоне нормальных условий. Для таких обществ «социальный нагрев», вызванный внешним воздействием или внутренними процессами, сопровождается негативно окрашенными последствиями. Эффект нагрева измеряется по росту бытового, экономического и политического насилия (спровоцированного и не спровоцированного), увеличению частоты самоубийств, прогрессирующему разрушению института брака и снижению рождаемости.

Всякое отклонение от нормальных условий (и, прежде всего, нагрев) приводит к нарушению псевдогауссовой структуры «возрастно-половой пирамиды». Тем самым изменение социальной температуры может быть формально вычислено через отношение площади «разностной пирамиды» к площади исходной пирамиды¹.

Понятие температуры, в том числе — социальной температуры, не применимо к системам, далеким от равнове-

¹ Пусть социосистема перешла из состояния (1) в состояние (2). Рассмотрим возрастно-половые пирамиды, отвечающие этим состояниям. Построим «разностную пирамиду» формальным графическим вычитанием пирамиды (1) из пирамиды (2). Вычислим площадь разностной пирамиды. Отнесем ее к площади исходной пирамиды (1). Полученная безразмерная величина характеризует величину социального нагрева или охлаждения. «Знак» определяется тем, приблизилась пирамида (2) к идеальной псевдогауссовой форме, отвечающей «нормальным условиям», или же удалилась от него, либо — по независимым демографическим показателям (статистика самоубийств и т. п.). Для перехода от относительных к абсолютным значениям следует фиксировать термодинамическую шкалу. Например, по аналогии с физическим понятием температуры — поставить в соответствие переохлажденному обществу значение «ноль», а обществу «при нормальных условиях» значение +273,15.

сия. Развивая термодинамические представления, введем понятие **социальной энтропии (инферно) S** как меры социальной энергии, связанной диссипативными процессами. Иными словами, инферно есть социальное движение, превращенное в беспорядочную (тепловую) форму. Как и физическая энтропия, социальная энтропия не измеряется, но вычисляется.

На практике определять инферно через соотношение беспорядочного/упорядоченного социального движения затруднительно, и мы будем использовать альтернативное определение социальной энтропии через затраченную, но не реализованную на достижение какой-либо конечной цели социальную работу.

Социальная энтропия возрастает:

- при попытке добиться физически или социально невозможного результата (экономика на алхимическом золоте, энергетика на вечных двигателях первого или второго рода или на «торсионных полях», «мир без наркотиков», «честная политика» и т.п. программы);
- при наличии «конфликта интересов», когда в рамках индивидуального или группового **тоннеля реальности**¹ не существует такого конечного состояния системы, при котором все конфликтующие стороны осуществили

¹ Тоннель реальности понимается здесь по Т.Лири—Р.Уилсону — как присоединенное семиотическое пространство, индивидуальная Вселенная, или, иначе говоря, гомоморфная модель мира, в которой существует сознание данного человека. Представляет собой совокупность накопленных знаний и убеждений. Тоннель реальности обеспечивает личности комфортное существование, повышая ее входное информационное сопротивление: проходящая информация объявляется ложной, если она противоречит тоннелю реальности, и избыточной, когда она с ним соотносится.

свои намерения (двое добиваются должности, которая может достаться только одному из них — вся деятельность проигравшего пошла на увеличение социальной энтропии);

- при «ошибках перевода», когда получаемая перцепиентом информация существенно отличается от той, которую индуктор намеривался передать;
- при трансляции окружающим негативных эмоций (гнев, раздражение, зависть, обида).

Все перечисленные механизмы роста социальной энтропии допускают управление со стороны общества. Используя гуманитарные технологии **социотерапии**, можно минимизировать возрастание инферно в социосистеме.

Здесь, однако, необходимо иметь в виду, что в замкнутых социосистемах социальная энтропия не убывает в процессе динамики. Это суждение не является простой метафорой второго начала термодинамики. Оно следует из опыта, но может также быть обосновано принципиальным отсутствием в замкнутых социосистемах механизмов, понижающих инферно.

Разумеется, за редкими исключениями, социосистемы являются открытыми. Это позволяет регулировать социальную энтропию данной социосистемы, но всегда за счет неких «внешних» социосистем. Этим объясняется склонность переохлажденных обществ, поддерживающих у себя низкую температуру и стремящихся к наименьшему приросту энтропии, создавать внутреннего или внешнего «врага», которому передается отводимое из системы «тепло». Примерами таких «врагов» являются евреи в Третьем Рейхе, «капиталисты» в СССР, исламские террористы в нынешних Соединенных Штатах, коммунисты в сегодняшней российской Думе.

Не во всех случаях энтропия отводится из социосистемы столь явно, тем не менее следует отдавать себе отчет в том, что всякое социальное конструирование может создавать структуры, «отягощенные злом».

2

Будем понимать под **социоглюонным взаимодействием** поле, связывающее эволюционно эгоистичных крупных приматов в ту или иную единую общественную структуру — племя, народ, государство, секту и пр. Характер этого взаимодействия нам пока не ясен: возможно, оно имеет химическую (феромонную) природу, подобно соответствующему механизму у общественных насекомых. Типичными социоглюонными эффектами является «чувство локтя», «атмосфера осажденной крепости» или «братство демонстрантов». Отметим, что во всех перечисленных случаях социосистема оказывается способной на значительную «отдачу», причем для этого ее не требуется дополнительно «подогреть». Вполне очевидна связь социоглюонных процессов с **пассионарностью**, которую мы понимаем как переход социальных движений в когерентное состояние.

Сформулируем гипотезу, согласно которой характер социоглюонного взаимодействия в социосистеме может быть изменен за счет механизма преобразования идентичностей. Исходной точкой этой гипотезы является известный Стэнфордский тюремный эксперимент 1971 г.¹ В ходе

¹ Осуществлен группой Ф.Зимбардо. 24 студента-добровольца жребием разделены на «заключенных» и «тюремщиков». Игра должна была продолжаться 20 дней, но была прекращена на шестой день, ввиду катастрофического социального разогрева: случай сумасшествия, непрерывный

этого опыта в группе, разделенной случайным образом на «правых» и «виноватых», начался интенсивный «разогрев».

Стэнфордский эксперимент стал одним из тех факторов, которые привели нас к парадоксальному на первый взгляд выводу: причина «конфликта идентичностей» обычно представляется ничтожной внешнему наблюдателю¹.

Попыткой решить проблему границы пространства идентичностей (иными словами, ответить на вопрос, какие убеждения образуют идентичности, а какие являются «просто убеждениями») стала «релятивистская модель идентичностей», различающая понятия «идентичность в себе» и «проявленная идентичность». Первая предполагает отсутствие внешнего наблюдателя и, следовательно, не может быть им измерена. Она не влияет на какие-либо макроскопические социальные процессы и лишена всякого интереса

рост насилия, издевательства, нанесение тяжких телесных повреждений.

¹ Лилипуты в романе Дж.Свифта разделились по признаку «остро- и тупоконечности» (напомним, что имелась в виду проблема: с какого конца следует разбивать яйцо). С точки зрения разумного человека убеждения такого типа не могут образовывать идентичностей. Однако противоречие между остроконечниками и тупоконечниками стало структурообразующим для всей новейшей истории Лилипутии. Тем самым придется либо отказаться от мысли, что изменения идентичностей представляют собой источник социального движения, либо все-таки присвоить убеждениям лилипутов статус идентичностей. Данный пример может представляться казуистическим и ничтожным; проанализируем, однако, линию раскола западного и восточного христианства в вопросе: исходит ли Святой Дух только от Отца или от Сына тоже. «Внешний наблюдатель» (во всяком случае, не христианин) ни того, ни другого, ни третьего не видел и, в лучшем случае, может судить о них, как сказал бы Перри Мейсон, «с чужих слов».

для социолога. «Идентичность в себе» связана с понятиями души, миссии, сущности, то есть — описывается преимущественно в психологических и экзистенциальных терминах. Возможно, «идентичность в себе» было бы правильнее называть «аутентичностью».

«Проявленная идентичность» (далее, будем называть ее просто идентичностью) существует только в процессе взаимодействия.

Разные взаимодействия проявляют разные идентичности. Тем самым исходный вопрос: какие из убеждений формируют идентичность, — лишается смысла. Формируют те, которые конфликтны (образуют противоречия) в рамках данного взаимодействия.

Рассмотрим процесс формирования «идентичности в себе».

Ребенок рождается и формируется в некотором информационном поле, образованном текущим социумом. Его близкие (прежде всего, мать) являются проводниками этого поля. В процессе социализации ребенок сталкивается с «правилами игры», принятыми в текущем социуме. Их совокупность образует первичную онтологию ребенка (простейшие ответы на вопросы: «как устроен мир вокруг меня?», то есть «что меня окружает?», «что я делаю?», «что я уже умею?», «что можно, что нельзя?»).

Экзистенциальное обоснование первичной онтологии создает картину ценностей — первичную аксиологию ребенка.

Первичная онтология ребенка связана с повседневной жизнью родителей и определяется:

- языком (знаковой системой, поддерживающей социальные процессы познания и обучения);
- статусом родителей в социосистеме;
- местом родителей в разделении труда (профессией, родом занятий).

Идентичность есть «идентичность в себе», проявленная в процессе взаимодействия с инаковостью (иной идентичностью).

При взаимодействии людей с одинаковой аксиологией идентичность не проявляется. При взаимодействии людей с различной аксиологией идентичность проявляется тем *сильнее*, чем *меньше* аксиологических различий и чем эти различия онтологически существеннее.

Дело в том, что взаимодействие носителей различных аксиологий порождает пространство сравнения ценностей (оказывается, можно разбивать яйца с другого конца). Тем самым ценности оказываются под сомнением, попадают в «зону риска». Поскольку неуверенность в аксиологии есть одновременно и сомнение в онтологии, всякое взаимодействие с носителем «чужой» аксиологии трактуется личностью как угроза своей «самости». Однако не все ценности одинаково важны для обоснования картины мира. Некоторые представляют собой стержень личности и почти «непременное условие» ее существования, другие же — не столь фундаментальны и (в принципе) могут изменяться без полного разрушения «личной Вселенной». Понятно, что угроза «стержневым ценностям» воспринимается более серьезно, нежели угроза периферии ценностного пространства.

С другой стороны, первичная аксиология всегда неполна и тем самым подразумевает существование других аксиологий. Именно поэтому слишком многочисленные ценностные различия препятствуют отчетливому конфликтному проявлению идентичности. Внешний по отношению к взаимодействующим сторонам наблюдатель не видит (точнее, не видит непосредственно) в отношениях сторон момента предъявления самости как силы, противопоставленной инаковости. При более внимательном рассмотрении он заключает, что такое предъявление есть, но оно разваливается на серию несвязанных между собой личностных реакций,

среди которых превалирует удивление (формула: в каком странном мире живет этот ненормальный) и даже жалость (формула: он же, как ребенок, — простейших вещей не знает). Аксиология, не имеющая или почти не имеющая точек соприкосновения с текущей, не вызывает гнева или его превращенной формы — обиды; партнер воспринимается как глупец, не понимающий реального устройства мира. При подобном взаимодействии возможен вполне бесконфликтный обмен («стеклянных бус» на «золотые браслеты»). Существенной угрозы ценностям не возникает, пространство сравнения необозримо и не рефлектируется.

Напротив, если не совпадает только одна ценность, проблема сравнения встает со всей остротой, и эта ценность оказывается под реальной угрозой. Причем демонстративную «аморальность» партнера нельзя свалить на его глупость или неосведомленность. Ведь все остальное-то он понимает! Следовательно, он нарочно ведет себя так! Следовательно, «на самом деле» он проявляет враждебность! Следовательно, он угрожает моим ценностям, и я должен дать ему отбор. Или в ситуации конструктивного подхода: нужно скорее переманить его на свою сторону, он уже почти со всем согласен, иначе наделает глупостей в нашем общем деле! Активно приступаем к аргументированию, убеждению, манипулированию партнером для его же блага! В обоих случаях идентичность проявляется явно и видна внешнему наблюдателю.

Подведем некоторые итоги:

1. «Идентичность в себе» есть функция первичной аксиологии.
2. Идентичность есть «идентичность в себе», проявленная в процессе взаимодействия.
3. Идентичности существуют на уровне убеждений. Идентичность всегда отвечает на вопрос «кто ты?».
4. Идентичность всегда отвечает на этот вопрос: «я — тот-то».

5. Идентичности проявляют себя превращением аксиологии в деятельную форму (идеологию).

6. Идентичности есть превращенная (деятельная) форма тех ценностей, которые различаются у взаимодействующих сторон.

7. Идентичности проявлены тем сильнее, чем уже канал их актуализации.

8. Идентичность проявляется тем сильнее, чем выше онтологическое значение той ценности, «вдоль» которой она актуализирована.

9. Проявление идентичности есть процесс спонтанного нарушения симметрии. Если в двух- или многостороннем взаимодействии один из участников проявит свою идентичность (переведет свои ценности в деятельную форму), то с неизбежностью идентичность — не обязательно та же самая — будет проявлена и у остальных участников.

10. Усредняя идентичности по разным социальным группам (с учетом ценностных «знаков») получаем три возможных результата:

- социосистема не обладает идентичностью ни на каком уровне;
- малые группы в социосистеме обладают идентичностью, общество в целом ее лишено. Такую социальную идентичность будем называть микроскопической;
- общество, как целое, обладает макроскопической идентичностью.

11. Общество с проявленной макроскопической идентичностью не может быть стабильным (это следует из законов диалектики).

12. В обществе с проявленной микроскопической идентичностью развиваются вихревые процессы, сопровождающиеся социальным нагревом.

13. Таким образом, всякое проявление идентичности вызывает социальное движение, и мы вправе рассматривать идентичности как социальное «топливо».

14. В процессе деятельности (макро- или микроскопической), вызванной некоторой проявленной идентичностью, эта идентичность затрачивается и в конечном счете исчерпывается, то есть — перестает проявляться. Поэтому состояние текущего социума с проявленной макро- или микроидентичностью является «возбужденным».

Иначе говоря, если некая нация ведет многолетнюю борьбу, например за цивилизационные ценности, она лишается их всех, потому что они утратились, истончились в борьбе. И результатом такой борьбы может стать изменение уровня идентичностей, как «вниз» (расслоение) так и «вверх» (укрупнение, слияние). Одной из гипотез, объясняющих процесс истончения идентичности при расходовании, является потеря некоторым аксиологическим принципом «стержневого характера»: дрейф аксиологии.

3

Мы рассматриваем идентичность как социальное топливо, причину и источник социальных движений. Например, происхождение антропоточка связано с фазовой идентичностью, современный конфликт Севера и Юга имеет в своей основе цивилизационную идентичность, Мировые войны в Европе были обусловлены культурной идентичностью.

Современный «парад» этноконфессиональных идентичностей приводит к увеличению инновационного сопротивления, и без того очень высокого на границе фаз. Вообще говоря, современная картина идентичностей позволяет легко спроектировать первичное упрощение и последующую феодализацию мира, но не дает ответа на вопрос о возможных источниках энергии для перехода к когнитивной фазе

развития. Тем самым возникает потребность в управлении идентичностями (социальными энергиями), что может быть реализовано созданием **социальных тепловых двигателей**.

Социальные машины имеют ту же принципиальную схему, что и обычные тепловые двигатели: они состоят из рабочего тела, нагревателя и холодильника. В качестве рабочего тела используется социосистема (обычно специально сконструированная). Нагреватель сообщает социосистеме некоторое количество теплоты, для чего могут использоваться механизмы «разогрева под давлением», «конфликта идентичностей» и «плавления идентичностей». Холодильник включает в себя канал когерентной актуализации социальной активности и «свалку» избыточного «тепла», в качестве которой может использоваться окружающая среда или же — переохлажденная социосистема.

Простейшим социальным тепловым двигателем служит **турбодетандер**, в котором разогрев рабочей среды происходит под внешним давлением, источником которого может выступать прямое насилие, страх, корысть, честолюбие, зависть.

Рабочим телом турбодетандера является замкнутая искусственная социосистема, причем к ее элементам — людям — обязательно предъявляется требование наличия профессиональной подготовки в запланированной области актуализации (воины, ученые, инженеры и т.п.).

Эта социосистема помещается в обедненную информационную среду и доводится до перегретого состояния, не поддерживающего никаких форм общественной организации. Уровень человеческого страдания задается настолько высоким, чтобы сама жизнь потеряла для «элементов рабочей среды» свою ценность. Затем в системе устанавливается возможность целенаправленной общей деятельности, направленной вовне и имеющей целью некий значимый конечный результат.

«Турбодетандерный эффект» приводит к быстрому охлаждению социосистемы — вплоть до ее перехода в когерентное состояние.

Турбодетандер является распространенным социальным двигателем. В своих простейших формах он использовался уже в Древнем Китае:

У-цзы сказал: *«Предположите, что Вы спрятали на обширной равнине всего одного разбойника, но готового умереть. Тысяча человек станут ловить его, и все будут озираться во все стороны, как совы, оглядываться по сторонам, как волки. Ибо каждый из них будет бояться, что тот внезапно выскочит и убьет его. Поэтому достаточно одного человека, решившего расстаться с жизнью, чтобы нагнать страх на тысячу человек. А я сейчас таким решившимся на смерть разбойником сделаю всю массу в пятьдесят тысяч человек. Если я поведу их и ударю с ними на противника, ему будет поистине трудно устоять».*

Турбодетандерный эффект был реализован в сталинских лагерях (прежде всего, в «шарашках»). В начале эпохи Хрущева этот эффект удалось — скорее всего, непреднамеренно — вызвать в масштабах всего государства. Заметим, что «турбодетандерный эффект» широко используется для «промывки мозгов» в тоталитарных сектах.

Основными недостатками социального турбодетандера являются:

- принципиальная незамкнутость цикла (повторное использование «рабочего тела» в подобных схемах исключено, ввиду психической и физической деградации человеческого материала¹);

¹ Этот эффект наблюдается не только в концентрационных лагерях и «шарашках», но и в структурах, где давление создается различными формами конкуренции. Вообще

- критичность к профессиональной подготовке элементов социосистемы;
- сравнительно низкая удельная мощность.

Последнее обусловлено большим временем «нагрева», в течение которого никакой полезной деятельности не совершается.

Развитием идеи турбодетандера может служить схема организационно-деятельностных игр (ОДИ), предложенная Г. Щедровицким и работающая по замкнутому трехдневному циклу.

«Рабочим телом» ОДИ также является искусственно созданная замкнутая социосистема. Эта система погружается в обогащенную информационную среду с переменным коэффициентом обогащения. Такая среда создается экспертным сообществом, действия которого жестко модерируются игромастерами.

В ОДИ не используются внешние источники давления. Разогрев «рабочего тела» происходит за счет эффекта «плавления» господствующей идентичности.

Дрейф аксиологии вызывается сочетанием измененного состояния сознания, вызванного нехваткой времени на сон и отдых, а также прогрессирующим непониманием людьми происходящего с ними, с контролируемостью любых транзакций и постоянным «перемешиванием» социосистемы с разрушением спонтанно устанавливающихся связей.

На вторые сутки Игры начинается «разогрев», причем в отличие от схемы турбодетандера стимулируется не столько аутоагрессия внутри социосистемы, сколько агрес-

говоря, социальные машины, эксплуатирующие отрицательные эмоции, не только негуманны, но также ресурсоемки и неэффективны.

сия, направленная на экспертов и модераторов. Тем не менее процессы внутри «рабочего тела» носят отчетливо «Стэнфордский» характер (пусть схема ОДИ и не предусматривает отчетливого перегрева системы с последующей ее деградацией).

Плавление идентичностей в искусственно обогащенной среде приводит к спонтанной генерации новых смыслов, вдоль которых модераторы создают канал актуализации. На третьи сутки игры «Стэнфордский» разогрев сменяется когерентным охлаждением, температура резко падает, вследствие чего идентичности игроков кристаллизуются вновь (обычно, с небольшими отклонениями).

На закрытии Игры модераторы предъявляют играющим свою идентичность в явной форме, что приводит к локальному конфликту, небольшому нагреву и замыканию цикла.

Организационно-деятельностные игры являются перспективным методом аккумуляции социальной энергии (в форме идентичностей) и использования ее для решения конкретных технических и социоинженерных задач. Желание предельно компактифицировать игру приводит к созданию экономичной схемы организационно-деятельностных «двоек», которую мы считаем оптимальной для организации управленческой, познавательной и обучающей деятельности в окрестностях фазового барьера.

«Двойка» представляет собой организационную систему с нечеткой логикой: функциональные обязанности ее компонентов формально не разграничены. Впервые подобные бинарные механизмы управления возникли и были отрефлексированы в дореспубликанском Риме. Такие системы оказались весьма жизненными и были институализированы в римском обществе, которое смогло, таким образом, сочетать контроль над принятием ответственных решений с принципом единоначалия. После крушения

царской власти принцип парности высших магистратов распространяется на все сферы управления. Наиболее известны примеры консульской власти (два консула избирались сенатом на календарный год) и командование легионом.

В XIX столетии Г.Мольтке (старшим) и А.Шлиффеном была инсталлирована бинарная система управления войсками. Обладая функцией информировать и подготавливать решения для командира, начальник штаба формировал понятийное понятие для выработки решений. Это обстоятельство, вкупе с отсутствием надлежащим образом зафиксированного (то есть прописанного в соответствующем Уставе) разделения полномочий, породило «структуру управления с нечеткой логикой»: начальник штаба получил формальное право отдавать приказы «от имени командира» в случае отсутствия или занятости последнего.

Принципиальной особенностью «двоек» является возможность постоянной рефлексии: «двойка» позволяет в любой момент времени одному из членов пары занимать рефлексивную позицию по отношению к производимой деятельности. В этой связи и правомочен подход к «двойке», как к «компактифицированной ОДИ», некоему «кванту мышледействия».

С формальной точки зрения «двойка» работает по тому же термодинамическому циклу, что и ОДИ, причем разрушению подвергаются не базовые и не ролевые, а виртуальные идентичности — методологические позиции. В некотором смысле деятельность «двойки» есть непрерывная упорядоченная смена таких позиций.

Важным и существенным, с точки зрения построения когнитивного мира, является неформальный и неизмеримый характер связей между элементами «двоек», что вносит элемент случайности в организованную деятельность.

Эффективность «двойки» во многом основывается на психологических особенностях составляющих ее людей и не может быть предсказана: «двойка» представляет неаналитическую информационную систему. Она может успешно решать задачи, вообще не имеющие решения, но может и показать нулевую эффективность, затратив все рабочее время на согласование внутреннего языка. Различные методики позволяют отсеять особо неблагоприятные случаи, но даже уже испытанная и показавшая прекрасные результаты «двойка» может дать системный сбой в той или иной конкретной ситуации.

В неустойчивом когнитивном мире, тем более — в непредсказуемой и хаотической ситуации окрестности постиндустриального барьера, неаналитичность «двоек» является достоинством.

4

Сейчас мы полагаем, что именно появление социальных тепловых двигателей и господство их в науке, образовании, управлении, производстве станет главной отличительной чертой когнитивной фазы развития. Вслед за использованием энергий, запасенных экосистемами в виде торфа, горючих сланцев, углей и углеводородов, приходит время утилизации энергий, запасенных социосистемами в форме идентичностей.

Широкое использование социальных машин приведет — за счет турбодетандерного эффекта — к снижению среднеземной социальной температуры. Возникнет общество, сочетающее в себе «тоталитарный» уровень упорядоченности общественных движений с высокой креативностью, свойственной классической демократии, и низким инновационным сопротивлением хаотических государственных

структур. В таком обществе отдельный человек будет способен оперировать экосистемами, глобальный биогеноз вступит в стадию «сапиентизации», а социосистема утратит замкнутый характер.

Впрочем, теория когнитивной фазы развития — тема следующих писем в Ваш адрес.

*Исследовательская группа
«Конструирование Будущего»*

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meadows D. L. et al. Dynamics of Growth in a Finite World. Cambridge, Mass. Whright Allen Press Inc., 1974.

2. Meadows D. H., Meadows D. L. (eds.) Toward Global Equilibrium; Collected Papers. Cambridge Mass., Whright Allen Press, 1973.

3. Sussex Group Report // Futures», v. 5, 1, 2. London, New York, 1973.

4. Mesarovic M., Pestel E. Mauknid at the Turning Point «The Second Report to the Club of Rome», 1974. E. P. DUTTON and Co., Inc. Readers Didgest Press, N. J., 1974.

5. Report in the Proceedings of the Seminar on the Latin American World Model at IIASA, Laxeuburg, Austria, October 7—11, 1974, Herrera A. O. and others. «World Model».

6. Linnemann H. Population Doubling and Food Supply. Free University of Amsterdam, 1974.

7. Kaya J., Sujuki J. Global Constraints and New Vision for Development Japan Work Team of the Club of Rome. C. O. R. Technical Symposium October 24—25, 1973, Tokyo.

8. Tinbergen J. Renewing the International Order, Club of Rome, October, 1974.

9. Cole S. World Models. Their Progress and Applicability // Futures, v. 6, N 3, 1974.

10. Геловани В. А., Егоров В. А. и др. Решение одной задачи управления для глобальной

динамической модели Форрестера. М.: Препринт ИПМ АН СССР, 1974.

11. Геловани В.А., Юрченко В.В., Пионтковский А.А. О задаче управления в глобальной модели WORLD-3. М.: Препринт ИПУ АН СССР, 1975.

12. Tinbergen J. Reshaping the International Order, 1976, New York., E. P. DUTTON and Co. Inc.

13. Laszlo E. et. al. «Goals for Mankind», E.P. DUTTON and Co., N. J., 1977.

14. Leontief W. «The Future of the World Economy», UN, 1976.

15. H. Kahn and others. «The Next 200 years A scenario for America and the world. William Morrow and Co. Inc. N. Y., 1976.

16. Laszlo E. J. Bierman Goals in a global community, v. 1. Studies in the Conceptual Foundations, 1977.

17. Геловани В. А., Пионтковский А. А., Юрченко В. В. Моделирование глобальных систем. (Обзор). М.: Препринт ИПУ, 1975.

18. Linnemann H. Socio-economic scenario building. Report of Free University, Amsterdam, March 1977.

19. Геловани В. А., Лапин Н. И., Новик И. Б. О проектах Римского клуба. М.: Препринт комитета по системному анализу при Президиуме АН СССР, 1977.

20. Гвишиани Д. М. Методологические проблемы моделирования глобального развития, М.: Препринт ВНИИСИ ГКНТ и АН СССР, 1977.

21. Roberts P. Systems Analysis Research Unit Models (SARUM) «Paper for Fourth Symposium on Global Modelling», Laxeuburg, Austria, 1976.

22. Encel S. and others. The Art of Anticipation Values and Methods in Forecasting London, 1975.

23. Gabor D. et al. Oltre l'eta dello spreco, Milano, 1976.

24. Peccei A. The Human Quality, Pergamon Press, 1977.

25. Constructing the UNIDO world Industry co-operation model. A progress report UNIDO/ICID.24, 14 February, 1977.

26. Input Output Approaches in Global Modelling IASA's 5th Global Modelling Symposium, September, 1977. IASA, Laxeuburg, Austria.

27. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986.

28. Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.

29. Лия Т. История будущего. М.: Янус, 2000.

30. Либенсон М.Н. Естественно-научный подход к динамике конфликта // Материалы Второй научной конф. СПб. союза ученых. 10—12 апреля 2002. СПб., 2002.

31. Глобальное сообщество: Картография постсовременного мира / Рук. проекта, сост. и отв. ред. Неклесса А.И. М.: Вост. лит., 2002.

32. Валлерстайн И. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире. СПб.: Университетская книга, 2001.

33. Хантингтон С. Столкновение цивилизаций. М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2003.

34. Лем С. Сумма технологий. М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2002.

35. Сб. трудов международной конференции *Административные системы управления будущего*. СПб, 24—26 сентября 2002 / СПб.: Terra Fantastica, 2003.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Исследовательская группа «Конструирование Будущего»:
www.future-designing.ru
2. «Русский Архипелаг» — сетевой проект «Русского Мира»:
www.archipelag.ru
3. Журнал «Сообщение»:
www.soob.ru
4. Институт экономической стратегии:
www.inesnet.ru
5. Центр стратегических разработок:
www.csr.ru

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции	
Инженер мира или Эпоха нерешительности	
<i>Н. Ютанов</i>	5
Предисловие к первому русскому изданию	
<i>Д.М. Гвишиани</i>	7
МИРОВАЯ ДИНАМИКА	
Предисловие	13
1. Введение	18
2. Структура мировой системы	51
3. Мировая модель: структура и предположения	78
4. Пределы роста	155
5. Очевидные решения не всегда являются удовлетворительными	194
6. К глобальному равновесию	229
7. Эпилог	244
Приложения	250
Послесловие	
«Мировая динамика» Форрестера и актуальные вопросы экологической эволюции	
<i>Н. Моисеев</i>	264
ПИСЬМА РИМСКОМУ КЛУБУ	
<i>Н. Ютанов, С. Переслегин</i>	291
Список рекомендуемой литературы	377
Рекомендуемые Интернет-ресурсы	380

Книги издательской группы АСТ вы сможете заказать и получить по почте в любом уголке России. Пишите:

107140, Москва, а/я 140

ВЫСЫЛАЕТСЯ БЕСПЛАТНЫЙ КАТАЛОГ

Вы также сможете приобрести книги группы АСТ по низким издательским ценам в наших фирменных магазинах:

Регионы

- г. Архангельск, 103-й квартал, ул. Садовая, д. 18, тел. (8182) 65-44-26
- г. Казань, Сибирский тракт, д. 11, тел. (8432) 78-23-20
- г. Казань, ул. Баумана, 13
- г. Новосибирск, ул. Б. Багатного, д. 260, тел. (3532) 10-17-86
- г. С.-Петербург, Невский пр., д. 116, тел. (812) 279-80-68
- г. Самара, пр. Кирова, д. 301, тел. (8462) 56-49-92
- г. Самара, пр. Ленина, д. 2
- г. Азов, б-р Петровский, д. 3
- г. Белгород, пр. Хмельницкого, д. 132а, тел. (0722) 31-48-39
- г. Воронеж, ул. Лизюкова, д. 38а, тел. (0732) 13-02-44
- г. Калининград, пл. Калинина, д. 17-21, тел. (0112) 44-10-95
- г. Краснодар, ул. Красная, д. 29
- г. Курган, ул. Гоголя, д. 61
- г. Курган, ул. Куйбышева, д. 87, тел. (3522) 22-36-23
- г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 50, тел. (3519) 37-55-65
- г. Магнитогорск, ул. Звениягина, д. 9
- г. Н. Новгород, пл. Горького, д. 1/61, тел. (8312) 33-79-80
- г. Н. Новгород, ул. Литвинова, д. 25/32, тел. (8312) 77-99-44
- г. Новороссийск, сквер Чайковского
- г. Новочеркасск, ул. Московская, д. 10, тел. (86352) 2-30-53
- г. Орел, Московское шоссе, д. 17, тел. (08622) 4-48-67
- г. Оренбург, ул. Туркестанская, д. 23, тел. (3532) 41-18-05
- г. Ростов-на-Дону, пр. Космоновтов, д. 15, тел. (8632) 35-99-00
- г. Рыбинск, ул. Ломоносова, д. 1 / Волжская наб., д. 107
- г. Тула, пр-т. Ленина, д. 18
- г. Ульяновск, ул. Врача Михайлова, д. 10
- г. Ульяновск, ул. Гончарова, д. 12
- г. Ульяновск, ул. Железной дивизии, д. 6
- г. Челябинск, ул. Кирова, д. 7
- г. Челябинск, пр. Ленина, д. 52
- г. Челябинск, пр. Ленина, д. 68
- г. Череповец, Советский пр., д. 88а, тел. (8202) 53-61-22
- г. Иркутск, ул. Ленина, д. 15, тел. (3953) 24-28-05
- г. Пермь, ул. Крупской, д. 42, тел. (3422) 22-91-17
- г. Тюмень, ул. Республики, д. 155, тел. (3452) 22-45-50
- г. Киров, ул. Комсомольская, д. 37
- г. Киров, ул. Пролетарская, д. 22а
- г. Н. Тагил, ул. Первомайская, д. 32, тел. (3435) 25-43-92
- г. Н. Тагил, ул. Дзержинская, д. 47

**Книги издательской группы АСТ
вы сможете заказать
и получить по почте
в любом уголке России. Пишите:**

107140, Москва, а/я 140

ВЫСЫЛАЕТСЯ БЕСПЛАТНЫЙ КАТАЛОГ

**Вы также сможете приобрести книги группы АСТ
по низким издательским ценам
в наших фирменных магазинах:**

Москва

- м. «Алтуфьево», Алтуфьевское шоссе, д. 86, к. 1
- м. «Алексеевская», Звездный б-р, д. 21, стр. 1, тел. 232-19-05
- м. «Варшавская», Чонгарский б-р, д. 18а, тел. 119-90-89
- м. «Кузьминки», Волгоградский пр., д. 132, тел. 172-18-97
- м. «Павелецкая», ул. Татарская, д. 14, тел. 959-20-95
- м. «Перово», ул. 2-я Владимирская, д. 52, тел. 306-18-91, 306-18-97
- м. «Пушкинская», «Маяковская», ул. Каретный ряд, д. 5/10,
тел. 209-66-01, 299-65-84
- м. «Сокольники», ул. Стромынка, д. 14/1, тел. 268-14-55
- м. «Таганская», «Марксистская», Б. Факельный пер., д. 3, стр. 2,
тел. 911-21-07
- м. «Царицыно», ул. Луганская, д. 7, корп. 1, тел. 322-28-22
- ТК «Крокус-Сити», 65—66-й км МКАД, тел. 942-94-25
- ТК «Твой Дом», 23-й км Каширского шоссе
- ТК «Метромаркет», м. «Сокол», 3 этаж
- м. «Крылатское», Осенний б-р, д. 18

Издательская группа АСТ

129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, 7-й этаж

Справки по телефону:

(095) 215-01-01, факс 215-51-10

E-mail: astpub@aha.ru <http://www.ast.ru>

Научно-популярное издание

Форрестер Джей

Мировая динамика

Ответственный редактор Е.Г. Кривцова
Выпускающий редактор С.Н. Абовская
Художественный редактор О.Н. Адашкина
Компьютерный дизайн: Н.В. Пашикова
Технический редактор Л.Л. Уольячева
Корректоры Ю.О. Голубева, Т.В. Христина

Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93, том 2:
953004 — научная и производственная литература

Гигиеническое заключение
№ 77.99.02.953.Д.008286.12.02 от 09.12.2002 г.

ООО «Издательство АСТ»
368560, Республика Дагестан, Каякентский район,
с. Новокаякент, ул. Новая, д. 20

Наши электронные адреса:

WWW.AST.RU

E-mail: astpub@aha.ru

Издательство «Terra Fantastica» издательского дома «Корvus»

Лицензия ЛР № 066477. 190121,

Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 1/44Б.

Электронные адреса: WWW.TF.RU, E-mail: TERRAFAN@TF.RU

При участии ООО «Харвест». Лицензия ЛВ № 32 от 27.08.02.
РБ, 220013, Минск, ул. Кульман, д. 1, корп. 3, эт. 4, к. 42.

Республиканское унитарное предприятие
«Минская фабрика цветной печати».
220024, Минск, ул. Корженевского, 20.

интернет-магазин

OZON.RU



20548728

ISBN 5-17-019253-3



9 785170 192533